

**PROYECTO DE GRADUACION**  
Trabajo Final de Grado

**La Evolución del Cine Digital**  
Flexibilizar la elección de formatos y flujos de trabajo

Luis Felipe Paladines  
Cuerpo B del PG  
2015-07-23  
Comunicación Audiovisual  
Creación y Expresión  
Nuevas Tecnologías

## **Agradecimientos**

Agradezco a mis padres Luis y Mariana, por apoyarme a lo largo de mi vida.

A mi hermano Santiago por enseñarme las bases del cine, e inculcar en mí el gusto por el arte y por su apoyo a lo largo del presente PG.

A mi hermana Rosalía y Johana por sus consejos siempre acertados.

A mis amigos y socio Sebastián por su apoyo a lo largo de la creación del documental.

A Gabriel Vanerio por poner su tiempo para la realización de las entrevistas

A Ana Isabel Rivas, por ayudarme con su arte en la creación del proyecto, por su apoyo diario que ayudo a que este documental se haga posible y por su amor incondicional.

A Juanita Sandia por acompañarme esas largas horas de trabajo.

<b>Índice</b>	
<b>Introducción</b>	4
<b>Capítulo 1: El cine digital</b>	11
1.1 Invención del sensor digital CCD	11
1.2 Historia de las cámaras digitales	13
1.3 Los primeros films registrados en digital	17
1.4 El cine digital hoy, paradigma social	20
<b>Capítulo 2: Captura de imágenes en digital</b>	24
2.1 Sensores digitales	25
2.1.1 Tamaños de sensores	26
2.2 La cámara digital	28
2.3 Rango dinámico y profundidad de bits	29
2.3.1 Espacio Color	31
2.4 Resolución	33
2.5 Variantes de la filmación analogía a digital	36
2.5.1 Nuevos roles del cine digital	37
<b>Capítulo 3: Formatos digitales</b>	41
3.1 Formatos comprimidos de filmación	43
3.2 Formatos descomprimidos de filmación	47
3.3 Distribución digital en cine	51
3.3.1 DCP Digital Cinema Pack	52
3.3.2 Distribución satelital en salas	53
<b>Capítulo 4: Eficiencia y eficacia en la filmación digital</b>	56
4.1 Elegir un formato digital	57
4.1.1 Cámaras y dispositivos de captura en el mercado 2015	63
4.2 Flexibilizar el flujo de trabajo en digital	68
4.2.1 Trascodificar y sus herramientas	70
4.3 Crear un look	72
4.3.1 Aplicaciones de corrección de color y el colorista	73
4.3.2 Procesos de corrección de color	77
<b>Capítulo 5 Ejecución del documental, su viabilidad, estructura y estética</b>	80
5.1 Viabilidad del proyecto	81
5.2 Estructura del documental	83
5.3 Estética del documental	86
5.4 Pruebas entre formatos	87
5.4.1 Resolución	88
5.4.2 Cuadros por segundo	90
5.4.3 Compresión	92
5.4.4 Profundidad de bits y rango dinámico	93
<b>Conclusiones</b>	95
<b>Imágenes seleccionados</b>	99
<b>Lista de referencias bibliográficas</b>	107
<b>Bibliografía</b>	111

## Introducción

El presente proyecto plantea una pregunta problema. ¿Cómo flexibilizar la producción en digital?, la misma se analizara a partir de entender las necesidades de la producción, en relación con las variantes que definen la imagen y lo que el mercado ofrece. Todas las variantes que dejó la evolución tecnológica en el cine son los disparadores del presente Proyecto de Graduación, que pertenece a la categoría Creación y Expresión, siguiendo la línea temática Nuevas Tecnologías. El cual presenta la creación de un proyecto documental que pretende brindar al espectador los conocimientos necesarios sobre la captura de imágenes en digital. Y que tiene como objetivo general brindar las herramientas para que el espectador sea capaz de elegir adecuadamente entre los diferentes formatos para un proyecto audiovisual futuro.

Como objetivo específico el espectador será capaz de entender las variantes que definen la calidad de la imagen, rango dinámico, resolución, espacio de color entre otros. Estos son los aspectos que analizan mediante la experimentación con los mismos, con el fin de entender su correcto flujo de trabajo, hacer más eficaz la post producción y flexibilizar la corrección de color para entregar al producto final el *look* deseado, dos variantes de los formatos digitales, comprimidos y descomprimidos *RAW*.

En la carrera de Comunicación Audiovisual, el estudiante adquiere los conocimientos y las herramientas necesarias para transmitir un mensaje mediante imágenes y sonido a un receptor determinado. La captura de imágenes en movimiento analógico fue por muchos años la única manera de registro. Desde los comienzos de la comunicación audiovisual los formatos de captura analógico fueron evolucionando, siempre bajo el mismo principio y con un papel fotosensible como soporte (celuloide). La compañía estadounidense BELL creó de la mano de George Smith y Willard Boyle el primer sensor digital CCD en 1969 y desde entonces la captura de imágenes en movimiento dejó de ser únicamente analógica. (Kenneally, Side by Side, 2012).

El primer sensor digital abrió un mundo de posibilidades, sentó las bases de una serie de invenciones y avances tecnológicos que sufrió la industria desde entonces, empezando por la invención de la primera cámara digital. La tecnología de captura de imágenes en movimiento se transformó en estos 45 años y evolucionó a tal punto de poner en duda la supervivencia de lo analógico y del celuloide como estándar de la industria. Ya que en la actualidad existen cientos de formatos digitales distintos.

Entre las posibilidades que trajo la tecnología digital, se encuentra la fabricación de cámaras de bajo costo. Las mismas que fueron mejorando su funcionalidad, dando como resultado que en el presente registrar imágenes de calidad no sea solo un lujo que las grandes productoras se pueden dar. Ya que en la actualidad el registro de este tipo está al alcance de todos. Existe una infinidad de instrumentos de registro que pueden ser usados para comunicar mediante imágenes. Desde los teléfonos celulares, hasta las más completas cámaras profesionales de cine digital.

La calidad de la imagen digital mejoró a gran velocidad a lo largo de la evolución tecnológica. Es por esta razón, y por la reducción de costos en las producciones, que el cine digital está tomando la titularidad en el registro de imágenes en la industria audiovisual.

Hay muchas variantes que definen la calidad de la imagen, el rango dinámico y el color, son los principales (Boyle, 2014). Estos elementos representan el eje principal del Proyecto de Grado. El espacio color, rango dinámico, profundidad de bits y resolución varían con los diferentes formatos e instrumentos de captura que ha dejado la evolución digital. En la industria audiovisual actual es de gran importancia entender como estas variantes funcionan, para elegir un instrumento de captura y un formato adecuado a cada proyecto. Y que así éste sea más eficiente y eficaz, Los roles en el set de filmación también cambiaron con la llegada del digital, algunos desaparecieron para dar paso a la aparición de otros. Operadores HD, Coloristas, Ingenieros de software entre otros, son

los roles que aparecen en el set digital y trabajan en conjunto con el resto, siendo cada uno de ellos una parte esencial para lo que será el producto final.

Es muy importante entender cómo funciona la captura digital, sus formatos, soportes y variantes para obtener los resultados que se desean. Cada proyecto es distinto por lo que cada producción requiere formatos, equipamiento, y flujos de trabajo diferentes que en conjunto hacen la imagen de la obra audiovisual. (Kenneally, Side by Side, 2012).

El primer capítulo es un recorrido por la historia del cine digital, la invención del primer sensor digital CCD, la primer video cámara y los primeros films registrados en digital. También analiza el paradigma social de la captura de imágenes en digital, los cambios sociales que se dieron a raíz de la facilidad para capturar y compartir imágenes. Este capítulo analiza la situación tecnológica del cine digital en la actualidad, en una época de constante cambio.

El segundo se enmarca en lo técnico de la captura digital, y tiene como objetivo exponer el funcionamiento de los diferentes elementos que conforman la imagen digital. Empezando por el funcionamiento del sensor y la cámara digital, también expone los aspectos que definen la calidad de la imagen antes mencionados: rango dinámico, resolución y espacio color. Este capítulo finaliza con el análisis de la importancia de los nuevos roles que se crearon en el set de filmación digital.

A continuación, el tercer capítulo expone los formatos comprimidos y descomprimidos de filmación, también los estándares de la industria, sus características, ventajas y desventajas. El (Digital Cinema Pack) DCP y la distribución satelital para salas.

El cuarto capítulo se centra en la corrección de color en digital, expone la infinidad de posibilidades que permite la captura digital, analiza los correctos flujos de trabajo y procesos de color digital, la creación de un *look* y la importancia de la colaboración del colorista y el Director de Fotografía para obtener dicho *look*.

El quinto capítulo se centra en la creación del documental, hace un repaso por la modalidad del mismo, habla sobre el proceso de creación y su viabilidad. A su vez presenta también la estructura del mismo y las pruebas realizadas sobre formatos.

Como antecedentes a este Proyecto de Creación y Expresión se encuentran los siguientes trabajos de la Universidad de Palermo. *Buenos Aires Negra*, es un documental sobre el fenómeno migratorio que transcurre en la ciudad de Buenos Aires con la llegada de inmigrante africanos de distintas nacionalidades del continente negro. (Tovar, 2011). Trabajo que fue elegido como antecedente debido a que se trata de la creación de un documental, sobre un tema que influye a una sociedad determinada, como es el caso del digital en la industria audiovisual.

*35 milímetros de revolución* es un proyecto de graduación que tiene como objetivo principal la proyección del panorama que vive el cine tras la evolución de la tecnológica, y la integración de nuevas herramientas digitales a las técnicas que lo conforman. (Romo, 2012). Fue elegido como antecedente debido a que trata el proceso detonante del presente Trabajo Practico, la llegada del digital.

*Acción – Reacción* un Proyecto que ronda alrededor de la experimentación audiovisual, las nuevas tecnologías, y nuevas herramientas a disposición de la expresión del realizador audiovisual en cualquier ámbito. Apunta a la realización de una video instalación con los parámetros de la cultura del código abierto. (Torres, 2014). Antecede al presente Proyecto de Grado ya que al igual que el mismo, se trata de la experimentación audiovisual, en el caso del presente con los diferentes formatos digitales.

*La fotografía híbrida* proyecto que se basa en la Intervención del color en la imagen blanco y negro del siglo XXI, se enmarca dentro de la categoría Creación y Expresión puesto que el propósito final del proyecto es la realización de una serie fotográfica que plantea una experimentación de la fotografía artesanal combinada con el mundo digital. (Bermúdez, 2012). Antecede al presente en el sentido de la

experimentación fotográfica que realiza entre formatos analógicos a digitales, similitud que guarda con el presente Proyecto de Grado que también se basa en la experimentación entre formatos con la diferencia de que estos son únicamente digitales.

*Fotografía experimental en la era digital: Lomografía y expresión*, proyecto que tiene como objetivo principal utilizar como herramienta la técnica de la lomografía para determinar los nuevos modos expresivos y experimentales que se crean a partir de la era digital. (Sáez, 2012). Fue elegido como antecedente debido a que al igual que el presente Proyecto de Grado experimenta con los modos expresivos de la nueva tecnología digital.

*El impacto de lo digital en la producción audiovisual*, el objetivo central del Proyecto de Graduación es conocer si la utilización de nuevas tecnologías digitales representa un factor que permita pensar en el crecimiento de la industria de los efectos especiales digitales, en Argentina. (Luchessi, 2014) Antecede al presente ya que se basa en el impacto de la nueva tecnología en la industria, tema que será analizado en el primer capítulo del presente Proyecto de Grado.

*Cine digital vs cine analógico* es un Proyecto de Graduación que tiene como finalidad mostrar los cambios constantes que está atravesando el formato digital como medio de captura audiovisual y el panorama mundial actual en cuanto a adopción de la tecnología como un estándar profesional. (Mastia, 2013). Sirve como antecedente ya que contrasta las diferencias entre el analógico y la nueva tecnología de captura en la que se basa el presente PG.

*Entre picas y píxeles* es un Proyecto de Grado que aborda la influencia de las nuevas tecnologías en el diseño editorial, es un ensayo enmarcado en la línea temática de nuevas tecnologías, y más concretamente en la influencia de estas en el diseño gráfico editorial. (Pérez, 2012). Antecede al presente PG ya que analiza la llegada de una nueva tecnología y las influencias de la misma en otra industria que es el diseño gráfico.

*Luz, móvil, acción* es un proyecto de grado que corresponde a la carrera de diseño de imagen y sonido que analiza el cortometraje y el celular como nueva forma de grabación.



Se inscribe en la categoría creación y expresión dentro de la línea temática nuevas tecnologías. (Bonavera, 2012). Fue elegido como antecedente ya que se basa en un medio de captura que llegó posterior a la llegada de la tecnología digital e involucra diferentes formatos sensores y calidades.

*Revolución Digital*, proyecto de grado que desde la categoría de investigación permite reflexionar sobre las consecuencias del uso de las tecnologías digitales en el arte y el diseño. (Baisplelt, 2009). Antecedente ya que analiza la nueva tecnología en relación al arte, al igual que el presente PG que se centra en el digital con respecto al arte del cine y la creación audiovisual.

Las entrevistas que apoyan la teoría del presente PG están estructuradas en las experiencias de profesionales de industria audiovisual internacional, contando con el apoyo de Yoni Klein director de fotografía master de American Film Institute en Hollywood California, William Christensen foquista de la serie *Undisputed Truth* de HBO, Dirigida por Spike Lee, Jesper Duelund Hansen director de fotografía Danés, Scott Ray técnico de iluminación en películas como *Jane Got a Gun*, *A Million Ways To Die In The West* y *Good Kill*.

Los mismos que mediante sus experiencias en la industria hablan en una entrevista sobre la elección de un formato digital en una producción. Los profesionales nombrados previamente brindaron entrevistas de audio exclusivamente realizadas para el proceso de investigación del presente Proyecto de Grado, las mismas que se encuentran adjuntas en el Cuerpo C.

El documental busca contrastar las experiencias de profesionales de una de las industrias más grandes del mundo con las posibilidades que trajo la nueva tecnología de captura a la industria local. Al contar con menores presupuestos, la región se benefició de la tecnología como posibilidad de captura con recursos más acotados, lo que impulsó al cine y la industria regional y mundial.

El Presente Proyecto de Grado también cuenta con la participación de figuras de la industria local. Jerónimo Paz Clemente, Director de la serie *Combatientes*. Sebastian Videgaray, director de fotografía en varios comerciales y el largometraje *Ekduo*, trabaja como calibrador de proyectores digitales de cine para empresas trasnacionales en la región. Julian Apezteguia Director de Fotografía con fuerte arraigo al cine independiente, también explora el documental, la televisión, clips y comerciales. A trabajado con los mas relevantes Directores del cine argentino como Israel Adrian Caetano en Bolivia, *Cronica de una Fuga*, Francia; Carlos Sorin en *La Ventana*, *El Gato Desaparece*, *Dias de Pesca*; Pablo Trapero para *Carancho* y Pablo Fendrik en *La Sangre Brota* y *El Ardor*, así como también directores de la nueva generación como Alejandro Fadel en *Los Salvajes* y Gustavo Triviño en *De Martes a Martes*.

Mediante entrevistas grabadas realizadas para el documental, cuentan sus experiencias en la elección de formatos, flujos de trabajo y posibilidades que las nuevas tecnologías aportan al momento de contar una historia.

## **Capítulo 1: El cine digital**

El celuloide foto químico ha sido el formato exclusivo usado para capturar, proyectar y almacenar imágenes en movimiento por más de cien años. En las últimas cuatro décadas, una nueva tecnología emergió y con su rápida evolución fue capaz de desafiar al celuloide para tratar de posicionarse como estándar de la industria audiovisual en calidad y flujo de trabajo.

De acuerdo con el documental *Side by Side*, la cámara es el instrumento usado para capturar imágenes en movimiento. En el formato analógico, la luz atraviesa la lente y choca con un fotograma del celuloide. Ese fotograma contiene cristales de haluros de plata que reaccionan al chocar con la luz, formando una imagen fotográfica. Este proceso fue la única forma de capturar imágenes por más de un siglo, hasta que en 1970, la compañía estadounidense *Bell Telephone Laboratories* presentó el primer sensor digital CCD. George Smith y Willard Boyle fueron los responsables del proyecto que dio como resultado uno de los inventos más importantes para la industria audiovisual. (Kenneally, 2012)

### **1.1 Invención del sensor Digital CCD**

En la página oficial de la compañía Bell se explicita que la misma debe sus inicios al área de las telecomunicaciones a partir de 1925. Durante mucho tiempo esta compañía manejó uno de los presupuestos más altos en el área de la investigación. Lo que dio como resultado avances tecnológicos muy importantes, que sirvieron como precedente para la evolución de ciertas industrias. Entre las invenciones más importantes por parte de la compañía se encuentran, el laser, la telefonía móvil, el transistor, y los satélites de comunicación entre otros. El mismo sitio explica que once de sus inventores han ganado seis premios Nobel a lo largo de la historia, entre ellos están George Smith y Willard Boyle ganadores del premio Nobel de Física en el 2009 por la invención del sensor CCD. Invención que sirvió como precedente para un gran cambio tecnológico en el que se encuentra la industria audiovisual en la actualidad. (Bell Labs, s.f.)

El primer sensor *CCD* fue originalmente realizado para una aplicación telefónica, diseñado para almacenar y transferir información en forma de cargas eléctricas. El sensor, está conformado por miles de elementos que reaccionan. En el caso del sensor utilizado en cámaras, cuando la luz choca con estos elementos produce cargas eléctricas individuales. Estas cargas, posteriormente se convierten en la información digital que conforma la imagen.

Una de las principales características, que hace que el sensor *CCD* sea único es su habilidad para realizar funciones específicas. Ser usado como cámara, como dispositivo de almacenamiento para computadores o para transformación de señales.

Como explica el autor Areny (2003), el sensor *CCD* está formado por una serie de condensadores *MOS* monolíticos, que se encuentran muy próximos el uno al otro. Donde se transfiere una señal analógica en forma de carga, de un condensador a otro. Esta carga se almacena en pozos de potencia en la interface que se encuentran entre cilicio y óxido de cilicio. En estos pozos se deposita una serie de electrodos sobre el óxido de cilicio, que se encuentran conectados a una señal de reloj polifásica. Las cargas son transferidas en electrones, éstas pueden ser inducidas eléctrica u ópticamente, dando la posibilidad al sensor *CCD* de actuar como un sensor óptico. (Areny, 2003).

Los elementos encargados de captar la luz se denominan *fotosites*, cada uno de éstos funciona como un medidor microscópico de luz individual. Mientras más fotones entren y sean recolectados en el pozo de luz, mayor será el voltaje de salida. Y mientras menos fotones sean capturados y almacenados, menor será el voltaje de salida.

Desde la integración del sensor *CCD* para uso audiovisual por la compañía Bell, cada *CCD* era usado para obtener la información de cada canal de color primario por separado. Es decir cada uno genera y mide el voltaje individualmente para cada color primario, rojo, azul, y verde por separado.

Los fotones de luz que viajan por el espacio son capturados por cada uno de los *fotosites* que conforman el sensor. Y éstos transforman la señal en voltaje, que posteriormente de

ser *sampleado* a muy alta frecuencia se convierten en un código digital conformado por unos y ceros. A este proceso se lo denomina proceso de muestreo análogo digital. (Stump, 2014, s.p.)

La palabra pixel viene de la unión de pix (picture) que en español significa imagen, y *element* (elemento). En la captura de imágenes en movimiento, el color está representado por tres componentes de intensidad: el rojo, el azul, y el verde, correspondientes a los colores primarios.

El pixel, es el elemento más pequeño de color completo RGB (rojo, azul, y verde) en un dispositivo, este elemento de color completo es una muestra de la imagen original. Por lo que a mayor cantidad de píxeles, más precisa será la presentación de la imagen original, el color y la intensidad tonal de cada pixel es variable.

Además los mismos no son iguales a los *fotocites*, ya que los estos solo pueden transferir información de un solo color, es decir que puede ser tanto rojo como azul o verde, pero no los tres a la vez, como lo hace el pixel. Además, los *fotocites* deben ser combinados para hacer pixeles que sean capaces de transferir información RGB.

## **1.2 Historia de las cámaras digitales**

Las cámaras digitales tienen un antecesor que son las cámaras electrónicas, la invención de la cámara digital fue resultado de la innovación en la que se vio inmersa la cámara electrónica analógica.

Asimismo la televisión en los años treinta dio lugar a la producción de imágenes electrónicas. Más adelante en los años cincuenta, una idea revolucionó la televisión. *Bing Crosby Laboratories* fue la encargada de inventar la grabación análoga de televisión con una cinta magnética como soporte, que fue de gran importancia para la posterior innovación de la tecnología digital.

El *Video Tape Recorder VTR* fue perfeccionado en 1956 por la corporación Ampex. En los sesenta, revoluciona la televisión, y fue usado también por la NASA posteriormente como herramienta para la investigación al transmitir imágenes análogas de sus

transbordadores a tierra. La transmisión de imágenes era pobrísima, debido a las ondas naturales de interferencia por radio, lo que llevo a la NASA a la innovación.

La misma requería imágenes que pudieran ser usadas posteriormente. Por lo que sus ingenieros hallaron la manera de transferir señales análogas en información digital, para el uso de las imágenes en un ordenador. Lo que el autor Ippolito (2003) llamó la primera aplicación práctica del proceso de imagen digital.

En 1970, Kodak inventó una serie de sensores de estado sólido, pero no fue hasta más adelante en 1972, que se registró la primera patente de una cámara electrónica por parte de la compañía estadounidense Texas Instruments. Pasaron algunos años hasta que en la década de los ochenta, la tecnología de cámaras se perfeccionó y popularizó. (Ippolito, 2003).

Como asegura Alec Shapiro director de Marketing de Sony en una entrevista del documental *Side by Side* quien explica que a comienzos de los años setenta, con la aparición del CCD, Sony empezó a invertir en la creación y producción de dispositivos usando esta tecnología. El director Shapiro menciona además que Akio Maorita fundador de la compañía *Sony* siempre fue muy apegado a la industria cinematográfica, y su sueño era crear una cámara electrónica que pudiera entregar una calidad equivalente al fílmico de 35mm.

A la vez, Shapiro explica que en 1981 Sony introdujo Mavica, la primera cámara electrónica disponible en el mercado, basada en la tecnología CCD. Que producía una señal analógica de video NTSC con una resolución de 570 x 490 pixeles. El soporte de grabación de la Mavica era un *diskete* o *Floppy disc*, que posteriormente fue adaptado por la industria como medio de almacenamiento analógico. Es así como a mediados de los ochenta, Sony incorporó en el mercado la primera cámara grabadora de imágenes en movimiento para uso del consumidor con tecnología CCD. En tanto, Kodak por otra parte, inventó en 1986 el primer sensor de imágenes por megapixel. Capaz de capturar 1.4

millones de píxeles de información, pero su costo de diez mil dólares la hacía inaccesible a un público consumidor. (Side by Side, 2012)

La compañía Kodak durante esta década continuó su innovación en el área de la captura de imágenes digital, en 1990 la compañía volvió a revolucionar la industria con la invención de lo que ellos llamaban *PhotoCD*. Lo que le permitió a los fotógrafos obtener copias digitales en alta resolución de sus trabajos en analógico. Este invento popularizó la imagen digital, pero al no ser un sistema de captura creó la demanda de cámaras de captura digital, lo que impulsó a las compañías a crear estos dispositivos.

Fue la misma compañía que en 1991 creó la primera cámara digital profesional que fue capaz de capturar 1.3 Megapíxeles. Este producto fue enfocado para el uso periodístico, pero nuevamente se repetía el problema del costo, por ello solamente un segmento podría llegar a adquirirlo. Al ser un producto tan costoso pocos se podían dar el lujo de comprarlo. (Hirsch, 2008)

Como el autor Ippolito plantea la tecnología siguió evolucionando y compañías como Canon y Sony siguieron creando productos de captura sin el filmico como soporte, pero la calidad seguía siendo muy inferior y el precio muy elevado. Con el paso de los años la tecnología fue mejorando en calidad y el precio de los productos fue bajando. Lo que permitió que los sistemas de captura electrónicos y digitales se popularizaran. Los sistemas de escaneo digital fueron muy usados en los años noventa, así como la captura digital, lo que hizo que la industria fotográfica y sus procesos evolucionaran. La fotografía de catálogo y de portarretrato fueron las primeras en adoptar el formato digital por las ventajas que les ofrecía.

Asimismo, con la captura directa en digital, ya no era necesario el escaneo. Por lo que la manipulación de la imagen en ordenadores, su edición o postproducción se hacía más directa. Eliminando así un paso en el flujo de trabajo. Con la llegada del nuevo milenio, compañías como Nikon anunciaban sus nuevos productos digitales, cámaras capaces de capturar una imagen superior a tres megapíxeles y con costos que rondaban los mil

dólares. Esta evolución en relación a la captura de imágenes en digital, hizo que fuese accesible para el público y poco a poco puso en duda la supervivencia del formato analógico como estándar de la industria de la imagen. (Ippolito, 2003).

Uno de los principales problemas en la calidad de la grabación en digital, fue la resolución. Entre las variables que definen la resolución está la cantidad de píxeles que la cámara es capaz de capturar. A mayor cantidad de píxeles, mayor resolución y por ende mayor detalle tendrá la imagen. La definición estándar llegaba a 720 x 480 lo que hasta el momento era video. Esta resolución no era suficiente para la proyección en salas ni tampoco se acercaba a la calidad que el fílmico de 35 mm podía llegar. El mismo que representaba el estándar de la industria. En el 2000 Sony lanzó al mercado la primera cámara digital de alta definición, la F900 era la primera cámara de registro digital que no tenía esa apariencia característica del video. Siendo la responsable de marcar la ruptura entre el video y el cine digital como lo asegura el documental Side by Side.

En el 2005, Jim Jannard el fundador de la marca Oakley se propuso crear una cámara de cine digital, y en el 2007 RED one salió al mercado. Con una resolución de 4096 x 2160, siendo la primera cámara de cine digital que superaba la resolución HD. Esta cámara ofrecía una calidad mucho mayor a la que cualquier instrumento de captura digital podía llegar, su costo era razonable, y era muy versátil en las producciones. (Kenneally, 2012)

La tecnología de las cámaras digitales ha avanzado considerablemente en los últimos años, la calidad de registro de los instrumentos de captura mejora cada año con los lanzamientos de nuevos modelos o productos de las marcas. A su vez las cámaras cada vez tienen mejoras en resolución, espacio color, rango dinámico y precio. Haciendo que la industria del cine evolucione junto con las posibilidades que estos avances tecnológicos permiten.



### 1.3 Los primeros films registrados en digital

Después que la compañía Sony popularizara las cámaras digitales a mediados de los ochenta, aun era impensable en la industria del cine el uso del digital como formato. En 1998, el director danés Lars Von Trier estrenaba su film *Los Idiotas*, el primero registrado con una cámara digital. Sony DCR VX 1000 fue la cámara que se utilizó para filmar las imágenes de lo que se puede denominar el primer film digital de la historia del cine, este fue el pionero en darle un uso cinematográfico a la captura de imágenes digitales.

A partir de 1995, un movimiento vanguardista cinematográfico empezó a tomar forma en Dinamarca, Dogma 95 fundado en Copenhague tras la publicación de un manifiesto que denominaba a la cinematografía del momento como aséptica y superficial. Este grupo vanguardista formado por Thomas Vinterberg, Kristian Levring, Soren Kragh Jacobsen y Lars Von Trier, redactó una serie de reglas dentro de su manifiesto, a las que denominaron voto de castidad, como lo asegura el autor Jose Maria Caparros. (Caparrós, 2001).

El manifiesto original del movimiento vanguardista Dogma 95, se conformo de la siguiente manera: El primero de los puntos establecía que el rodaje debe realizarse en decorados naturales, tanto interiores como exteriores. Los accesorios y elementos decorativos no pueden ser encargados expresamente para el film; el segundo punto del manifiesto exigía que el sonido no deba ser nunca producido separadamente de las imágenes o viceversa. No se puede utilizar música, salvo si está presente en la escena que se rueda; el tercer punto establecía que la cámara debe sostenerse sobre el hombro. Se autoriza todo movimiento o inmovilidad de la cámara que se pueda hacer solamente sobre el hombro; el cuarto punto se refería a que la película se realizara a color. La iluminación artificial no es aceptable. Si hay poca luz, la escena debe ser cortada, o bien montar una luz sobre la cámara; el quinto punto prohibía los filtros y trucos; el sexto punto se refería a que la película no debe contener ninguna acción superficial. Los cambios temporales y geográficos están prohibidos, la película ocurre en el presente; el séptimo punto decía

que las películas de género son inaceptables; el octavo punto establecía que el formato del film debe ser realizado en 35 mm; y por último el noveno punto exigía que el director no apareciera en los títulos de crédito de la película. (Caparros, 2001).

Algunos puntos de este manifiesto cambiaron como lo asegura Lars Von Trier en la entrevista realizada por Keanu Reeves en el documental *Side by Side*. Tras la regla tres del manifiesto que decía que la cámara debe ser sostenida únicamente con el hombro, a la regla ocho se le agregó que el formato de registro también puede ser video.

Dogma 95 permitió darle un uso cinematográfico al registro digital. El film más importante del movimiento fue *Celebración* del director Thomas Vinterberg, y el primero en incorporar las reglas que proponía el movimiento. También fue registrado con una cámara digital y hasta llegó a ganar un premio del jurado en el festival de Cannes. Anthony Dod Mantle fue el director de fotografía del film, la cámara elegida por él para *Celebración* fue una Sony PC3, el segundo film digital de la historia y el primero de Dogma 95. El uso del formato digital en este caso, fue un recurso narrativo como asegura Dod Mantle, en la entrevista realizada por Keanu Reeves, en el documental *Side by Side*. La versatilidad que una cámara tan pequeña aporta a las tomas es lo que define el lenguaje visual de este film. Como el mismo Dod Mantle expresó en la entrevista de Kenneally, "Los movimientos que se hacían posibles era algo que no conocía en mi cine, y eso fue mi donación para *Celebración*." (2012).

De esta manera, a finales de los noventa Dogma 95 rompió la pre concepción de que el video no servía para hacer cine. Ya que hasta momento era casi inaceptable que en un proyecto cinematográfico serio se use video digital. Desde entonces se abrieron las puertas para que muchos proyectos cinematográficos de alto presupuesto sean registrados en digital. Una serie de films se sumaron al movimiento digital a partir de *Celebración*. Directores tales como: Hal Harley, Bernard Rose, Miguel Arteta, Spike lee, Danny Boyle y George Lucas, entre otros escogieron el formato digital para el registro de sus films.

Uno de los problemas con la captura digital en sus comienzos era la resolución, como se menciono anteriormente. Esta depende de numerosos factores, pero en términos más simples es la cantidad de pixeles que el instrumento de captura puede grabar. Ya que la cantidad de los mismos se encuentra estrictamente relacionada con la resolución y a su vez con el detalle de la imagen. A mayor cantidad de pixeles mayor resolución y detalle.

La captura digital en sus comienzos se caracterizaba por su poco detalle, las cámaras de la época podían alcanzar una resolución de 720 x 480 pixeles, hasta que en el 2000. Las marcas como Canon y Sony crearon cámaras capaces de capturar en alta definición con una resolución de 1920 x1080, solo un poco por debajo del 2K (2048 x 1152) que hoy en día es la resolución estándar para la proyección en salas de cine.

*El Ataque de los clones* en el 2002, fue el primer largometraje de alto presupuesto en Hollywood, que fue capturado en HD digital. George Lucas en colaboración con Sony adaptaron la cámara experimental *Sony f 900* para el registro del film. (Macdonald, 2015)

Las posibilidades que ofrece la captura en digital, y la versatilidad que le entregan a la cinematografía, han logrado que ciertos directores y fotógrafos se sumen al movimiento digital. Como Boyle pone de manifiesto en la entrevista del documental de Keneally, después de ver *Celebración*, sentía que tenía que cambiar la manera de contar sus historias. Por lo que le propuso a Dod Mantle trabajar juntos. *28 Días después*, es el nombre del primer proyecto dirigido por Boyle, registrado en digital. En el que Dod Mantle colaboró como director de fotografía. La versatilidad que el digital entregó a la producción, y el trabajo en equipo, hicieron que esta dupla de cineastas siguiera trabajando juntos en una serie de proyectos. Llegando a ganar en el 2008 ocho estatuillas de la academia norteamericana con el film *Slum dog Millionaire*. Convirtiéndose en el primer film digital de la historia en ganar un Oscar a mejor fotografía. (Kenneally, 2012).

#### **1.4 El cine digital hoy, paradigma social**

La evolución del formato digital hizo que el cine evolucionara paralelamente, los tipos de historias y la manera en que se contaban cambiaron. Lo que hasta antes del uso del digital en la industria del cine era impensable, con la evolución del digital se hizo posible. A la reducción en los costos de producción y la versatilidad que este formato ofrecía, se le sumó la calidad en la imagen con la evolución de la tecnología.

La resolución, espacio color, y rango dinámico mejoró en las cámaras digitales a tal punto de amenazar con la desaparición del fílmico como formato estándar.

En el sitio web Peta Pixel, el autor Michael Zhang explica que en el 2011, tres de las compañías más importantes, fabricantes de cámaras de la industria cinematográfica, dejaron de producir cámaras de fílmico. Arri, Panavision y Aaton, son marcas que se han destacado por su historia en la creación de cámaras analógicas de fílmico. Sin embargo a partir del 2011 producirían solo cámaras digitales. (Zhang, 2011).

Con el uso del formato digital los procesos de filmación y flujo de trabajo también cambiaron. En el cine analógico las imágenes registradas no podían ser vistas hasta el día siguiente. Lo que en la industria denominan como diarios o *dailies*, era la visualización del material registrado que se realizaba al final de cada jornada, a veces era una gran decepción para el equipo de filmación ver errores en los mismos, lo que limitaba los resultados que se buscaban. Pero con la llegada del digital al cine, se dio la posibilidad a los equipos de filmación de ver lo que se estaba registrando en vivo, lo que abrió la posibilidad de evitar errores en rodaje. Con la cámara digital conectada a monitores digitales, la visualización instantánea se volvió una herramienta de rodaje fundamental que trajo esta nueva tecnología. Eliminando así el factor sorpresa que tenía el registro analógico.

Como lo asegura David Lynch en la entrevista realizada por Keanu Reeves en el documental *Side By Side*, en el cine analógico la duración del rollo de película llegaba aproximadamente a los 10 minutos, tiempo en el que se tenía que desmontar el chasis de

la película y montar uno nuevo. El elevado costo del celuloide ponía un poco de tensión en el ambiente del set, ya que era material preciado el que estaba en juego. Con el uso del digital se puede grabar cuanto sea necesario, las tomas se pueden extender por más de cuarenta minutos, se puede hablar con el actor dentro de toma y hasta empezar la acción una y otra vez sin necesidad de parar. Con el registro digital se pueden lograr cosas que no se podrían lograr con una cámara de fílmico. (Lynch, 2012).

La reducción en los costos de producción fue lo que principalmente sedujo a los productores, la diferencia de costos entre el formato digital y el fílmico analógico es muy amplio. Con el paso del tiempo las cámaras digitales, además de mejorar en calidad, también lo hacen en precio. Lo que motivó a muchos cineastas a realizar films que pocos años antes hubiesen sido imposibles sin el digital, debido al costo del celuloide.

El costo reducido del registro digital abrió las puertas a la creatividad, el número de films que se registraban crecieron junto con su llegada a la industria, como ejemplo de este fenómeno se ejemplifica con el caso del festival de cine independiente Sundance.

Como asegura la página web oficial del festival, en 1995 recibió 375 aplicaciones de las cuales 172 fueron proyectadas, diez años más tarde en el 2005 el festival recibió 6500 aplicaciones de las cuales 237 fueron proyectadas. En el 2014, el festival recibió 12218 aplicaciones de las cuales 186 fueron proyectadas. En este en especial hubo un crecimiento en las aplicaciones de más de un 500 % en estos 19 años. (Sundance, s.f.).

Por más de cien años la edición se basaba en cortar y pegar pedazos de celuloide unos con otros, a finales de los años setenta y comienzos de los ochenta las compañías empezaron a buscar la manera de digitalizar la edición. Esto dio como resultado la creación del *Editdroid*, que posteriormente fue comprado por *Avid*. Un sistema de edición digital que funcionaba con las tomas digitalizadas del fílmico, tomó tiempo entre los editores adoptar esta herramienta ya que era algo con lo que no estaban familiarizados. Con los avances en los sistemas de edición y el registro digital, la industria poco a poco fue adoptando estas nuevas herramientas. Lo que extinguió roles y profesiones que

tenían lugar en el cine analógico, pero también dio paso a la aparición de nuevos roles que son característicos del cine digital. (Kenneally, 2012)

A mediados del siglo XX aparecieron otras técnicas de difusión aparte del cine. Para empezar en los años cincuenta aparece la televisión, más tarde los medios de difusión se multiplicaron con la aparición de los computadores, además del internet, los celulares y las tabletas, este fenómeno el autor Lipovetsky (2009) lo denomina pantalla global. La posibilidad de tener pantallas y monitores al alcance de todos en cualquier lugar es parte de la evolución digital. En la actualidad, la gran mayoría de los soportes de difusión son digitales, por lo que la captura en digital facilita la difusión de los audiovisuales.

La captura en digital abrió las puertas para que nuevos medios de difusión de material audiovisual aparecieran, poniendo así los audiovisuales al alcance de todos.

Como asegura Lipovetsky (2009) tras la proliferación de nuevos medios de difusión, la gente va cada vez menos al cine. Y toma como ejemplo el mercado francés donde en la actualidad se tiene alrededor de 200 millones de espectadores en comparación a los 400 millones que se tenía en los años cincuenta.

El autor mencionado señala que en la actualidad se ha desarrollado un fenómeno en los espectadores al cual lo denomina consumo hiperindividualista, desregulado y desincronizado. En la que el espectador ve la película que quiere cuando quiere y donde quiere. Con la evolución de estas nuevas tecnologías digitales el espectador es capaz de disfrutar de cualquier film cuando él lo decida, lo que es un cambio social importante que se ha dado en los últimos cincuenta años, totalmente ligado a la innovación tecnológica. (Lipovetsky, 2009).

Hoy el mundo se encuentra en medio de una era digital en la que es muy fácil registrar imágenes, desde los celulares hasta las más complejas cámaras de cine digital sirven para este propósito. Al tener los instrumentos de registro al alcance, se abren las puertas para la innovación y la creatividad.

Así como la tecnología evolucionó, la manera en que se cuentan las historias por medio de imágenes en movimiento también lo hizo. En medio de una transición entre lo analógico y lo digital, la industria se encuentra al comienzo de la línea de evolución digital. La tecnología seguirá avanzando así como las historias que nos cuenta el cine se irán adaptando a estas nuevas tecnologías e innovación digital.

En la actualidad es mucho menos costoso producir un film, con los avances tecnológicos, cámaras muy pequeñas son capaces de grabar videos en resoluciones 4K. Por lo que la calidad en la captura digital ya no es un problema, pero hay aun cineastas que eligen el fílmico como formato de registro.

El mundo del cine se encuentra en medio de un dilema, con cineastas y críticos que apoyan el uso del digital como formato y otros que lo critican, y defienden la supervivencia del fílmico como formato. Más de cien años de evolución llevaron al fílmico analógico al tope de su evolución tecnológica, mientras que el digital está recién en sus primeros de años de evolución. De aquí viene la importancia de entender cómo funciona el formato digital que será la base de la evolución constante que tendrá la industria en los próximos años.

## Capítulo 2: Captura de imágenes en digital

Una cámara digital es un aparato que captura una imagen formada por variaciones de intensidad de luz, que posteriormente son convertidas en señales que pueden ser almacenadas de una manera reproducible.

La idea de poder obtener imágenes digitalmente ha existido hace mucho tiempo, desde la invención del primer sensor capaz de captar imágenes sin el celuloide como soporte en 1969, se abrieron las puertas a la innovación. Como lo asegura el autor Kenji Toyada (2006), la primera aplicación en la captura digital fue patentada por la compañía Texas Instruments en 1973, aunque este concepto no se materializó en un producto tangible. A esta aplicación le siguieron varias como la de la compañía Polaroid en 1978, pero no fue hasta el año 1981 en el que Sony sacó al mercado a Mavica. Que para Toyada fue la primera cámara electrónica factible en ser anunciada, esta cámara hacía uso de la tecnología de sensor CCD e incorporaba un circuito de procesamiento de señales, y un grabador de discos *floppy*.

Todos los avances que se dieron a raíz del primer sensor CCD a finales de los años sesenta, dieron como resultado las cámaras análogo electrónicas. Que a su vez evolucionaron hasta que en 1988 la compañía japonesa Fuji sacó la primera cámara digital como lo asegura Toyada. La DS- 1P, la misma que fue la pionera en la captura digital. (Toyada, 2006).

La captura de imágenes en digital tiene algunas variantes técnicas que serán tratadas en el presente capítulo, es de gran importancia entender los factores que hacen una imagen digital al momento de elegir un formato para una producción determinada.

El avance de la tecnología de captura digital ha llegado en la actualidad a estandarizar la industria visual, los avances de estas tecnologías van a gran velocidad, innovando bajo el mismo principio de captura, pero mejorando cada vez más en resolución, espacio color, y rango dinámico. Que son los factores que definen la calidad de imagen y serán



analizados más adelante así también como las variables que se dieron en la industria a raíz del uso del digital como formato.

## **2.1 Sensores digitales**

Para comprender como la captura digital funciona, es de gran importancia comprender como la luz visible es separada por tres filtros de bandas de color primario, rojo azul o verde. Colores que son usados para reproducir imágenes.

El sensor es el corazón de un aparato de captura digital, es un dispositivo semiconductor que transforma una imagen óptica formada por una lente, en señales electrónicas. Este dispositivo es capaz de captar luz en un amplio rango de espectro, desde infra rojos hasta rayos x pueden ser captados por un sensor.

Existen varios tipos de sensores con diferente ingeniería de funcionamiento, pero los principales son dos. El ya nombrado previamente CCD por sus siglas en ingles, que en castellano seria dispositivo de carga acoplada, y el primer sensor en ser inventado.

Este lleva su nombre por la manera en la que son leídas las cargas que recibe cada elemento. Las cargas en primera instancia son transferidas a una parte del sensor donde son leídas y registradas, después son transferidas a un amplificador de señal para posteriormente ser convertidas de análogas a digitales.

La luz que atraviesa el objetivo en el caso del CCD puede ser por el lado de los electrodos o del sustrato, y por efecto foto eléctrico se van creando pares en el silicio en forma de electrón y hueco. El silicio es sensible a longitudes de onda que van desde los 300nm y 1100nm, aun que el ojo humano solo percibe longitudes que van desde los 400nm a los 700 nm. (Areny, 2003).

En una cámara de tecnología CCD de tres chips la luz con longitudes de onda de diferente color es dirigida por medio de un sistema de prismas y filtros a tres diferentes chips. (Ver figura 3). Donde cada uno de estos sensores recolecta fotones para todos sus *photosites*, de una imagen monocromática de cada color primario: rojo solo, azul solo, y verde solo.

Cada *photosite* funciona individualmente como un medidor de luz, a mayor cantidad de fotones recolectados por cada uno de estos, tendrán mayor voltaje de salida, a menor cantidad de fotones menor será la carga de salida. (Ver figura 1)

Estos voltajes luego pasan por un proceso de muestreo o sampleo a alta frecuencia, para posteriormente ser convertidos en valores de código digital (unos y ceros) por el procesador de muestreo. (Ver figura 2)

El número de dispositivos que usan sensores va creciendo muy rápidamente, desde relojes hasta automóviles ahora son manufacturados ya con cámara integrada. Muchos de estos productos, al incorporar una cámara solían usar este tipo de sensor CCD, pero un nuevo tipo de sensor está tomando la titularidad en la industria, el sensor semiconductor de óxido de metal o más conocido como CMOS. (Stump, 2014)

Este sensor posee varias ventajas frente al CCD, su costo de producción no es tan elevado ya que el chip que usa requiere menos elementos electrónicos. El CMOS puede integrar varias funciones y procesos como la compresión y digitalización, mientras que el CCD realiza sus procesos fuera del chip.

Además de estas mejoras el consumo de energía en el sensor CMOS es mucho menor, lo que hace que la temperatura no se eleve demasiado, lo que alarga su vida útil. (Koyama, 2006).

Por estos motivos, y por que el CMOS puede llegar a ser muy pequeño, ha sido integrado a una serie de aplicaciones de espacio reducido, como celulares, *tablets* y otros dispositivos personales.

### **2.1.1 Tamaños de sensores**

Los dispositivos digitales son fabricados en una gran variedad de tamaños, pero se podría dividir en dos categorías básicas como plantea el autor Alan Hess: Full frame o formato completo en castellano, y *cropped frame* o sensor recortado. Un sensor de formato completo tiene las mismas dimensiones que el fílmico de 35 milímetros. Los sensores de formato recortado son de dimensiones menores, hay muchas variaciones

entre los dos tipos de sensores. Entre ellos la relación de aspecto de las ópticas diseñadas para formato completo, así también como la longitud focal. (Ver figura 4)

La mayoría de ópticas disponibles en el mercado son diseñadas para sensores de formato completo. Por lo que si se usa una óptica diseñada para cubrir un sensor de 35mm, en una cámara con un sensor recortado, el sensor estaría captando solo una parte de la imagen de lo que la óptica está diseñada para captar. Lo que da como resultado una imagen final con lo que el autor denomina efecto zoom, este efecto se lo puede denominar también como efecto multiplicador óptico. Y se puede calcular multiplicando la distancia focal del objetivo por el factor de recorte del sensor. (Hess, 2012).

El factor de recorte del sensor es la distancia diagonal del mismo comparado con el formato completo de 35mm. Como ejemplo: si se usa una óptica de formato completo con una distancia focal de 50mm, en una cámara con factor de recorte de sensor de 1.5x. La distancia focal del objetivo en relación a la imagen capturada será de 75mm, esto es el resultado de la siguiente operación:  $50 \text{ mm} \times 1.5x = 75 \text{ mm}$ .

En la actualidad, los fabricantes ensamblan sus nuevos productos con diferentes tamaños de sensores: el formato completo 35mm, el popular APS- C de Canon con un factor de recorte de 1.6x, el sensor MFT usado en la actualidad por muchas marcas en cámaras sin espejo y las innovadoras cámaras de cine de bajo costo con un factor de recorte de 2X, las cámara de 16mm de sensor digital con un factor de recorte de 2.69x.

Cabe destacar que con la creciente oferta de cámaras con sensor recortado, los fabricantes de ópticas están sacando al mercado lentes diseñados especialmente para los diferentes tipos de sensores, lentes que son diseñados para proporcionar una imagen sin factor de recorte al sensor. (Ver figura 4)

El termino megapixel es muy familiar cuando de sensores se hable, y este se refiere a la cantidad de millones de pixeles que un sensor es capaz de capturar.

## 2.2 La cámara digital

Está formada por varios elementos, cada modelo es distinto y tiene diferentes partes que la componen. Estos elementos en su conjunto hacen que la cámara cumpla su función que es la de capturar imágenes y almacenarlas.

Después que la luz es captada por el sensor, este envía la información de captura a la computadora de la cámara o procesador de imagen, que hace miles de cálculos en milisegundos. Estos cálculos hacen posible que la imagen capturada por el sensor sea: almacenada, comprimida, filtrada o transferida. (Toyoda, 2006).

Todos estos procesos son realizados gracias a los cálculos del procesador de imagen, el mismo que es muy parecido al procesador de un computador pero dedicado a cumplir esta única función de procesar la imagen. Mientras mejor sea la labor que realiza el procesador, mejor calidad podrá tener la imagen final.

La compresión es uno de los procesos realizados por el procesador de imagen, este proceso tiene como objetivo minimizar la cantidad de memoria que se requiere para almacenar una imagen. Una imagen sin compresión o imagen RAW, requiere de mucho espacio para ser almacenada, como ejemplifica el autor Ioannis Pitas, una imagen de resolución 1024 x 1024 sin compresión requiere 3MB de memoria para su almacenamiento. A mayor resolución, mayor peso de almacenamiento por lo que si se trabaja con resoluciones mayores y con grandes cantidades de fotogramas, el espacio requerido para almacenar será muy grande, lo que generaría un gasto económico mayor en dispositivos de almacenamiento. (Ioannis Pitas, 2000).

Una vez que una imagen está completamente procesada, se puede comprimir algorítmicamente de dos maneras: con pérdida, y sin pérdida. Los algoritmos de compresión sin pérdida son reversibles lo que significa que la información de la imagen original puede ser recuperada de la información de imagen comprimida. Los algoritmos de compresión con pérdida permiten que cierta cantidad de información sea desechada y solo una aproximación a la imagen original será almacenada.

Estos algoritmos de compresión varían por razones académicas y comerciales dependiendo de la marca y modelo del dispositivo. La imagen comprimida o descomprimida debe ser almacenada, y los formatos de almacenamiento están estandarizados. Estos estándares proveen especificaciones para introducir la data y la meta data en un archivo de imagen. (Aaron Deever, 2013)

El soporte de almacenamiento estandarizado varía según la marca del dispositivo y por la velocidad y capacidad de almacenamiento requerida por el mismo. Existen una infinidad de soportes de almacenamiento, empezando por los pioneros de cinta magnética hasta los actuales discos de estado sólido, los últimos salen al mercado en diferentes capacidades y velocidades, estos deben ser elegidos según las necesidades específicas que requiera cada proyecto de captura.

### **2.3 Rango dinámico y profundidad de bits**

Como lo aseguran las autoras Allen y Trintaphillido, en la obra *Manual de Fotografía*, La exposición óptima de una imagen digital depende de la relación que existe entre el rango de luminancia del sujeto y el rango dinámico del sensor. El rango dinámico del sensor antes de la conversión análogo digital, es definida por la relación de transformación que hay entre la capacidad máxima del pixel y el suelo de ruido del mismo, (2009).

La capacidad máxima del pixel es el número máximo de electrones que el sensor puede captar, y el suelo de ruido es la mínima carga de electrones detectable por pixel. Sobre y bajo estos factores la exposición deja de ser óptima, dando como resultado una imagen con ruido en las zonas donde el pixel no fue capaz de capturar información.

El ratio de contraste está relacionado a la medición del rango dinámico de un dispositivo, y la medición del mismo es la comparación de la medida de cantidad de Luz reflectada, máxima y mínima en una imagen. El ratio de contraste se expresa por ejemplo 40:1, la cantidad de luz reflectada desde la porción más brillante de cuadro, en la que el detalle es necesario no deberá ser superior a 40 veces más que la cantidad de luz reflejada por la porción más oscura de cuadro. (Musburger y Ogden, 2014).

La profundidad de bits, es un factor que limita el rango dinámico, y se refiere a la cantidad de posibilidades del código binario que pueden ser almacenados por información tonal de cada pixel. La cantidad de posibilidades se calcula de la siguiente manera: 2 elevado a la profundidad de bits (Ver figura 10), es decir con 5 bits de profundidad se tienen 32 posibles valores de almacenamiento de información binaria desde 00000 hasta 11111, por que 32 es el resultado de  $2^5$ . (Ver figura 11)

En la actualidad las cámaras digitales modernas pueden alcanzar los 17 *stops* de rango dinámico, cámaras como la *Red Epic* o la *Arri Alexa* son las de mayor calidad disponible en el mercado actual, pero también son las más costosas.

Sony, uno de los pioneros en cámaras digitales, sigue innovando en la tecnología de captura, con productos como la *a7s* lanzada al mercado en el 2014. Este dispositivo con sensor *Full Frame* que alcanza los 14 stops de rango a un bajo costo. Incorpora también una nueva tecnología de sensores que son capaces de registrar imágenes con una sensibilidad nunca antes vista. Lo que permite la captura en situaciones con muy poca iluminación. (Ver figura 6)

El director de fotografía norteamericano Bill Bennett en una entrevista realizada por Dan Chung en la feria de tecnología IBC en Ámsterdam en el 2014. Explica que una imagen de alto contraste y rango dinámico, perceptivamente para el ojo y el cerebro tiene la apariencia de mejor resolución. También asegura que una imagen de alta resolución no significa que sea de alta calidad. (Bennett, 2014).

En breves palabras, el rango dinámico es la cantidad de tonalidades de color, y de grises que el sensor es capaz de captar, y perceptivamente para el humano una mayor cantidad de tonalidades tiene la precepción de mejor calidad. (Ver figura 5)

Como expresa Scott Ray Director de fotografía Master en American Film Institute, en una entrevista realizada para el presente Proyecto de Grado, la misma que se encuentra adjunta en el cuerpo C. El rango dinámico es algo muy importante cuando a calidad se refiere y la capacidad de lo que se podrá hacer con la imagen después de la captura.

### 2.3.1 Espacio color

El espacio color es la representación geométrica de los colores en un espacio tridimensional, hay diferentes espacios de color, entre ellos: HSV, CIE XYZ, HSL, sRGB, RGB, CMY, CIE L u v, CIE L a b, y CMYK.

El color puede ser percibido de manera distinta de un individuo a otro, y visualizarse de manera diferente dependiendo del dispositivo que se use. La percepción de color en el ojo humano puede variar por diferencias del 1% de su luminancia, o por variaciones de 2 a 3 nanómetros en la longitud de onda.

Debido a que la percepción de los colores puede variar de un individuo a otro, es muy difícil describir un color. Esto llevo a que en el año 1931, la conocida por sus siglas en francés o comisión internacional de la iluminación CIE propusiera el modelo de espacio de color tridimensional. Esto se dio después de realizar una serie de experimentitos con un pequeño grupo de observadores voluntarios, como el autor David Stump (2014) lo asegura, este fue el primer intento por modelar el espacio color.

La CIE baso su espacio de color CIE XYZ en la mezcla de color entre los primarios rojo, azul y verde. XYZ significan los tres colores primarios en un espacio tridimensional virtual, este modelo representaba todos los colores del espectro visible. (Stump, 2014).

El sistema de color L u v y el sistema L a b, son espacios de color uniformes, adoptados por la CIE en el año 1976, las coordenadas de estos espacios era l, u, v. Y l, a, b respectivamente. Como asegura el autor Antonio Valero Muñoz, el propósito de ambos espacios es producir un espacio de color perspectiva mente lineal, siendo el modelo L a b más completo.

“Los modelos HSV y HSL se denominan, modelos perceptivos del color, por tomar sus atributos de la observación de funcionamiento de la percepción humana de la luz”. (Muñoz, 2012, p.133).

El modelo HSV creado en 1978 por Alvy Ray Smith es más intuitivo para el usuario. Es una transformación no lineal del espacio color RGB, algunos programas de pintura y

diseño hacen uso de este sistema para aplicaciones de color. Su nombre viene del inglés *Hue Saturation Value*.

El modelo HSL, muy parecido al modelo anterior, difieren en que el modelo HSV la saturación va de blanco a máxima saturación, mientras que en el modelo HSL la saturación va de máxima a un gris medio. El nombre de este modelo proviene de sus siglas en inglés *Hue Saturation Lightness*.

Como asegura el autor Pesis (2010), el modelo sRGB (Ver figura 7), fue creado por las compañías Hewlett Packard y Microsoft en 1966, con el objetivo de estandarizar la cantidad de colores que podían reproducir los monitores de la época, Con los avances en la tecnología en la actualidad cualquier monitor es capaz de reproducir el espacio sRGB, los monitores más modernos son capaces de representar gamas cromáticas mucho más amplias que las que contenía este espacio.

Hacia 1998 la compañía Adobe Systems, crea el espacio de color Adobe RGB, este sistema presenta mejoras significativas en la cantidad de colores que tiene su gama. Como plantea el autor, las mejoras en la gama de colores de este sistema se dan en su mayoría en la gama de los verdes y cianes. Este sistema se convirtió en el estándar de la industria digital en dispositivos como cámaras, impresoras no profesionales, y monitores. Si bien el modelo Adobe RGB (Ver figura 7) presenta considerables mejoras, no todos los dispositivos son capaces de reproducir este espacio de color, por lo que si se captura una imagen con un espacio de color RGB y se pretende reproducirla en un proyector que sólo es capaz de reproducir las gamas cromáticas sRGB, el mismo recortara las gamas que no puede mostrar, dando como resultado la imagen podría sufrir cambios en su apariencia de color, esto se evidencia en imágenes publicadas en internet, donde muchas de las aplicaciones funcionan con el sistema sRGB. (Pesis, 2010).

Aun que con el avance de la tecnología, cada fabricante ofrece distintos espacios de color, con el objetivo de mejorar la post producción y la corrección de color. Marcas como *Red*, *Sony* o *Black Magic* dan la opción en sus dispositivos de usar un perfil de color



standard o los recomendados por el fabricante para su posterior procesamiento y corrección digital.

Uno de los estándares de la industria en cuanto a perfiles de color para el video digital es el perfil Rec 709 que es el estándar en la televisión de alta definición, por recomendación de la unión internacional de telecomunicación o ITU. (Ver figura 7)

Si la captura digital es en formato RAW, o sin compresión. El perfil de color deseado podrá ser seleccionado en el proceso de post producción de la imagen, ya que el archivo no contiene un perfil de color definido.

Compañías como *Dolby*, están incursionando en nuevos perfiles de color capaces de reproducir imágenes de alto rango dinámico. En la página web oficial del producto *Dolby Visión* aclara que es una nueva tecnología de color capaz de reproducir imágenes con un rango dinámico de 21 *stops*. (Ver figura 7)

Las imágenes masterizadas en *Dolby Visión* son hasta un cuarenta por ciento más brillantes, las sombras y las altas luces tienen más detalle de color debido a su alto rango dinámico. (Dolby , 2014).

Como expresa William Christensen, Director de fotografía y Master en American Film Institute, en una entrevista realizada para el presente Proyecto de Grado, la misma que se encuentra adjunta en el cuerpo C. El espacio color es muy importante, ya que no importa cuanto rango dinámico se tiene para los procesos de color si al terminar el espacio color no es capaz de reproducir ese rango, solo una cantidad limitada de color son reproducibles en la mayoría de espacios de color, agrega que ningún formato actual captura y reproduce el color como el fílmico analógico.

## **2.4 Resolución**

El tema de la resolución en la grabación digital, es un tema de discusión muy común cuando de calidad se habla, la resolución es el número total de píxeles o muestras que componen la imagen.

Si la misma está compuesta por una resolución de 1920 x 1080, tiene 1920 pixeles de ancho por 1080 pixeles de alto, si se multiplican estos factores se obtiene la cantidad de pixeles de los cuales está compuesta la imagen.  $1920 \times 1080 = 2\,073\,600$  millones de pixeles o 2.1 Megapíxeles, esto quiere decir que matemáticamente se necesita un sensor capaz de capturar 2.1 megapíxeles para obtener una imagen de resolución HD.

La resolución de captura está limitada por la cantidad de pixeles que un sensor puede capturar, en los comienzos de la tecnología digital, este factor limitaba la resolución. Por ende la calidad, pero con los avances en la tecnología de sensores la resolución que los dispositivos de captura son capaces de entregar es cada vez mayor. (Ver figura 9)

Como se desarrolló en el primer capítulo, la resolución digital limitaba el uso de este formato de captura en la industria profesional, con la llegada de la alta definición se hizo posible la proyección de estas imágenes en la pantalla grande.

Después de la invención de la Sony F900 capaz de capturar en HD en el 2000, con una resolución de 1920 x 1080, la tecnología dio como resultado una serie de productos capaces de capturar a esta definición, con el tiempo las mejoras eran significativas.

En 2007 el dispositivo de captura *Red One* estuvo disponible al público como asegura la página oficial de la compañía, esta cámara capaz de capturar una imagen digital con una resolución 4k de 4096 x 2160, o cuatro veces mayor a HD, no solo era mejor en resolución, sino también en rango dinámico y espacio color.

Los dispositivos de captura cada vez son capaces de entregar una mayor resolución, la *Red Epic*, como asegura la página oficial de la compañía, en sus comienzos fue capaz de capturar imágenes con resoluciones equivalentes a 5K o 5120 x 2700, con el paso del tiempo y las actualizaciones del fabricante, la última versión llamada *Weapon* es capaz de capturar una resolución de 8k de 8192 x 4320. (Red Digital Cinema, 2015).

Como los directores de fotografía norteamericanos Geoff Boyle, Rodney Charters y Bill Bennett coinciden en una entrevista otorgada a Dan Chung en la feria de tecnología IBC en el 2014. Las razones por las que se debe capturar en una resolución superior a 2k, no

es más que por procesos ligados a la post producción, procesos como recorte de imagen, estabilización o reencuadre. (Boyle, 2014).

En la misma entrevista, Charters (2014) explica que, a mayor resolución de imagen, mayor peso de almacenamiento, por lo mismo mayor costo en dispositivos de almacenamiento. Por esto es importante analizar cada proyecto por separado, la televisión en la actualidad tiene una resolución máxima HD, mientras que la proyección digital en salas tiene una resolución estándar 2k.

Aunque la tecnología 4K busca posicionarse como estándar de resolución en la industria audiovisual, el mercado aun no está listo para afrontar un cambio digital tan importante.

Esto se debe según Stump (2014), a que las resoluciones HD y 2k son insuficientes para posicionar al cine como un producto de calidad superior a la que un individuo puede tener acceso en su casa. Es importante reconocer entre los factores que producen la resolución en los dispositivos de captura digital, en el caso de la resolución 4k, hay que saber diferenciar entre archivos 4K y resoluciones 4K. Ya que es posible redimensionar imágenes capturadas en definición estándar 2k en archivos 4K, pero esos archivos no ganan resolución al ser re dimensionados.

A medida que la tecnología de captura avanza, también lo hará la tecnología de proyección, por lo que es muy importante analizar cada proyecto profunda e individualmente antes de elegir una resolución de captura.

Como expresa Scott Ray Director de fotografía y Master en American Film Institute, en una entrevista realizada para el presente Proyecto de Grado, la misma que se encuentra adjunta en el cuerpo C. La calidad típicamente se refiere a resolución, el menos en las plataformas como youtube, por eso la resolución es el gran dictador que define la calidad para el consumidor, la resolución es literalmente la habilidad que tiene el archivo de resolver entre líneas, la nitidez.

## **2.5 Variantes de filmación analógica a la digital**

Así como la tecnología de captura evolucionó, los roles en el set de filmación también lo hicieron. Necesidades nuevas se crearon en el set con la llegada del formato digital, técnicos especializados en roles específicos se hacían necesarios con el avance tecnológico y la complejidad de los procesos.

Al registrar en formato digital, desde la preproducción hay factores a analizar, roles de trabajo analógico desaparecen para dar paso roles técnicos que se hacen necesarios en el nuevo formato. Los procesos de producción y rodaje deben adaptarse a las necesidades digitales, así como también los flujos de trabajo y la post producción que tiene procesos distintos, y requiere de técnicos especializados en cada uno de los mismos.

Así como el formato de captura digital evolucionó, también lo hicieron los dispositivos de proyección, la distribución del material audiovisual se adaptó a las nuevas tecnologías y nuevas plataformas de distribución aparecieron.

La reducción de costos es lo que sedujo a la industria audiovisual a empezar a producir films en este nuevo formato. Como asegura Swartz (2005), los ahorros potenciales que ponen interés en este formato vienen de distintas áreas de la producción, la visualización en digital reduce significativamente los costos del revelado para la visualización diaria del material registrado, con el formato digital. Se elimina el costo de adquirir material sensible, su revelado, digitalización y procesos ópticos para obtener efectos especiales, los cuales son hechos de manera digital.

El autor Jeffrey Ulin (2010) en su libro sobre los negocios de distribución de material audiovisual *The Business of Media Distribution*, el cine digital reduce dramáticamente los costos de distribución de los films. El costo de distribución del formato digital es solo una fracción de lo que es la de films analógicos, también hay que tomar en cuenta el factor de duración de cada formato. El formato analógico se degrada con cada visualización, una copia digital no se degrada y puede ser vista cuantas veces sean. Pero no todo es

ahorro, la transformación al formato digital significó una gran inversión para toda la industria, las salas tuvieron que invertir grandes cantidades de dinero en la obtención de sistemas de proyección digital estándar de alta calidad. Pero con el rápido avance de la industria el estándar de proyección 2k, peligró en ser remplazado por el estándar de proyección 4k, lo que significaría una grande inversión en la industria de proyección para dar este salto. (Ulin, 2010).

Como dice la autora Concha Gómez, en el artículo titulado: *La digitalización acaba con el celuloide. El caso español*. La transformación de una sala analógica a una digital puede costar entre los setenta mil euros y los ciento veinte mil. Este costo tan elevado viene dado por el alto precio de los proyectores y servidores que cumplen con la norma DCI, que tiene como objetivo garantizar proyecciones de alta calidad, igual o superior que las que se pueden obtener de una copia de 35mm. A estos estándares se le suman los elevados niveles de seguridad anti piratería establecidos por los grandes estudios de Hollywood. La DCI o *Digital Cinema Initiatives* es un consorcio que fue formado en el año 2002 por siete de las grandes productoras de Hollywood, como asegura la autora: Disney, Fox, MGM, Paramount, Sony Pictures Entertainment, Universal y Warner Bros. Decidieron juntar fuerzas para crear una serie de recomendaciones técnicas con respecto al nuevo formato que estaba ganando fuerza en la industria. Al no existir ningún tipo de norma técnica acordada por los gobiernos, estas especificaciones técnicas se han estandarizado. Y los fabricantes las han adoptado, el cumplimiento de estas normas garantiza el acceso a las películas producidas por los grandes estudios estadounidenses. (Gómez, 2012).

### **2.5.1 Nuevos roles del cine digital**

Algunos de los roles en el set analógico desaparecieron en el digital, el encargado de recargar de material fílmico la cámara fue uno de los primeros roles en desaparecer. Y según Stump (2014) asegura que, este fue remplazado por el conocido como DIT u operador HD. Este rol asiste al director de fotografía en el flujo de trabajo, en los sistemas

de grabación y visualización. Así como también es el encargado de la integridad del material y el manejo del look que tendrá la imagen. Este rol muchas veces es el encargado de manejar los ajustes de cámara en pos de ayudar al director de fotografía con la manipulación técnica de la imagen.

Otro de los roles que cumple el operador HD es el de transferir y almacenar el material registrado digitalmente. También de manipular los archivos para obtener las visualizaciones del material sin compresión y de preparar el material para el proceso de post producción.

Como asegura el autor citado, este rol es relativamente nuevo en el set de filmación, por eso hay dudas en saber a qué departamento de producción pertenece, para el autor Stump (2014) el operador HD pertenece al equipo de cámara. Y recomienda que el director de fotografía sea el encargado de elegir la persona que cumplirá este rol, así como también debe confiar en la misma ya que este trabajo es de vital importancia en el set. El operador hd deberá responder directamente al Director de Fotografía por direcciones, este rol técnico debe saber operar el equipamiento digital necesario para cada proyecto. En el caso del registro a más de una cámara, este rol será el encargado de empatar los ajustes de cada dispositivo de captura. Este rol también es el encargado de trabajar en conjunto con el colorista, en la implementación de *LUTs* digitales, que entregan a la imagen *RAW* sin compresión el look al que se busca llegar. Tanto para ser visualizado en cada día de rodaje, como para que el cliente pueda apreciar lo registrado en el caso de las publicidades. Este rol trabaja desde la pre-producción junto con el director, en la elección del equipo necesario para registrar cada toma. En la producción el manejo técnico de los dispositivos y en la post producción conjuntamente con editores y coloristas en el manejo de la data digital. (Stump, 2014)

Como expresa Scott Ray Director de fotografía Master en American Film Institute, en una entrevista realizada para el autor el presente Proyecto de Grado, la misma que se encuentra adjunta en el cuerpo C. El lujo de tener un DIT en el set es el lujo que un

director de fotografía tiene de poder concentrarme en su trabajo, explica el Operador HD es la persona que esta ahí para asegurarse de que el look esta siendo creado, ellos aplican el aspecto de color a la imagen, manejan toda la información y se aseguran que la misma sea manejada en el flujo de trabajo adecuado. Si no se tiene un operador HD esa responsabilidad recae sobre el director de fotografía, agrega que esas no son cosas de las que un director de foto deba estar pendiente, asegura que un director de fotografía debe estar pendiente de su medidor de luz y donde quiere poner la cámara. Concluye en que es importante el rol en una producción por que entrega la oportunidad al director de fotografía de concentrarse en su rol y evitar errores en el manejo de la información.

En el caso del analógico la corrección de color era un proceso químico, con el paso al formato digital el proceso de corrección de color se volvió un proceso matemático y logarítmico por *software*.

El colorista digital es un nuevo rol que aparece en la industria tras la adopción del digital como formato de captura. El mismo trabaja en conjunto con el director, el director de fotografía, y en caso que la producción lo requiera con el supervisor de efectos especiales.

Este hace uso de las herramientas digitales para hacer cambios en el color y exposición de una imagen, no solo de escena a escena, si no también cuadro a cuadro, incluso en áreas específicas de un cuadro.

Tambien puede resolver errores de rodaje, así como también resaltar partes de la imagen de manera digital, que analógicamente no sería posible o tomaría demasiado tiempo. El colorista es el responsable de hacer tangible el look de color que el director necesita para cada secuencia y conjuntamente con el director de fotografía se planea como se va a iluminar una escena en pos de obtener los resultados necesarios.

Como expresa William Christensen. Director de fotografía y Master en American Film Institute, en una entrevista realizada para el presente Proyecto de Grado, la misma que se encuentra adjunta en el cuerpo C. Como las cámaras digitales capturan tanta

información hay tanto que se puede hacer en post. Agrega que la sutileza que un colorista le pone al proceso de color ayuda en gran parte a conseguir el aspecto de la imagen buscado por lo que el trabajo en conjunto entre los roles en el set digital es muy importante, especialmente la del colorista con el director y el director de fotografía.

Al ser el formato digital, un proceso matemáticamente exacto es posible obtener los resultados buscados con la planeación en conjunto de los roles que conforman el equipo de trabajo digital. Así como debe planearse la obtención de un look en conjunto entre las diferentes áreas, los efectos especiales también deben ser planeados en conjunto.

Los efectos especiales en el cine empezaron mucho antes de la digitalización de la captura y sus procesos. El productor de efectos especiales y el supervisor de efectos, son roles que se han tenido que adaptar a la digitalización de los procesos y a los avances tecnológicos que cada vez hacen posibles la creación de nuevas imágenes.

El supervisor de efectos visuales responde a las necesidades del director con los procesos creativos de los efectos visuales, siendo el responsable de hacer tangible los efectos que requiere el director para contar su historia. Este rol es el encargado de elegir los procesos y técnicas que son necesarios para obtener los resultados buscados. El productor de efectos visuales es el encargado de velar por el presupuesto y calendario que el resto del equipo deberá cumplir. Así también como es el encargado de brindar los recursos necesarios para completar cada trabajo. (Finance y Zwerman, 2010)



### Capítulo 3: Formatos Digitales

El término formatos digitales se refiere a un conjunto de características estandarizadas con respecto a la captura digital de imágenes. Como el autor Jorge Carrasco (2010) indica, cuatro factores definen los formatos digitales: resolución, profundidad de color, muestreo y cadencia.

Con la evolución digital en la industria audiovisual, cientos de formatos distintos fueron creados, cada uno de éstos fue creado para adaptarse a necesidades distintas. Por lo que es de gran importancia saber elegir un formato para las características de un proyecto determinado. La creación de diferentes resoluciones, profundidades de color, sistemas de muestreo y cadencias, tiene sus inicios con la estandarización de estos factores por las marcas o los gobiernos.

“En el mundo analógico de la televisión se establecieron hasta tres sistemas de televisión: NTSC, PAL, SECAM.” (Carrasco, 2010, p. 112).

Las razones por las que se establecieron estos sistemas como asegura el autor, fue por motivos económicos o técnicos. El costo de las licencias de fabricación de dispositivos fue una de las principales causas. Como Carrasco (2010) asevera, un país o un grupo de países como la Unión Europea crearon sistemas para que su propia industria pueda producir sin depender de otros países o del pago de costosas licencias industriales.

En primer lugar, *National Communication Standard Committee* o NTSC por sus siglas en inglés, es un organismo encargado de ordenar el espacio radio eléctrico en los estados unidos, este sistema lleva el nombre del organismo, fue adoptado por países de América del Sur, Centro América, Filipinas, Japón, y otras partes de Asia.

El segundo, *Phase Alternating Line* o PAL, por sus siglas, es un sistema de origen alemán creado por la compañía *Telefunken*, se lo podría definir como el sistema europeo, ya que fue adoptado por gran parte de la región. Brasil, Argentina y China también lo usan como estándar.

Y por último *SECAM*, creado en Francia y común en muchas de sus antiguas colonias, con el paso a los sistemas digitales este sistema desaparece y los países que usaban esa norma pasan a utilizar el sistema *PAL*.

Como el autor mencionado señala, una de las principales complicaciones de estos sistemas es la cadencia o cantidad de cuadros por segundo, que varía de un sistema a otro y esto hace que la compatibilidad entre estos se complique.

Se han hecho intentos por poner un estándar común de cadencia, que sea compatible con todos los formatos, tanto para el cine y la televisión, CIF por sus siglas en inglés, *Common Interchange Format*, este formato buscaba estandarizar la cantidad de cuadros por segundo entre formatos. (Carrasco, 2010).

Como expresa Jesper Duelund Hansen, Director de *fotografía Danes*. Master en *American Film Institute*, en una entrevista realizada para el presente Proyecto de Grado, la misma que se encuentra adjunta en el cuerpo C. Explica que las principales ventajas de los formatos digitales con respecto a los analógicos, son la capacidad de poder ver las imágenes sin necesidad de un proceso, el paso directo a procesos de efectos especiales, también asegura que hasta se puede trabajar en set con un artista de vfx y visualizar lo que se obtiene en tiempo real. A su vez considera que las limitaciones del digital vienen en torno a los diferentes *codecs* y formatos, como el digital evoluciona y crea formatos constantemente, muchos *software* ya no son compatibles con todos los formatos. Lo que resulta en imágenes obsoletas que pierden la capacidad de reproducción con el tiempo, otra desventaja agrega que con el formato digital la gente tiende a ser menos cuidadosa, se hace menos preguntas antes de presionar el botón. Con el analógico es diferente ya que sólo se tiene cierta cantidad de material sensible a disposición, por lo se pierde cierta magia en el proceso. (2015)

### 3.1 Formatos comprimidos de filmación

Para comprender cómo funcionan los formatos comprimidos de filmación, es necesario entender el término compresión en el medio del registro digital de imágenes en movimiento, y el por qué de este proceso.

La compresión es un proceso por el cual se compromete la información del archivo digital, como plantea Stump (2014), la razón por la cual se creó la compresión es por la cantidad de datos de almacenamiento, una imagen descomprimida ocupa un numeroso espacio, lo que en una producción tiene un costo en dispositivos de almacenamiento. Para comprender cuánto pesará un archivo descomprimido es posible realizar ~~hacer~~ un cálculo con las variantes de la imagen digital para obtener el resultado de la cantidad de espacio de almacenamiento necesario.

Como ejemplo se puede calcular el peso de una imagen de resolución HD 1920 x 1080 de 12 Bits, lo primero a calcular es la cantidad de pixeles que tiene la imagen:  $1920 \times 1080 = 2.073.600$  pixeles. En el sistema de 12 bits, hay 12 bits de información por pixel por lo que  $2.073.600 \times 12 = 24.883.200$  bits de información por cuadro monocromático. Si la imagen es a color deberá multiplicarse ese resultado por 3, valores correspondientes a: rojo, azul y verde.  $24.883.200 \times 3 = 74.649.600$  bits.

Este número es muy grande por lo que si se divide por 8 se obtiene el número de bytes de información, por que 8 bits en un byte:  $74.649.600/8 = 9.331.200$  bytes o transformado a megabytes 8.89 MB por cuadro o 213.36 MB por segundo. Por el alto peso de los archivos descomprimidos o Raw existe la compresión. Este proceso puede reducir la cantidad de datos almacenados por archivo, eliminando la información que se considera innecesaria, o como el autor lo plantea, los procesos de compresión se basan en las limitaciones de la visión humana.

Dentro de la compresión de imágenes en movimiento existen dos ramas como se nombraron previamente, *lossy* o con pérdida y *lossless* o sin pérdida. Como Stump (2014) asegura, los algoritmos de compresión con pérdida reducen la cantidad de datos

de una imagen mediante la eliminación de información que no es recuperable. La compresión sin pérdida permite después de un proceso de descompresión obtener la misma cantidad de información que se tenía antes de comprimir, como el autor ejemplifica, “estos algoritmos de compresión sin pérdida funcionan como los archivos zip o rar en una pc, donde el tamaño del archivo se reduce, mientras se mantiene íntegra la información comprimida.” (Stump, 2014, p.366).

Entre los formatos de compresión más usados en la industria están: *HDCAM*, *MPEG2* usado en la codificación para *DVD*, *MPEG4* usado en la codificación para Blue Ray, *JPEG2000*, *REDCODE*, *PRORES*, entre otros.

La compresión es determinada por su relación de transformación, mientras mayor es su relación más comprimida está la imagen y tendrá menos información para almacenar. La relación se expresa por ejemplo 2:1 lo que significa que  $\frac{1}{2}$  de la información de una imagen sin compresión fue almacenada, a medida que el primer dígito aumenta mayor será el nivel de compresión y menor será la cantidad de información que almacena la imagen. Para comprenderlo mejor, 4:1 significa que  $\frac{1}{4}$  de la información de la imagen fue almacenada, mientras los otros  $\frac{3}{4}$  fueron descartados, esto quiere decir que solo un 25% de la información de la imagen original es almacenada.

La pérdida de esta información limita la postproducción, específicamente en la corrección de color, mientras más información tenga el archivo más lejos se puede llegar en su corrección para lograr un look específico. Pero si las necesidades del proyecto no exigen una corrección de color muy profunda, y la cantidad de data almacenada es un problema, existen diferentes formatos de compresión. Entre los más comunes: DVcam o HDTV de 21 Mb/s , XDCAM HD de 25, 35 o 50 Mb/s, el usado en las cámaras réflex de Canon H.264 desde los 40 Mb/s, DVC pro HD de 100 Mb/s, HD CAM 140 Mb/s, HD CAM SR 440 Mb/s . (Stump, 2014).

El autor Kevin Roebuck plantea, dos tipos de compresión en los diferentes formatos, compresión *intraframe* e *interframe*. Los algoritmos de compresión *interframe* usan uno o

más fotogramas previos y posteriores al *frame* por comprimir para el proceso, mientras que el sistema *Intraframe* utiliza solo la información del *frame* por comprimir.

El método más común utilizado por los algoritmos de compresión *interframe* funciona comparando cada *frame* de la secuencia con el anterior. Si la imagen o *frame* contiene áreas donde nada se ha movido, el sistema solo copia la información de ese sector de la imagen con un comando. Evitando así reescribir la misma información cuadro por cuadro, si ese sector de cuadro cambio un poco, se escribe un comando un poco mas largo que hace que ese sector se aclare, oscurezca o rote.

Este tipo de compresión es conveniente cuando el objetivo del clip será solo para reproducción, ya que si se edita un clip comprimido con un algoritmo *interframe*. Si el *frame* original de donde se copio la información se corta, el sistema no será capaz de reconstruir efectivamente el resto.

Mientras que con el sistema de compresión *Intraframe*, hacer cortes en edición no afectara en la imagen, como el autor asegura editar video *Intraframe* es casi como editar con archivos descomprimidos. (Roebuck, 2012)

Los *codecs* de compresión más populares dentro de las dos ramas son, *interframe*: HDV, AVCHD, AVCCAM, XDCAM EX, XDCAM HD, NXCAM, H.264, MPEG-2, MPEG-4.

*Intraframe*: DV, MJPEG, JPEG 2000, DVCPRO HD, AVC- INTRA, AVC- ULTRA, HDCAM- SR, AVID DNx HD, Apple ProRes 4:2:2 y 4:4:4.

Los *códecs ProRes* creados por *Apple*, son muy comunes en los procesos de post producción. Como asegura el autor Stump, el códec Apple ProRes 4:4:4 entrega la mayor calidad entre los *códecs* de muestreo 4:4:4 y para flujos de trabajo, ya que incluye el canal alpha, soporta cualquier resolución, y es una solución de alta calidad para procesos de post producción y efectos especiales.

Los estándares de Apple, comunes en postproducción: Apple Pro Res 4:2:2 de 145 Mb/s en una imagen 1920 x 1080 en 60i ; Apple Pro Res 4:2:2 HQ 220 Mb/s en una imagen 1920 x 1080 en 60i; Apple Pro Res 4:4:4 330 Mb/s en una imagen 1920 x 1080 en 60i;

Apple Pro Res 4:4:4 XQ 330 Mb/s en una imagen 1920 x 1080 en 29.97 fps (Apple Inc. , 2015).

Cuando de compresión se habla, el término *Chroma Subsampling* es muy usado, ya que es parte importante del proceso de compresión, este término se refiere al sub muestreo cromático de la imagen digital.

El *Chroma Subsampling*, se expresa con tres dígitos. Por ejemplo 4:4:4, esto significa que el 100% de la información cromática fue almacenada, esto permite al colorista iluminar, obscurecer, y modificar el color sin que el ruido de imagen sea un gran problema.

Siguiendo en la escala de más a menos información, está el 4:2:2, popular en las cámaras de video HD, y en las nuevas cámaras de cine de bajo costo como la *Black Magic Cinema Camera* o la más pequeña *Pocket Camera*.

La mayoría de cámaras de consumo masivo como las DSRL de *Canon* o *Nikon* que basan su formato en la compresión en H.264 codifican la compresión cromática en 4:2:0, la cual elimina tres cuartos de la información cromática de una imagen. (Hurkman, 2014).

Como expresa Scott Ray. Director de fotografía y Master en *American Film Institute*, en una entrevista realizada para el presente Proyecto de Grado, la misma que se encuentra adjunta en el cuerpo C. Expresa que en teoría toda imagen es comprimida, al momento que es procesada ese proceso es realmente compresión, agrega que depende de donde va a ser visto el material variará la elección entre las diferentes compresiones, ejemplifica que si esta grabando algo a ser visto en un teléfono, se puede registrar con mas compresión que si la imagen requiere ser vista en la gran pantalla. Otro factor es la cantidad de espacio de almacenamiento y dinero disponible, los archivos descomprimidos ocupan mucho espacio, así que el presupuesto es un factor para tomar en cuenta al elegir entre compresiones. (2015)

### 3.2 Formatos descomprimidos de filmación

Los formatos de imagen descomprimidos fueron introducidos en el mercado de cámaras fotográficas a finales de los 90. La combinación de imágenes de alta calidad y potentes softwares de edición de imágenes, impulsaron a la industria a crear un formato de calidad superior a los archivos JPEG.

Como asegura el autor Stump (2014), en 2007 al menos un 80% de fotógrafos profesionales estaba capturando en RAW. En los comienzos de este formato, cada fabricante estaba creando su propio formato descomprimido, lo que dio como resultado que para el 2011 existieran más de 150 formatos RAW únicos.

Los formatos descomprimidos o formatos RAW graban la información directamente del sensor al dispositivo de almacenamiento. Algunos usan un sistema de compresión para hacer más manejable el peso de información que tendría cada archivo.

Como se explicó previamente, el peso de información de un archivo descomprimido es muy alto, por ello cuando se trabaja profesionalmente, muchas veces se requiere grabar a resoluciones superiores a 4k por los diferentes procesos de post producción por los que pasará la imagen. Con imágenes de cámaras como la *Red Epic Weapon* que salió al mercado en el 2015, capaz de capturar imágenes en resoluciones que llegan a los 8K. La cantidad de información de un archivo RAW de esta resolución sería inmanejable, por lo que esta marca optó por poner cierta compresión a los archivos RAW, sin quitar de estos todas las características que un archivo sin compresión tiene. (Red, 2015)

Dentro de los formatos RAW establecidos por los fabricantes esta *Arri RAW*, *Red RAW* o *Cinema DNG*, que son los más comunes en la industria local. Tanto Arri como Red crearon sus propios formatos descomprimidos de filmación. Hay que tomar en cuenta que cuando se trabaja con formatos descomprimidos, los mismos deben de pasar por un proceso de codificación, que varía según el formato descomprimido del archivo.

Los formatos RAW deben ser codificados en *softwares* creados por los fabricantes, para que estos archivos puedan ser interpretados por los sistemas de edición. Así que para

manipular material sin compresión se requiere un proceso de flujo de trabajo distinto dependiendo del dispositivo usado.

Entre los beneficios más significativos que los formatos Raw otorgan a un proyecto, están la gran latitud con la que los procesos de post producción cuentan para trabajar. Típicamente en estos formatos, los ajustes en sensibilidad y temperatura de color afectan solo a la imagen monitoreada. Ya que al ser solo *metadata*, estos factores serán decididos en post producción, estos archivos almacenan directamente la información que recibe el sensor por lo que son muy flexibles en su modificación. “Los archivos RAW tienen desventajas dependiendo del punto de vista” (Hurkman, 2014, p. 5).

Es cierto que es casi imposible editar formatos *RAW* directamente, lo que hace que se requiera un segundo paso en el flujo de trabajo. En el cual se transfiere el archivo en un formato distinto para la edición, a esto se le agrega un tercer paso de reconexión con los archivos RAW para los procesos de color.

Estos procesos que se le agregan al flujo de trabajo con archivos descomprimidos aumenta el tiempo y complejidad de la post producción. Y se le suma la cantidad de espacio de almacenamiento requerido por este formato.

Uno de los principales temas para tener en cuenta con estos formatos, como asegura el autor Alexis Van Hurkman, es que se requiere especialistas técnicos que conozcan los procesos para entregar fluidez al flujo de trabajo. (Hurkman, 2014).

El autor David Stump compara al formato RAW digital con el negativo analógico, que dependiendo el proceso que se le agregue al material se podrá obtener un determinado resultado o *look*.

En el 2005, Adobe crea su propio formato RAW llamado DNG, este formato es basado en el formato TIFF, y fue creado para eliminar la necesidad del pago de licencias por el uso de otros formatos RAW. El formato DNG desde que salió al mercado fue adoptado por una gran cantidad de fabricantes de dispositivos y software con excepción se ciertos fabricantes que tienen un interés específico en el uso de sus propios formatos sin



compresión. Cualquier archivo sin compresión puede ser codificado en el formato DNG sin ningún tipo de pérdida de información. Como asegura Stump (2014), muchos profesionales codifican sus archivos RAW en el formato DNG para su archivo, con el fin de asegurar su reproducción y manipulación en el futuro.

Entre los beneficios que se obtienen al elegir un formato RAW para la captura de imágenes esta también la libertad que entrega al realizador para elegir los diferentes algoritmos de procesamiento de imagen en post producción. El rango dinámico también se preserva de mejor manera en los formatos RAW, que en los formatos donde la compresión limita los aspectos de color y gama captados por el sensor por los procesos logarítmicos estándar.

Al elegir el RAW como formato se debe también conocer los procesos de postproducción para poder llegar a los resultados deseados, al no tener ninguno de los procesos típicos de imagen que una cámara común realiza. Las imágenes RAW pueden tener un aspecto diferente. Pero conociendo los sistemas de color y cómo funcionan se puede obtener una infinidad de distintos looks de una imagen RAW, sin tener graves problemas de pérdidas de calidad o ruido.

Cabe reiterar que todo proyecto tiene necesidades distintas, y el formato RAW debe ser usado cuando se requiera una corrección de color específica. Por su alto peso de imagen, si el proyecto no lo requiere, el gasto generado por dispositivos de almacenamiento será innecesario. Pero si el color es un recurso narrativo importante de la producción, y para llegar al look deseado se debe pasar por un proceso de color exhaustivo, el formato RAW entregará la máxima flexibilidad en ese proceso.

Aparte del formato DNG en la industria profesional actual, dos formatos RAW son también muy usados en las diferentes producciones, Red Raw y Arri Raw. Cada uno de estos lleva el nombre de sus fabricantes, los cuales se destacan en la industria de cámaras de cine digital.

Como lo asegura la compañía *Red Digital Cinema* en su página web, Redcode fue una pieza clave que hizo posible la captura digital en 4k. (Red Digital Cinema, 2012). Este formato desde su creación revolucionó la industria del cine digital, una gran cantidad de films fueron registrados en este formato Redcode (R3D). Utiliza una técnica de compresión comparable con el formato JPEG 2000 que es capaz de archivar imágenes de calidad superior a un peso de almacenamiento menor.

Este código, a la vez de tener la información de resolución completa, guarda también copias a resoluciones inferiores para poder obtener una visualización instantánea desde diferentes dispositivos sin necesidad de procesar el archivo de resolución completa.

Este código también ofrece una larga variedad de compresiones, en las que se puede comprimir la información de imagen, el rango de compresiones disponible en los dispositivos que usan Redcode como formato va desde 3:1 hasta 18:1.

Otro punto fuerte del formato de la compañía Red es que soporta una alta cantidad de cuadros por segundo, soporta imágenes en HDRx, donde se captura el mismo frame dos veces a exposiciones distintas para obtener un rango dinámico superior a los 19 stops.

El fabricante proporciona gratuitamente en su sitio web el software necesario para el procesamiento de los archivos.R3D, permitiendo la codificación a prácticamente cualquier formato digital.

Arriraw es el formato de la compañía ARRI, el cual es usado en cámaras como la Arri Alexa, este formato sin compresión archiva la información directamente del sensor, al dispositivo de almacenamiento. Preservando la característica respuesta al color que tienen las cámaras digitales de Arri. Las imágenes almacenadas en Arri Raw son descomprimidas y no procesadas, por lo que al igual que todos los formatos nombrados previamente necesitan procesamiento en pos de transformar la información en una imagen reproducible.

No todos los dispositivos poseen las características para almacenar imágenes descomprimidas, es por esto que algunos fabricantes como Black Magic o Atomos sacan

al mercado grabadores que usan la señal de salida de las cámaras para almacenar imágenes RAW.

Como expresa Yoni Klein, Director de fotografía y Master en *American Film Institute*, en una entrevista realizada para el presente Proyecto de Grado, la misma que se encuentra adjunta en el cuerpo C. Asegura que en un mundo ideal capturaría siempre en raw, si siempre se tuviese presupuesto y capacidad de almacenamiento ilimitado elegiría el formato descomprimido por la razón de preservar la mayor cantidad de información posible. En el mundo real no es siempre una opción, asegura que muchas veces el proyecto no puede económicamente soportar el formato descomprimido, asegura que cuando se elige un formato descomprimido es necesaria una gran cantidad de espacio de almacenamiento, contratar un operador hd es esencial y los costos suben. (2015)

### **3.3 Distribución digital de cine**

Con la adopción del digital como formato por muchas producciones, se creó la necesidad de eliminar la proyección analógica de los films en las salas. El alto costo del fílmico elevaba los costos de distribución de una película de manera considerable. Como asegura ejemplifica el autor Stump (2014), una producción de Hollywood ahorra aproximadamente 12.5 millones de dólares en la impresión de copias fílmicas en promedio.

Las instituciones que lideran la industria crearon una serie de normas técnicas y de calidad para hacer posible la distribución en digital. En 1999 *Star Wars The phantom Menace* fue proyectado digitalmente en cuatro salas de los Estados Unidos, dos en Los Ángeles y dos en Nueva York, esta sería la primera súper producción de Hollywood en ser proyectada digitalmente.

Tomando el caso de los Estados Unidos, para 1999 solo había cuatro sistemas de proyección digital, en el 2002 habían ya 150 y el número se fue multiplicando año tras año, no solo en los Estados Unidos, si no en todo el mundo. (Keranneally, 2012)

### **3.3.1 DCP *Digital Cinema Pack***

DCP por sus siglas en inglés (Digital Cinema Pack) fue establecido por los estudios tras la iniciativa digital en la industria del cine. El paquete de cine digital es usado para almacenar y reproducir cine digital, así también como evitar el plagio de los films y su piratería.

Comenzando la década del 2000 se hacía evidente para los siete grandes estudios de Hollywood que la alta definición con un perfil de color rec 709 ya no era suficiente para diferenciar la experiencia de ir al cine, de la de ver películas en casa.

La *Digital Cinema Initiative* o DCI fue creada con el objetivo de estudiar y crear los nuevos estándares de calidad que diferenciarían al cine digital como una experiencia, para atraer a la audiencia. Ingenieros fueron contratados por la DCI para crear un nuevo sistema digital para el terminado de un film, su distribución y reproducción.

El trabajo se hizo en conjunto con la *Society of Motion Picture and television Engineers* o SMPTE, para asegurar la interoperabilidad y compatibilidad del contenido que va de los estudios a los distribuidores y luego a las salas.

El trabajo para la creación de estas normas también se hizo en conjunto con la asociación de directores de fotografía norteamericanos, ASC para crear contenido de código abierto para las pruebas. Finalmente la SMPTE después de un trabajo en conjunto con otras asociaciones publica los estándares, incluyendo especificaciones para 2K y 4K como una resolución máster, mapeo de audio, y compresión JPEG2000, factores que forman parte de lo que es el paquete de cine digital DCP.

La compresión JPEG 2000 se destaca por su detalle, el DCP utiliza una estructura MXF por sus siglas en inglés, o en español formato de intercambio de material. Para reproducir audio PCM junto con las imágenes en JPEG 2000, comprimido para su presentación en salas. (Stump, 2014).

El DCP llega a las salas en un disco duro, el mismo que se conecta al servidor de la sala de proyección, donde serán copiados de manera segura, los archivos de imagen, la

*metadata*, audio y subtítulos debidamente encriptados. Para reproducir estos archivos, se envía separadamente a la sala lo que se denomina KDM por sus siglas en inglés, que funciona como una llave que permite reproducir los archivos encriptados. Este código digital permite la reproducción por un tiempo determinado, y es manejado por el departamento de distribución de los estudios como asegura el autor David Stump (2014). Entre las ventajas más significativas que la distribución digital por DCP entrega a los procesos, están los bajos costos de las copias, los cuales son muy inferiores a los de una copia analógica. También un punto importante es que la exhibición no sufrirá de daños como el analógico que puede rayarse o cortarse con la cantidad de reproducciones. Muchos factores hicieron que la industria de la distribución en salas adoptara el digital como un estándar, no solo por que el costo de la distribución digital es solo una fracción del costo de la distribución analógica. Como Stump (2014) determina, el 3D fue un gran estímulo para que las salas invirtieran en la proyección digital, el autor también asegura que con la distribución digital, la proyección mejoro en calidad junto con la experiencia de ir al cine.

### **3.3.2 Distribución satelital en salas**

La DCDC por sus siglas en inglés o en español Coalición para la Distribución de Cine Digital, fue creada por los teatros *AMC*, *Cinemark Theatres*, *Regal Entertainment Group*, *Universal Pictures* y *Warner Bros*. Con el objetivo de proveer a la industria con una nueva generación de distribución satelital y terrestre alrededor de Norteamérica.

Este sistema de distribución es capaz de distribuir films, promocionales, y contenido en vivo a los cines. La red fue diseñada para asegurar la máxima calidad al espectador, el sistema beneficia a la industria del cine, otorgando una distribución más rápida para todo el mundo y de costos menores a los que se obtienen por la distribución en físico.

El sistema de distribución satelital a funcionado por décadas en la industria de la televisión, con los avances tecnológicos se transforma en una plataforma ideal de distribución como lo asegura Swartz (2005), para cumplir con los calendarios de estreno

las distribuidoras debían planificar para que las copias llegaran a las salas en tiempo y forma, ya que el material debía viajar a diferentes partes del mundo por correo, para llegar a los servidores de cientos de salas en todo el planeta.

Con la distribución por satélite, un film puede ser descargado en unas pocas horas en el servidor de la sala de cine, sin perder todas las normas de seguridad y calidad que los estándares establecen.

Como asegura Parenty (2003) en su libro sobre *Seguridad Digital* publicado por la Universidad de Harvard, de acuerdo con los análisis de la industria, el costo de distribución física de films a nivel mundial es de 2 billones de dólares por año. Y a raíz de la distribución digital por satélite se establece que el ahorro es del 75% con el nuevo medio satelital.

El funcionamiento del sistema de distribución por satélite es manejado por un centro de operaciones, a donde llega una copia máster encriptado del film, que fue enviada por el estudio. La misma que será subida por el centro de operaciones al satélite, para posteriormente ser descargada por los cines.

Debido a las preocupaciones de seguridad de los estudios, por los temas de piratería, este sistema entrega un alto nivel de seguridad para el estudio, y garantiza que por medio de archivos encriptados se mantendrá el contenido secreto hasta la fecha de estreno.

Una de las compañías pioneras en Estados Unidos es *Boeing Systems*, después de sus primero cinco meses de operación que empezaron en marzo de 2002, más de diez mil películas fueron proyectadas por este sistema, incluidas: Star Wars episodio II, The Banger Sisters, Spy Kids 2 entre otras. (Parenty, 2003)

El sistema de distribución satelital está ganando espacio a nivel mundial, en Latinoamérica una de las empresas más importantes de la industria ofrece el servicio. Cine Color Chile tiene una sub división llamada Cine Color Sat, ambas empresas pertenecientes al grupo empresarial Chilefilms.

En el 2012 esta nueva unidad de negocios implementa una red satelital de distribución de contenidos como lo asegura la página web oficial de la compañía, enfocada principalmente para DCPs. Pero también habilitada a transmitir contenidos en vivo, publicidades, o cualquier producto que requiera ser exhibido en salas.

La plataforma está construida en base a la tecnología para redes IP satelitales, con cobertura hemisférica en Banda C y con sistemas receptores duales entregados a los distribuidores. Como la página oficial de la compañía asegura, entre los principales atractivos de su red es que cuenta con un sistema de *Back Up*, sus varias capas de seguridad, servicio de apoyo técnico al exhibidor, base de datos y administración de KDMs.

La empresa también asegura que la flexibilidad de su sistema permite distribuir contenidos locales, nacionales y regionales, en tiempos significativamente más cortos que la distribución física. Y que estos avances generaran cambios sustanciales en la programación y distribución de contenidos en la región. (Chilefilms, 2015).

#### **Capítulo 4: Eficiencia y eficacia en la filmación digital**

La captura es el primer proceso técnico de creación de una imagen, la postproducción, que como su nombre sugiere, es el conjunto de procesos posteriores a la producción o captura. Asimismo esta etapa de la producción audiovisual es donde se da forma al material registrado y a su vez, este conjunto de procedimientos post rodaje dependen del formato elegido en la pre producción. Los mismos que deben adaptarse a las necesidades de cada proyecto.

El presente capítulo tiene como objetivo brindar la información necesaria para elegir un formato digital, para el correcto análisis de cada producción, en pos de entender que necesidades tiene cada proyecto, los factores que definen las mismas y los flujos de trabajo distintos que requiere cada formato.

De acuerdo con la definición que propone la Real Academia Española, la eficiencia es la “Capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado” (2015). Este término se aplica en la producción audiovisual a la capacidad de utilizar los recursos, formatos, planeación y flujos de trabajos para conseguir un producto determinado.

En tanto, eficacia es “Capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera” (Real Academia Española, 2015). En el marco de la producción audiovisual es la capacidad de lograr el producto que se desea o espera. Ambas definiciones son el objetivo del presente PG, para lograr con eficacia la realización de un material audiovisual hay que ser eficiente en la elección de un formato y los distintos procesos que el mismo requiere.

La postproducción digital y sus procesos se lleva a cabo en *software*, los mismos que realizan funciones diferentes y tienen distintos niveles de complejidad, que varían dependiendo del desarrollador de los mismos, así como su nivel de prestaciones aumenta o disminuye de acuerdo con las necesidades del consumidor en el que está enfocada la aplicación. Existen *software* enfocados en la post producción profesional de cine digital, así también como algunos pensados para los aficionados, con aplicaciones



básicas suficientes para la post producción no profesional. Dentro de los procesos posteriores a la captura, se encuentra la *colorización*, el mismo, es posterior al montaje, por el cual se le entrega a la imagen el aspecto deseado, así como se corrigen elementos de la misma.

Es así que cada uno de los procesos posteriores a la producción, requiere técnicos especialistas que cumplan cada uno de los roles específicos por la complejidad de los mismos. El presente capítulo expone también los software, los roles técnicos de cada proceso y la importancia del trabajo en conjunto de cada rol con el objetivo de obtener los resultados esperados.

Como expresa Scott Ray. Director de fotografía y Master en *American Film Institute*, en una entrevista realizada para el presente Proyecto de Grado, la misma que se encuentra adjunta en el cuerpo C. El director menciona para obtener buenos resultados hay que hacer los deberes, para entregar flexibilidad a un proyecto hay que analizar y estudiar como cada formato y dispositivo, como reaccionan en cuanto a la luz, para así poder elegir el que mas se adapte a las necesidades del proyecto. (2015)

#### **4.1 Elegir un formato digital**

La elección de un formato es el conjunto de decisiones que se hace en cuanto al instrumento de captura, *códec*, compresión, resolución. Cada uno de estos factores definen el flujo de trabajo de una producción, donde los instrumentos de captura almacenan las imágenes en una variedad de *codecs* o compresiones dependiendo de los fabricantes, cada uno de los mismos requieren flujos de trabajo diferentes y fueron creados para satisfacer necesidades distintas. La correcta elección de estos factores se da a partir de la identificación de los requerimientos que presentan cada proyecto.

Analizar los recursos técnicos para comunicar un mensaje es necesario para entender las especificaciones técnicas que requiere el proyecto. El soporte de difusión del material audiovisual define las necesidades que puede presentar un proyecto en cuanto al formato de proyección.

Para definir un formato es necesario saber las posibles plataformas de reproducción que puede tener el proyecto, de esta forma los estándares de producción varían según la plataforma de difusión donde se reproducirá el material, la resolución es uno de los principales factores técnicos a tomar en cuenta al momento de analizar las posibles plataformas que puede tener un proyecto.

Como se mencionó previamente el DCP, estándar de cine digital, tiene definidas dos posibles resoluciones, 2K o 4K. Siendo el primero el más común en las salas de proyección, por lo que si se va a proyectar en cines, el material audiovisual idealmente debe ser capturado a una resolución igual o mayor a la resolución de reproducción. La principal razón para dicha afirmación es evitar la pérdida de resolución que puede generar una ampliación, una proyección 2K de resolución 2048 x 1152, proyectara 2.359.296 de pixeles, por lo que el registro a resoluciones menores expandirá la imagen, lo que resulta en una faltante de información.

La percepción de resolución del ojo humano en pequeñas ampliaciones se vuelve casi imperceptible, por lo que una ampliación de 1920 x 1080 a 2K es un proceso común cuando se requiere proyectar en DCP, esto se debía principalmente por el elevado costo de cámaras de resoluciones superiores a HD, problema que en la actualidad va desapareciendo con la evolución tecnológica.

El mercado actualmente ofrece una gran variedad de instrumentos de captura capaces de registrar resoluciones superiores al estándar 2K o 4K del DCP. Desde teléfonos celulares, pequeñas cámaras denominadas de acción como la *Gopro* hasta las más complejas de bolsillo y réflex son capaces de capturar en resoluciones 4K, por lo que el problema de resolución previo del registro digital dejó de ser un factor determinante para la proyección en DCP.

Definir la resolución de captura del proyecto puede depender también de otros factores aparte de la proyección, otros de los motivos por los que se elije resoluciones superiores es porque el plano requiere animación, movimientos digitales dentro de cuadro, o se

requieren distintos encuadres de un mismo plano. Son las principales factores que definen la elección de una resolución como lo asegura Geoff Boyle en la entrevista otorgada a Dan Chung en la feria de tecnología IBC en la ciudad de Ámsterdam (Boyle, 2014)

Cuando se trata de productos audiovisuales donde una corrección de color específica es necesaria, se necesita una gran latitud para cambiar el aspecto de las mismas sin una pérdida de calidad, la profundidad de bits, el rango dinámico y la compresión son los principales factores que entregan flexibilidad de modificación a un archivo. A menor compresión, mayor rango dinámico y cantidad de bits, mayor información sobre color tendrá la toma.

Cuando procesos de color específicos son requeridos narrativamente por un audiovisual, es importante planear el flujo de trabajo y formato que tendrá el proyecto desde la pre producción, ya que estos factores definen la cantidad de roles necesarios para la producción, los costos en equipamiento, las horas de trabajo en los procesos posteriores, la cantidad de almacenamiento necesario y la cantidad de técnicos que deberán cumplir trabajos específicos en el proyecto.

Las imágenes sin compresión son las que entregan mayor información, que estará disponible en los procesos de post producción, como se explica en el capítulo tres, los formatos *RAW* generan un mayor costo en almacenamiento, equipamiento, y procesos posteriores a la captura. Es por esto que la elección de un formato *RAW* de registro en un proyecto que no lo requiera, o no esté preparado para los procesos posteriores que el formato descomprimido requiere, resultara en la ineficiencia de los procesos y probablemente en la ineficacia de la terminación correcta del producto.

Mientras que si se elige un formato comprimido y *lossy* o con pérdida, en un proyecto donde la corrección de color es un recurso importante para comunicar el mensaje, el producto final será poco eficiente en la comunicación del mismo, ya que al trabajar correcciones de color específicas para llegar a un *look* no se podrá llegar muy lejos en la

modificación con un archivo que no tiene la información necesaria para la corrección, y la imagen final resultara con una pérdida de calidad.

Entre los *codecs* más usados dentro de la producción profesional están los mencionados previamente ProRes de *Apple* sin pérdida, que almacenan las imágenes con mayor información sobre cada pixel, a los cuales el autor Stump (2014) en su libro *Digital cinematography* se refiere como una solución de alta calidad para los procesos de post producción y almacenamiento. Al igual que el códec DNxHD de Avid son usados para procesos de color.

Algunas cámaras son capaces de almacenar imágenes en *codecs* de alta calidad, la capacidad para almacenar archivos sin compresión o sin pérdida, está definida en parte por el soporte de almacenamiento y su velocidad. Por lo que una serie de grabadores externos salieron al mercado por distintos fabricantes como *Convergent Design* con sus productos *Odisey* y *Atomos* con sus productos *Ninja*, *Shogun* y *Samurai*, productos que permiten la captura en *raw* tanto como una variedad de *codecs* sin pérdida. Los grabadores externos usan como soporte discos de estado sólido de alta velocidad para almacenar la información, haciendo posible la captura sin compresión o *codecs* de alta calidad en pequeños dispositivos como las Dsr1 o las cámaras sin espejo como las a7 de Sony. Los mismos, internamente no poseen la capacidad de grabar imágenes de alta información.

La producción de grabadores externos abren las posibilidades de usar cámaras pequeñas y de bajo costo para obtener imágenes en alta información para procesos posteriores a la captura, abriendo también un mundo de posibilidades en post producción para proyectos de bajo presupuesto.

Resumiendo lo explicado previamente, si el color es una parte importante para comunicar un mensaje mediante un audiovisual, la elección de un códec sin pérdida o un formato descomprimido, entregaran una mayor flexibilidad a los procesos de post producción, Dentro de los *codecs* sin pérdida, como se explica en el capítulo tres, existen varias

posibilidades que se adaptan a necesidades distintas, así como también compresiones que almacenan mayor o menor información en la data de la imagen, según los requerimientos que tiene cada proyecto en específico de los procesos posteriores a la captura.

Posterior a la elección de un códec y compresión de captura, está la elección de los instrumentos de registro, cámara o grabadores capaces de almacenar las imágenes en el las especificaciones técnicas requeridas.

Otro factor importante a tomar en cuenta al momento de elegir un sistema de video es el lugar geográfico donde será proyectado el audiovisual. La cantidad de cuadros por segundo estándar en los audiovisuales a velocidad normal va desde los 23.98 cuadros por segundo, pasando por los 24 del sistema NTSC y los 25 del sistema PAL, hasta los 29.97 y 30 cuadros.

Si la producción va a ser transmitida por televisión en Argentina por ejemplo, el producto final deberá tener lo 25 cuadros por segundo del sistema PAL, pero si la producción requiere que el producto final sea transmitido por televisión en Estados Unidos, el producto final deberá tener 24 cuadros por segundo del sistema NTSC.

Si el audiovisual a producir requiere planos en cámara lenta, la captura deberá realizarse a velocidades superiores a los 30 fps, por ejemplo una imagen capturada a 60 cuadros por segundo, de cuatro segundos de duración. Al ser conformada a 30 cuadros en velocidad normal, la toma tendrá 8 segundos. Por lo que la acción será ralentizada a la mitad de la velocidad en la que realmente ocurrió, este cálculo se da a partir de la división de la cantidad de cuadros de captura dividido para la cantidad de cuadros que tendrá el archivo final. Para su mayor comprensión, si la captura se da a 120 fps y el archivo final deberá estar a 25 cuadros, la acción se habrá ralentizado 4.8 veces más lenta que la velocidad en la que realmente ocurrió. Esto es producto de la siguiente operación  $120 / 25 = 4.8$ .

No todos los instrumentos de captura son capaces de capturar más de 30 cuadros por segundo, antes de la llegada de las cámaras de cine de bajo costo, la captura de alta velocidad era un lujo excesivo de las producciones de alto presupuesto, pero al igual que en el resto de los factores de la imagen digital. Los avances tecnológicos dieron como resultado la creación de cámaras digitales de cine capaces de capturar hasta los 20000 cuadros por segundo, cámaras como la *Red Epic* es capaz de capturar hasta 300 cuadros en resoluciones 2k y hasta 120 en resoluciones 6k. Cámaras de bajo costo como la *FS 700* de Sony ofrecen capturas de hasta 240 cuadros en resolución 4k sin compresión, cámara que llega a un costo de venta al público de 9.137.33 usd. Como comunica Sony en su página *web*, solo una fracción del costo que hace unos pocos años tenía una cámara con características similares, como así también las menos costosas aun A7s de la misma compañía capaz de capturar hasta 120 fps, o bien las cámaras de acción GoPro capaces de capturar hasta 240 fps. (s.f.)

Es importante analizar los dispositivos que ofrece el mercado para producciones que requieran captura a alta velocidad, las cámaras capaces de hacerlo cada vez son más y el rango de precios es muy variado. Después de definir la cantidad de fotogramas de captura que requiere cada toma, se debe elegir una cámara capaz de cumplir con esas necesidades.

De acuerdo con la página oficial de la compañía Vision Research, asegura que cámaras como la *Phantom Flex*, que son el tope de gama en cuanto a captura de alta velocidad. En tanto, la versión 4k de esta cámara es capaz de capturar hasta 1000 cuadros por segundo en ultra hd, imagen que conformada a 25 cuadros sería ralentizada en 40 veces la velocidad normal. (s.f.)

Resumiendo lo analizado previamente en el presente apartado, para elegir un formato digital y un instrumento de captura para una futura producción, es de gran importancia entender las necesidades que tiene cada proyecto. Una vez definida la compresión que se adapte a los procesos posteriores a la captura a las que debe ser sometida la imagen,

el códec que se adapte al flujo de trabajo que tendrá el proyecto, la cadencia o cantidad de cuadros por segundo que deberá tener la captura, y el sistema de reproducción ya sea NTSC o PAL que requiera el proyecto. Por ello, se debe investigar entre los dispositivos disponibles en el mercado para así identificar cuales se adaptan a las necesidades técnicas y económicas del proyecto.

Como expresa Yoni Klein. Director de fotografía y *Master en American Film Institute*, en una entrevista realizada para el presente Proyecto de Grado, la misma que se encuentra adjunta en el cuerpo C. Explica que hay que hacerse muchas preguntas antes de elegir un formato de captura, principalmente la principal es que formato va a entregar el look que se requiere en la imagen al final. Es el formato correcto para el tipo imagen que la historia necesita, agrega que después de esas preguntas todo recae sobre el presupuesto y el formato que el mismo puede soportar, y también el rango dinámico, cómo ve el color ese formato, el flujo de trabajo que requiere, si la cámara va a ser rápida en el set o va a ser mas desafiante el proceso de captura, también agrega que el tamaño es un factor importante si es que hay mucha cámara en mano o si la cámara puede ser puesta donde se requiera.

#### **4.1.1 Cámaras y dispositivos de captura en el mercado 2015**

En función a comprender los ofrecimientos del mercado actual, en el presente apartado se exponen los dispositivos de captura disponibles en el mismo, sus características y costos estimados de alquiler y compra al 2015.

La gama más alta de la compañía red debido a la calidad y prestaciones es la *Red Weapon*. Capaz de capturar imágenes en resoluciones 8k, con un rango dinámico de 17 stops, captura a 300 fotogramas por segundo en 2k, y hasta 100 en 6k. La misma soporta codecs ProRes, desde la más alta calidad 444 XQ, hasta los más comprimidos 422LT para producciones que no requieran procesos posteriores complejos. Además de soportar los codecs de Apple, también tiene la opción de grabar imágenes sin compresión en el característico formato R3D del fabricante. El mismo que también tiene en el

mercado la cámara de menor costo Red Scarlet, de resolución máxima 6k, 16.5+ stops de rango dinámico, y de hasta 120 fotogramas por segundo en 2K. (Red Digital Cinema, s.f.)

El precio de venta de la cámara Red Weapon al 2015 es de 67,500 dólares americanos, en su kit básico, no disponible en el mercado argentino para alquiler, la cámara *Epic Dragon* con un costo de 36,285 dólares americanos en su kit mas completo, y disponible para alquiler en el mercado argentino por 5,000 pesos la Jornada por el kit básico. La de menor costo del fabricante con un precio de 20,440 dólares, la *Scarlet* se alquila en el mercado local por 3,000 pesos la jornada. (Comunicación personal, 14 de abril de 2015).

En función a la información recopilada de la página web de Abel Cine, compañía de alquiler y venta de equipos, la cámara Arri Alexa XT full frame, utilizada por producciones de alto presupuesto, cámara utilizada en el film ganador del Oscar a mejor fotografía en el 2015, Birdman del director Iñárritu, con Emanuel lubetzki como df. Cámara capaz de capturar resoluciones de hasta 4K, soporta codecs ProRes y DNxHD, también graba imágenes sin compresión en el formato del fabricante arriraw de hasta 120fps, tiene un precio base de 70,940 dolares. (s.f.).

Como lo asegura Gustavo Lugones su precio de alquiler por jornada en la argentina esta alrededor de los 11,500 pesos en su kit completo (Comunicación personal, 21 de mayo, de 2015)

La empresa Éxodo Rental, como lo indica en su página web, a partir de mayo tiene disponible para alquiler la cámara Alexa mini, diseñada para su uso en drones y gimbals. (s.f.)

Las cámaras de alta velocidad tiene precios que van desde los 50,000 dólares hasta los 150,000.00 como asegura la empresa de venta y alquiler Abel Cine en su página web. En el mercado argentino la empresa Cámaras y luces ofrece servicios de alquiler de estos productos, el precio varía según el proyecto. (s.f.)



En la página web de Éxodo Eental, el fabricante Sony ofrece al mercado el modelo F55 full frame con un precio de venta de 28,990.00 dólares capaz de capturar resoluciones de hasta 4k, y 240 fotogramas en 2k. En la argentina, su precio depende de la cantidad de días y proyecto, rodeando los 4,000 pesos por jornada. (s.f.)

Las cámaras nombradas previamente serán enmarcadas dentro de lo que se denominara como cámaras de cine de alta gama, debido a sus prestaciones, precio de venta y alquiler. Estas cámaras deben ser elegidas en producciones que requieran la máxima calidad, debido al costo de los accesorios que requieren dichos equipos para la captura los precios de una producción se pueden elevar, por lo que es importante analizar si la producción esta en la capacidad técnica y económica de afrontar la captura con cámaras de gama alta, a la vez que se debe analizar si la producción realmente requiere el flujo de trabajo y calidad de imagen que estos dispositivos entregan.

Dentro de lo que se denomina la gama media, es posible encontrar cámaras que no superan los 20,000 dólares precio de venta en Estados Unidos y 4,000 pesos la jornada de alquiler en Argentina. En esta categoría esta la cámara de alta velocidad mas usada en la industria argentina actual, la *Sony Fs700rh full frame* esto se debe a su bajo costo y la posibilidad de captura a resoluciones de hasta 4k sin compresión de hasta 60 cuadros, o 2k descomprimido de hasta 240 cuadros, el costo del kit completo de producción, con el grabador *Odyssey 7q* que permite la captura sin compresión esta en 11,400 dólares en la tienda ByH. Su alquiler ronda los 3.500 pesos en su kit mas completo por jornada, en empresas de alquiler como *Provideogrip* y *Alucine hd*.

Según Santiago Carlini, de Alucine Hd, la cámara *Sony fs7 full frame* con una resolución máxima 4K, ofrece grabación en codecs Prores, hasta 180fps. Esta cámara tiene una excelente respuesta a situaciones con poca luz, teniendo como iso 2000, base por el fabricante, tiene un rango dinámico de 14 stops y es capaz de capturar en *raw* con un dispositivo externo. Su precio de alquiler en la compañía Alucine hd es de 3,000 pesos por jornada en su kit completo. (Comunicación personal, 1 de junio de 2015)

Además, Carlini agrega que la misma empresa ofrece la más pequeña *Sony a7s full frame* por un precio de 2000 pesos la jornada, en su kit completo con grabador externo *Odyssey 7q*, lo que posibilita la captura en resoluciones de hasta 4K Prores, cámara que se caracteriza por su buena respuesta a condiciones de baja luz, con una sensibilidad máxima de iso 409000. También es capaz de captar 120 cuadros por segundo en 1280 x 720 o 60 cuadros en full hd. (Comunicación personal, 1 de junio de 2015).

*Black Magic Cinema Camera* sin espejo, viene en dos modelos disponibles, la versión 2.5k de sensor recortado MFT y la versión 4k full frame. Ambas disponibles para alquiler en la mayoría de empresas en argentina, con un costo de compra de 1,995 dólares en la tienda Byh y la versión 4k por 2,995 dólares, la versión 2.5k captura en raw, en archivos DNG, y en resolución HD en formatos ProRes y DNxHD, con un rango dinámico de 13 stops y un costo de alquiler que ronda los 1,000 pesos la jornada, es una opción de bajo presupuesto para producciones que requieran procesos de color específicos y un aspecto cinematográfico en la textura de imagen. La versión 4k tiene las mismas prestaciones que la versión 2.5k, con la diferencia de que tiene 12 stops de rango y una resolución máxima superior, se alquila por 1500 pesos la jornada aproximadamente. Un punto importante de las cámaras de esta compañía, es que con la compra del dispositivo el fabricante incluye la licencia original del programa de postproducción de color Davinci Resolve, con un precio de venta de 1,000 dólares. En la escala de precio más económica, se encuentra la *gh4* sin espejo de Panasonic capaz de capturar en imágenes de hasta 4k, con un precio de venta de 1300 dólares (ByH, s.f.)

Dentro de esta gama se agrupan las cámara Dsr1 y muy comunes en el mercado local, hay una gran variedad de este tipo de dispositivos de capturan que van desde las mas costosas canon 1D- C full frame con un precio de venta de 8,000 dólares en la tienda ByH y capaz de capturar imágenes en 4K, con un precio de alquiler que ronda los 2500 pesos la Jornada en empresas como éxodo. Le sigue la canon 5D full frame, muy común en eventos sociales y comerciales de bajo presupuesto, con un precio de venta de 2500

dólares el modelo mark 3 y el modelo R, por salir al mercado en el año 2015 con un sensor de 50 mp tendrá un costo de 4000 dólares, como informa el sitio web del fabricante, el modelo mark tres se puede alquilar en la mayoría de empresas por alrededor de 600 pesos la jornada. O su paralela de Nikon, el modelo D800 full frame de características similares en precio y especificaciones técnicas.

Los modelos DsrI, graban sus imágenes con una alta compresión, lo que limita la cantidad de información para los procesos previos, esto se puede contrastar con un proceso del cual se desarrollará en el siguiente ítem. (Braverman, 2014 )

En el 2001 al estadounidense Nick Woodman le surgió la necesidad de una cámara compacta y versátil, en ese año nació GoPro, compañía que como asegura Ryanmac en un artículo en el sitio online Forbes, fue la compañía de mayor crecimiento de norte américa para el 2013, esto se debe a que con su cámara compacta y versátil revoluciona la cinematografía con los avances tecnológicos de su producto.

La última versión, la Hero 4 es capaz de capturar en resoluciones 4k de hasta 30 cuadros, 2.7k a 60 y en HD hasta 120, dispositivo con un peso de 80 gramos que es capaz de sumergirse bajo el agua, montarla sobre el cuerpo, o colocarla en un espacio mínimo. Grandes producciones de Hollywood como *Rápidos y furiosos 7* usaron este dispositivo para registrar planos en situaciones hostiles. (Gopro, 2015)

A partir de necesidades se crean los productos, los instrumentos de captura avanzan a medida que lo hacen las historias que se cuentan, y de las exigencias que esas requieren. Si se entienden las necesidades de un proyecto específico, y se estudia los dispositivos que ofrecen el mercado y las necesidades para los que fueron diseñados a satisfacer, se puede hacer una elección de dispositivos para el proyecto que hará que el mismo sea más eficiente y eficaz en la creación del producto final.

La tecnología seguirá avanzando, así como en el mercado cada año aparecerán nuevos productos, por lo que es de vital importancia para ser eficiente y eficaz, estudiar lo que el

mercado ofrece en relación a las necesidades que presenta el proyecto. Los listados de los equipos disponibles a la fecha, es posible de verificarlos en el cuerpo c.

#### **4.2 Flexibilizar el flujo de trabajo en digital**

Flujo de trabajo es el proceso por el cual las imágenes sonido y metadata son manejados o procesados mediante mecanismos por los cuales la información de captura llega a la distribución, pasando por la postproducción, corrección de color y procesos de efectos especiales, como lo define el autor David Stump en su libro *Cinematografía Digital*. Es decir son los procesos que van desde la planeación hasta el terminado del producto en la postproducción. En la decisión de un flujo de trabajo se involucran todas las áreas de una producción, colaboran desde el área de fotografía con la de post producción, los productores y como el autor asegura, hasta la empresa de seguros puede influir en la decisión de cual será el flujo de trabajo en una producción determinada.

Al proceso de definir un flujo de trabajo, David Stump lo llama diseño de flujo de trabajo, y se puede representar en un diagrama de flujo de trabajo que contiene información clara de los procesos que deberá tener cada área, así como también información importante para el departamento de cámara, color, efectos especiales y laboratorios. Donde se defina claramente: Espacio de color, formatos de los archivos, codecs y procesos del manejo de imagen, siendo así el diagrama una guía de procesos a seguir dentro del proyecto. (2014)

El flujo de trabajo de una producción puede estar fuertemente definido por la cámara elegida para una toma, con respecto al equipo disponible en el mercado y el presupuesto que se tiene. El director de fotografía, editores, postproductores y el nombrado previamente operador hd o DIT son los que juntos se responden a preguntas sobre cada área, necesarias para definir lo que será el diagrama de flujo de trabajo.

Uno de los puntos más importantes en la planeación del mismo es el respaldo, el autor Stump define que es de gran importancia hacer un respaldo de información lo mas rápido

posible después de una captura, y sugiere que deben existir por lo menos dos copias del material original, nunca la segunda copia debe hacerse desde la primera. (2014)

Otro punto importante a definir es el sistema de grabación de imágenes, a que compresión con el fin de calcular el espacio de información necesaria para el almacenamiento y respaldo de los archivos.

Hay infinitas combinaciones de flujo de trabajo, definidos por combinaciones de cámara, monitores, procesos de postproducción y distribución. Como se dijo previamente cada proyecto es distinto y tiene necesidades distintas, por lo que esas necesidades definirán el equipo a utilizar en la captura y flujos de trabajo.

Después de definir los procesos que tendrá la producción, la captura y los procesos posteriores a la misma, es necesario que se realice una prueba de flujo de trabajo. Lo que dará seguridad sobre los procesos a seguir y los equipos a utilizar.

En las empresas de alquiler locales se puede solicitar una prueba de cámara con el fin de constatar si el equipo elegido será el mejor para cumplir las necesidades de la captura, y si el flujo de trabajo se adapta a las necesidades y presupuestos de la producción.

Para pasar de un proceso a otro existen diferentes mecanismos por los cuales se puede pasar información de montaje a la mesa de color por ejemplo, o a los software de efectos especiales, dependiendo del sistema que se use, se puede exportar un archivo que contiene información sobre los procesos realizados, y que puede ser transferido de un software o hardware a otro.

Como el autor Steve Hullfish (2014) en su libro *Avid Uncut* asegura que, *Avid Log Exchange* o formato de archivos ALE, creados para intercambiar metadata entre los diferentes procesos de la producción, este tipo de archivo es utilizado para introducir o sacar metadata de los programas de edición Avid.

También expresa que los archivos XML son un método para introducir o exportar metadata e información en los sistemas de edición Final Cut Pro de Apple y entre otros programas como el DaVinci Resolve o el mismo avid. Mediante estos archivos se puede

transferir un corte de montaje hacia el programa de corrección de color o hacia el programa de efectos especiales.

Se refiera a los archivos AAF como especialmente diseñados para transferir información de procesos más complejos de secuencias, su nombre viene del inglés *Advanced Authoring Format*, este es un formato profesional de intercambio diseñado para la postproducción de imágenes en movimiento digitales, y usado como principal formato de intercambio por Avid, el más común en la industria norteamericana.

El autor Hullfish (2014) califica a los formatos EDL, como archivos simples de intercambio, usado principalmente para transferir información de corte entre tomas de un software a otro, o de un computador a otro, este archivo es utilizado principalmente en flujos de trabajo simples. (Hullfish, 2014)

Todos los archivos que funcionan como mecanismos de transferencia de datos entre procesos, se basan en la metadata. El término se refiere a la información en respecto al contenido de imagen, donde esta guardada la información sobre las modificaciones que sufrió la imagen en los procesos, así como también la metadata mantiene la premisa de automatizar los procesos que solían ser manuales en la creación audiovisual. Facilitando el traspaso de información entre áreas de una producción.

El uso de estos archivos que funcionan como puentes entre un proceso y otro es parte del diseño de flujo de trabajo, y deben ser elegidos dependiendo de las características de la postproducción. Si es un proceso simple puede ser que con un archivo EDL sea suficiente, mientras que si se tiene más procesos pueden requerir archivos AAF para el traspaso de información de un proceso a otro.

#### **4.2.1 Trascodificar y sus herramientas**

Se denomina así al proceso de conversión del código que conforma la imagen a otro código, diferentes sistemas y codecs. El proceso existe para convertir archivos en el formato en el que se definió el flujo de trabajo, este proceso también ayuda en procesos de color: por ejemplo cuando se trabaja con archivos de cámaras DSRLs, que comprimen

la imagen a un códec H.264, ideal para reproducción mas no para modificación, o cuando se tiene archivos de distintas cámara en un proyecto. Se puede hacer uso de un software de transcodificación, entre los más populares en la industria: Compresor de Apple, con un precio de cincuenta dólares como menciona la compañía en el sitio de ventas online, especialmente diseñado para su uso en el flujo de trabajo con Final Cut. Entre los servicios que ofrece esta aplicación están las pre configuraciones más comunes, de fácil acceso y uso, soporta secuencia de imágenes en DPX o cineon, ofrece también codificación a estándares de la industria, tiene opciones de modificación de cadencia, así como también opciones de audio. (Apple, s.f.)

MPEG stream clip, es una poderosa aplicación gratuita para windows o mac, reconoce la mayoría de formatos y es capaz de codificar archivos en los principales codecs de uso profesional, también sirve para cortar clips, ampliar o reducir la resolución de una imagen. (Squared5, s.f.)

Handbrake también gratuito para *Windows, Linux y Mac*, es una herramienta para convertir video de casi cualquier formato, a casi todos los codecs que se usan en la industria, aplicaciones y formatos. (Handbrake, s.f.)

Prelude, de la compañía Adobe, software capaz de codificar, editar, etiquetar y cortar video rápidamente, en la página web Adobe del producto mencionado, lo describe como “una herramienta de registro y transferencia de video, diseñada para introducir metadatos y organizar medios de manera intuitiva y eficaz” (Adobe, s.f.). Software diseñado para trabajar en conjunto con la herramienta de edición de la misma compañía *Adobe Premiere Pro*, la versión *Prelude CC 2014* ofrece: transiciones de montaje iniciales, métodos abreviados de teclado para etiquetado, interfaz de usuario redefinida con compatibilidad HiDPI, es compatible con varias pistas de audio y un modo de reproducción de cine. (Adobe, s.f.)

### 4.3 Crear un *look*

La creación de un *look* se refiere al uso de aplicaciones de corrección de color, que pueden ser usadas en el set como en los procesos posteriores a la captura con el fin de establecer la apariencia de color que tendrá en film, que servirá como recurso para contar la historia. (Stump, 2014)

Con la evolución de los formatos, la creación de looks en digital avanza debido a las posibilidades que brindan los formatos descomprimidos o de baja compresión, que actualmente son muy comunes entre los fabricantes. Nuevos modelos de cámara exceden los estándares de la imagen HD: 1920 x1080 rec 709, los archivos raw no tienen un perfil definido, por lo que es más flexible al momento de crear un look en procesos de color digital, ya que como se explicó previamente los archivos sin compresión están formados por información de reflexión de luz que el sensor captura pixel por pixel, lo que permite la manipulación de esa información sin afectar la calidad.

Uno de los principales factores en la creación de un *look* en una producción es definir el espacio de color, el mismo en el que se basará el flujo de trabajo en todos los procesos de modificación de la imagen original.

El autor Paul Wheeler en su libro de *Cinematografía Digital* nombra una serie de preguntas que ayudaran a la creación de un *look*, pensando en lo que se quiere contar, la imagen debe ser: definida o suave de detalle, frío o caliente, colores saturados o desaturados, tonos de piel detallados o no detallados, se busca una textura fílmica o digital. (Wheeler, 2001)

La búsqueda de referencias visuales es de gran ayuda para determinar uno específico de una imagen, analizando las referencias se puede definir las respuestas a las preguntas planteadas por Wheeler (2001) con el fin de definir qué valores de los que componen la imagen deben cambiar.



LUT es una tabla de correspondencias para transformar los valores de entrada de un sistema de color a otro, es decir por una entrada x de color, el LUT la transforma en una salida Y de color específicas.

Estos LUT sirven para entregar un look a una imagen capturada en un espacio de color específico, y puede ser usado tanto para instalar un look en la visualización, como para llevar valores de corrección de color echas en set a los procesos de colorización en postproducción.

Como asegura Stump (2014), todas las aplicaciones que utilizan LUTs emplean un motor de transformación ya sea en software como hardware que procesa digitalmente la información de los códigos de valor de cada pixel. Los mismos que entran en ese motor de transformación y representan colores en un espacio de color definido, en el proceso de transformación el LUT entrega a cada valor de entrada un nuevo valor de salida con el objetivo de ser reproducido con el color deseado en el monitor objetivo.

El uso de LUT en los set de filmación es muy común cuando se trabaja con imágenes raw o perfiles de color log, con el fin de tener una idea mas cercana se lo que será la imagen final, ya sea para el uso interno de la producción como para que el cliente tenga una idea mas especifica de cómo lucirá el producto final.

#### **4.3.1 Aplicaciones de corrección de color digital y el colorista**

El encargado de otorgar la corrección de color a las imágenes es el colorista, rol nombrado previamente, que apareció junto con el digital en la industria audiovisual. Los procesos a usar, software o hardware necesario son elegidos por este rol, y mediante la colaboración con el director de fotografía y el departamento de efectos especiales se plantea el flujo de trabajo que seguirá la producción.

Como expresa Yoni Klein director de fotografía y *Master en American Film Institute*, en una entrevista realizada para el presente Proyecto de Grado, la misma se encuentra adjunta en el Cuerpo C. El colorista define el look de la historia, el director tiene en la cabeza ideas sobre como se quiere que la historia sea vista, el colorista es el encargado

de llevar eso a cabo en conjunto con el director de fotografía, el colorista es un rol al que se le puede hablar en términos de historia, y ellos llevaran el look a la mesa. Este rol puede abrir la mente del director de fotografía en términos de definir el aspecto final de la imagen, agrega también que son una opinión diferente que se dedica solo al manejo del color es alguien en quien se debe confiar. (2015)

Dependiendo de la complejidad de los procesos necesarios para otorgar un *look* específico a la imagen, se hace el uso de aplicaciones de *software* o *hardware* específicos, existe una amplia variedad de estos enfocados en la corrección de color digital, desde *plugins* para programas de edición, pasando por *software* gratuitos y costosos *hardware* pueden ser utilizado para otorgar un *look* a una imagen en movimiento digital.

Dependiendo las necesidades de corrección de color que requieren las imágenes y los factores que la conforman se puede elegir entre una o varias herramientas de corrección de color para el proceso. Ya que el proceso en la imagen digital es de modificación sobre la información que conforma la imagen, mientras mas información tenga el archivo al momento del proceso, mas lejos se puede llegar en la corrección y la calidad se puede mantener.

Si se trabaja con archivos de distintos formatos o de altas compresiones, es importante hacer uso de algún proceso de transcodificado con el objetivo de no perder calidad en el proceso de corrección, si se trabaja con archivos *Raw*, dependiendo el formato del archivo des comprimido el proceso será distinto.

*Adobe Speed grade*, software de la compañía adobe. Como la página web oficial del producto informa, es una aplicación de graduación de color basada en capas y herramientas de diseño, aplicación que es diseñada para su uso en conjunto con *Premiere Pro* que es el programa de edición de la misma compañía, integrando el flujo de trabajo entre ambas aplicaciones. Como la compañía asegura, este producto está enfocado en directores, cineastas, coloristas y artistas de efectos especiales. (s.f.)

Disponible para descarga de prueba gratuita en el sitio web de Adobe, y con un precio de licencia que ronda los mil dólares como especifica el producto al terminar el periodo de prueba. La aplicación también es usada para la creación de looks que pueden ser exportados en LUTs para la implementación de la corrección en el monitoreo en set como para transferir correcciones echas en el misma hacia los procesos posteriores. (Adobe, s.f.)

*Color de Apple*, diseñada para trabajar en conjunto con *Final Cut*, se comercializó en conjunto con el software de edición, pero salió del mercado con la llegada del *Final cut X* y *Motion 5*. Ahora ambas aplicaciones de la compañía son usadas para corrección de color, con una serie de herramientas de corrección básicas que son de gran utilidad en producciones que no requieren una corrección compleja.

*Nucoda* de la compañía *Digital Vision*, es un sistema de corrección de color de alta calidad, soporta *EDL* o lista de cortes para la reconexión de archivos, también resoluciones 4k, este producto es también reconoce archivos Raw como r3d de red, arriraw, entro otros formatos estándares en la industria.

*AssimilateScratch* es una aplicación completa de corrección de color profesional, que permite procesos de color posteriores a la captura tanto como correcciones en set, lo que la compañía denomina *Live View*, permite la conexión directa de la cámara al software haciendo posible la corrección. Esta aplicación también soporta imágenes en formato vr360, un formato nuevo que registra imágenes en 360 grados, además de la mayoría de formatos disponibles en el mercado. El costo de la licencia permanente tiene un precio de 3000 dólares, pero la compañía ofrece también licencias mensuales por 60 dólares y anuales por 650 dólares como lo asegura el sitio web del producto. (Assimilate, s.f.)

*Davinci Resolve*, una de las aplicaciones de corrección de color mas usadas en la industria cinematográfica, la última versión *Resolve 12*, integra un editor no lineal, con un potente sistema de corrección de color, la compañía Black Magic en su página web se refieren a la aplicación como la herramienta mas poderosa de corrección de color en la

industria de Hollywood. (s.f.). La que diferencia a esta aplicación de otras es que se puede editar, corregir color, terminar y distribuir desde un solo sistema, es decir se puede diseñar un flujo de trabajo completo bajo el mismo sistema.

Las aplicaciones de corrección de color DaVinci están en el mercado desde 1984, por lo que innumerables films fueron coloreados por este sistema. Uno de los puntos importantes de la aplicación es que basa sus procesos en GPU de 32 bits, y funciona con un espacio de color YRGB, el trabajar con este espacio de color permite ajustar la ganancia de luminancia sin necesidad de re balancear el color de los blancos, negros y medios, además soporta imágenes en tercera dimensión, casi todos los formatos existentes, incluidos archivos *dng*, *r3d*, *arriraw*. La compañía comercializa tres versiones de este sistema de color: La primera *DaVinci Resolve*, hardware y software con consolas de color profesionales, por 29.995 dólares. La segunda versión *DaVinci Resolve* software en 999 dólares, y la tercera versión *DaVinci Resolve Lite* es gratuita. (BlacMagic, sf)

Dento de la gama más alta en aplicaciones de corrección de color, por su precio y exclusividad se encuentra el producto Baseligth de la compañía Film lighth. En Argentina sólo la empresa Cine Color ofrece los servicios de corrección por Baseligth, y en la región ofrecen el servicio empresas como: Bolivar films en Venezuela, Amerisis en Ecuador, Magma en Perú, Chile films en Chile, y en Brasil: Portomidia, Quanta post, lobo cine y TC Globo como la empresa Film Lighth informa en su pagina web. (s,f)

Entre los principales beneficios que entrega el producto como asegura la información brindada por la página web oficial de la compañía, esta el soporte en tiempo real que se tiene con técnicos especialistas conectados a todos los sistemas Baseligth desde su base en Inglaterra. La empresa comercializa su producto en varias versiones, pero la consola profesional, muy exclusiva por su precio de alrededor de 250.000 dólares, más un costo mensual por el servicio en tiempo real, el sistema completo usado en producciones de alto presupuesto en la región, solo las empresas nombradas previamente ofrecen el servicio con hardware y software, además de especialistas entrenados en el uso del

sistema. Pero la compañía comercializa también software por un precio de 995 dólares para su uso en ordenadores. (Film Light, s.f.)

Con la evolución de los software de post producción, en la actualidad todos tienen integrados sistemas de corrección de color básicos, que pueden ser usados cuando un look específico y elaborado no es necesario, también existen plugins como MagicBullet colorista, looks o Mojo. De menores costos y compatibles con los principales software de edición, son una solución de bajo presupuesto en la escala de aplicaciones de corrección de color. (Red Giant, s.f.)

Si la producción narrativamente requiere un proceso de color exhaustivo y complejo se puede hacer uso de sistemas de color profesionales como los nombrados previamente, el flujo de trabajo de una producción incluye a los procesos de corrección de color, por lo que los mismos deben ser cuidadosamente planeados desde la elección del equipo de captura hasta el terminado del producto, tomando en cuenta los factores económicos y necesidades del producto, el tiempo que toma cada proceso es distinto, por lo que es un factor a tomar en cuenta cuando se elige un proceso de color.

#### **4.3.2 Procesos de corrección de color**

La corrección de color primaria, como la denomina Stump (2014) en su libro de *Cinematografía Digital*, es la corrección que afecta a todo el cuadro, y es el primer paso en la creación de un look, estas correcciones afectan a toda la imagen y por lo general son básicamente ajustes en la exposición, el balance de los rojos, azules y verdes, y se llega a esas modificaciones manipulando en la aplicación de color los valores de elevación, Gama, *Ganancia*, tonalidad y Saturación así como sombras y altas luces. La corrección de color secundaria se refiere al uso de curvas, *Power Windows*, *Keys* y *Mattes*. Estas herramientas tienen el objetivo de modificar únicamente sectores del cuadro que necesiten una corrección específica, sin modificar el resto de cuadro. (Stump, 2014)

Los valores de elevación, Gama, *Ganancia* o en ingles *LiftGamma* y *Gain*, son herramientas que controlan las altas luces, los tonos medios, y las sombras de una imagen, en las aplicaciones de corrección de color se los puede encontrar por sus nombres en ingles, y pueden ser usados tanto para afectar la imagen completa, como solo por color rojos, azules o verdes.

Lift u Offset, son herramientas que controlas específicamente los niveles de sombra y negros de una imagen. Gain por su lado controla los niveles altos, las altas luces. Hue controla las tonalidades de color, ajusta las tonalidades de color disponible de una imagen. Saturación ajusta la crominancia de la imagen o la intensidad de los colores.

Dentro de las herramientas de lo que el autor Stump (2014) denomina corrección de color secundaria están los *Power Windows*, estos sirven para aislar un área específica de una imagen, pueden tener cualquier forma y modifican solo el área seleccionada, también para hacer seguimientos de elementos que se mueven dentro de la imagen con el fin de modificar solo ese elemento. Máscaras, *Mattes* y *Keys*. Se usan para definir un área específica de la imagen donde se quiere realizar una corrección, pueden ser aplicados en áreas específicas con la precisión de un pixel o sub pixel.

Las herramientas a las que el autor Stump (2014) se refiere como *Dynamics* están disponibles en algunas aplicaciones y cumplen el objetivo de cambiar la iluminación en una imagen, así como animar cambios de luz y de temperatura en un sector específico de cuadro.

Como expresa Yoni Klein director de fotografía y *Master en American Film Institute*, en una entrevista realizada para el presente Proyecto de Grado, la misma que se encuentra adjunta en el cuerpo C. Explica que la colaboración entre el Director de Fotografía y el colorista es muy importante ya que el rol de colorista termina la imagen que el Director de fotografía empezó, por ende para obtener los resultados buscados del look final que tendrá la imagen, es importante la planeación en conjunto de ambos roles. También agrega que el director de fotografía debe comunicarse desde el comienzo del proceso

con el colorista para asegurarse que el material registrado es el necesario para conseguir el look buscado en los procesos de color, así como también que el flujo de trabajo funcione eficazmente para ambos roles.

## **Capítulo 5: Ejecución del documental, su viabilidad estructura y estética**

El presente Proyecto de Grado es la creación de un documental sobre la evolución del cine digital, nuevos formatos y como elegir entre ellos en una producción futura. Los pasados cuatro capítulos repasan la evolución tecnológica que sufrió la nueva forma de captura, recopilan información sobre el estado actual de la misma y analiza los diferentes elementos que conforman la imagen digital, desde la captura hasta la distribución, con el objetivo de diferenciar para que necesidades se adapta cada uno de ellos.

El documental se basa en las experiencias de los entrevistados con el formato digital. Directores, Productores, Directores de fotografía, y técnicos de post producción hablaran sobre los formatos, dispositivos de captura y flujos de trabajo. Complementado con información técnica y pruebas sobre los principales formatos se expondrá a que necesidades se adapta cada uno de ellos.

El documental pertenece a la modalidad interactiva, el autor José Antonio Pérez Bowie señala, que esta modalidad aparece en la década de los 50, y también asegura que la misma permite incorporar la voz del realizador. Además hace hincapié en las imágenes de testimonio o intercambio verbal así como también en las imágenes de demostración. La autoridad textual de la modalidad interactiva se desplaza hacia los actores sociales filmados, que como el autor señala en sus comentarios y respuestas, constituyen una parte importante de la argumentación del film. Agrega que en la modalidad interactiva el espectador entra a una relación directa con el entrevistado. (Bowie, 2008)

En esta modalidad el espectador es testigo de los testimonios brindados que ubican al mismo en un espacio histórico determinado, lo que genera la participación del mismo, en el caso del presente documental, el espectador es quien toma las decisiones con la información brindada, las pruebas realizadas y los testimonios de los entrevistados.

Como expresa Arnau Gifreu Castells (2013) en su libro *El documental interactivo*, la interactividad es un elemento distintivo de los nuevos medios de comunicación, su definición se centra en el espectador y su relación con el contenido del documental, el



autor pone al espectador como un supuesto co – productor del proyecto con un papel limitado, ya que asegura que el espectador funciona como un co - editor al otorgarle la capacidad de reconstruir el orden u la yuxtaposición de los elementos multimedia. (Castells, 2013). En el caso del presente Proyecto cada una de las cuatro partes que lo componen actúan como un todo independientemente, cada una de las partes se centrara en una área de la captura digital, permitiendo al espectador hacer uso de cada una de las partes independientemente en caso que se requiera. Así como el usuario puede hacer uso independiente de las pruebas entre formatos que incluye el presente proyecto si así se lo requiere, en la elección de alguno de los formatos ejemplificados en el documental.

### **5.1 Viabilidad del proyecto**

El proyecto surge de la necesidad de los cineastas de la región por acceder a información sobre la evolución que esta teniendo el digital con el paso del tiempo, si bien es verdad que existen textos y audiovisuales en castellano que centran su información en temas específicos de la captura digital, no existe un documental que sintetice los procesos desde la planeación a la distribución del cine digital en idioma castellano.

Es importante analizar el público objetivo al que está dirigido el documental, como el autor Pablo de Teso (2011), plantea en su libro *Desarrollo de proyectos audiovisuales*, un material audiovisual debe estar dirigido a un público primario y un secundario. El público primario el autor lo plantea como al *público natural* para el tipo de film, el mismo que normalmente suele ver films de características similares al proyecto. En el caso del presente documental, es todo aquel individuo involucrado en cualquier área de la producción audiovisual, especialmente jóvenes estudiantes de escuelas de cine o realizadores audiovisuales de habla hispana, consumidores de tutoriales web sobre tecnologías de filmación, flujos de trabajo, software y hardware. El público secundario el autor Del Teso (2011) lo define como el espectador que no suele ver films del género pero que puede interesarse por elementos particulares y diferentes del proyecto, en el caso del presente es aquel público aficionado a la tecnología, fotografía o realización

audiovisual que pueda interesarse por entender los procesos de filmación de una película, desde la planeación a la distribución. (2011)

El documental plantea un matriz FODA en cuanto a la viabilidad del mismo: Las fortalezas del proyecto están dadas por la experimentación con los diferentes formatos digitales que brindan pruebas visibles de las necesidades que cubre cada formato, dispositivo de captura, y flujos de trabajo. Apoyando las pruebas en testimonios reales de profesionales que han experimentado con los mismos. Las oportunidades que brinda el documental se enmarcan en ser uno de los pioneros en español que brinda información sobre las tecnologías que ofrece el mercado, siendo el documental de distribución gratuita para todo aquel interesado en el tema. Las debilidades que presenta el proyecto vienen en torno a la financiación, ya que esta pensado para ser distribuido libre y gratuitamente, las principales fuentes de financiamiento vienen de una campaña de *crowdfunding*, la misma que será con el objetivo de registrar en imágenes las entrevistas conseguidas vía internet, con los profesionales de la industria norteamericana que apoyan el proyecto. Mediante canjes con empresas de alquiler de equipos se financian las pruebas. Además del apoyo que se recibirá de profesionales de la industria interesados en incentivar a la nueva generación de cineastas digitales con información clara y gratuita. Se realizaran entrevistas que presenten los diferentes puntos de vista de cada tema.

Las amenazas en torno al documental vienen del lado de la rápida evolución tecnológica, que vuelve las tecnologías obsoletas con el tiempo, esto busca ser contrarrestado con el enfoque del film hacia reconocer las necesidades de los proyectos, que pueden ser adaptados a las nuevas tecnologías que brindara el mercado en un futuro.

Existen antecedentes al presente proyecto de documental en la industria norteamericana, *Side by Side* de Christopher Kennaely que se basa en la evolución de la nueva tecnología de captura en respecto al analógico. Este proyecto difiere en que se basa únicamente en el formato digital, su evolución, y está enfocado al espectador de habla

hispana, el mismo que en ocasiones no tiene acceso a toda la información sobre el formato digital en su idioma, el castellano.

Como el presente documental busca contrastar las posibilidades que trajo el nuevo formato a las grandes industrias, en comparación a las industrias emergentes en vías de desarrollo, como es el caso de muchos países de la región, algunas de las entrevistas que plantea el proyecto están realizadas en otro idioma, las mismas que estarán dobladas al castellano.

## **5.2 Estructura del documental**

El documental esta estructurado en cuatro partes, las mismas que corresponden a los capítulos del presente Trabajo. Cada una de las partes mencionadas funcionará como un punto de giro en la estructura documental, dividiendo los diferentes factores que conforman la captura y flujo de trabajo del cine digital, cada parte esta compuesta por escenas.

La primera parte, se comienza por exponer los principios de captura en analógico, proceso previo a la captura digital, con el objetivo de brindar información al espectador acerca de los comienzos de la captura analógica. Se expone la invención del primer sensor digital por la compañía Bell, las posibilidades que trae y la evolución que desarrollo en los dispositivos de captura. Se analizarán también los primeros films en darle un uso cinematográfico a la nueva tecnología de captura, usándola como recurso narrativo para contar una historia. Posteriormente se analizan los cambios que genero en la industria mediante entrevistas a profesionales que vivieron el cambio tecnológico, se analizarán los nuevos roles que aparecen en el set de filmación con la llegada del digital y el paradigma social que se dio a partir de la nueva captura de captura.

Se continua en la segunda parte del documental con los factores que definen la calidad de imagen, resolución, rango dinámico, profundidad de bits, espacio de color, mediante pruebas entre los diferentes factores, y apoyado de entrevistas a especialistas se expondrán cada uno de los factores, con el objetivo de brindar al espectador el

conocimiento sobre el significado y funcionamiento de los nombrados previamente en situaciones reales. También se expondrán los diferentes tipos de sensores digitales, se realizaran pruebas entre los principales sensores disponibles en el mercado a la fecha de la realización del Presente. Más adelante se expone el funcionamiento de las cámaras digitales, los procesos internos desde la captura a la grabación. Se analiza el rango dinámico, mediante la experimentación entre imágenes con diferente rango, se expone las características que entrega este factor de calidad a una imagen, mediante entrevistas a profesionales se analiza la importancia del factor en el registro digital. Se analizan los diferentes espacios de color estándar en la industria audiovisual, sus ventajas y desventajas, mediante las experiencias de los entrevistados y las pruebas entre los diferentes espacios, se expone al espectador las variantes y limitaciones que presentan los espacios de color. También se analizara la resolución, y su evolución a lo largo de la historia de la captura digital, mediante las entrevistas a diferentes especialistas, se exponen las ventajas y desventajas de los mismos. Así como también se expone hacia dónde va la industria en cuanto al factor de la resolución, los entrevistados basándose en su experiencia profesional mencionan las razones por las que ellos eligen una resolución mayor, identificando previamente las necesidades de reproducción que tendrá el producto. Para concluir la segunda parte, así como también se exponen cómo aparecen los nuevos roles de trabajo en la producción digital, la importancia del DIT o operador HD y el colorista en una producción.

La tercera parte brinda los conocimientos básicos sobre el funcionamiento de la tecnología digital abre paso a la exposición de los principales formatos disponibles en el mercado, centrando el análisis y las pruebas en dos grandes ramas de la captura digital, formatos comprimidos, y descomprimidos de registro, las pruebas expondrán las ventajas y desventajas de cada uno de los dispositivos, y mediante las experiencias de los entrevistados con los formatos se busca exponer ventajas y desventajas de cada uno de ellos desde diferentes puntos de vista, con el objetivo que el espectador adapte esas

experiencias e información a un proyecto futuro. Las conclusiones sobre las pruebas, se analizan con respecto a las ventajas y complicaciones que traen tanto los archivos comprimidos como descomprimidos a una producción. La tercera parte del documental también expone los estándares de la industria en cuanto a color, resolución y formatos en la de distribución de audiovisuales, el *DCP Digital Cinema Pack* y la distribución satelital en salas.

La cuarta y última parte se centra en obtener eficacia y eficiencia en la elección de dispositivos de captura, flujos de trabajo, y formatos. Basándose en entender las necesidades que presenta un proyecto y relacionando estas necesidades con lo que la industria ofrece, buscando así el conjunto de procesos ideal para satisfacer las necesidades que presenta un proyecto. Se analiza la elección de un formato, mediante teoría y testimonios de los entrevistados, en cuanto a como flexibilizar el flujo de trabajo en digital, se contrastan las experiencias con la teoría se exponen los posibles problemas que pueden generar los diferentes formatos, con el objetivo de que el espectador los tenga en cuenta al momento de elegir entre uno de estos. Más adelante se expone la creación de un look, la colaboración entre el director de fotografía y el colorista a favor de obtener los resultados buscados. Se exponen procesos como la transcodificación y las herramientas para su proceso, luego se hace un repaso por los procesos de color, las herramientas software y hardware disponibles en el mercado. Para culminar el presente documental, se brindan conclusiones por parte del autor analizando los factores teóricos investigados, así como los testimonios brindados por los profesionales de la industria entrevistados.

Las experiencias profesionales de los entrevistados provenientes de diferentes puntos de vista e industrias entregarán información real sobre producciones, ya que hay que tomar en cuenta que muchas de las características de los productos disponibles en el mercado audiovisual son publicitados por compañías que buscan ser líderes en ventas y sus características muchas veces se alejan de las necesidades reales del realizador. Por lo

que analizando a lo largo del documental experiencias reales provenientes de diferentes puntos de vista, el espectador recibirá información que podrá adaptar a las necesidades que presente su próximo proyecto audiovisual.

### **5.3 Estética del documental**

“El documental es un género que combina elementos icónicos, visuales y sonoros, extraídos de la realidad, tal y como se presenta”. (Chaparro, 2006. p. 252). El presente Proyecto, al tratarse de un documental sobre diferentes formatos, será esa una característica distintiva del mismo, las entrevistas serán registradas de cierta manera uniforme a lo largo del film, pero su estructura se basa en pruebas, en las que se experimenta con formatos distintos y la reacción de los mismos en los procesos posteriores a la captura.

Como el autor Adolfo Chaparro menciona en su libro *Límites de la representación estética* (2006). El documental se ocupa de temas cotidianos que son cada vez más importantes en el ámbito cultural, también el autor asegura que por esa misma razón surge el género documental como una forma de mostrar la realidad como esta surge, el autor agrega que como el cine de entretenimiento mantuvo su esquema representativo de drama o ficción, el documental experimento con el material visual y sonoro. (Chaparro, 2006)

En lo visual la estética que propone el Proyecto es una mezcla entre formatos, con el fin de hacer participe al espectador de las diferencias que tiene cada uno de los formatos, haciendo posible que diferencie los factores de calidad propios de cada uno de los mismos.

El documental final será terminado en un master 2K, lo que permitirá la proyección en DCP cuando se requiera, el mismo también será distribuido por internet en resolución 1920 x 1080, siendo estos espacios de resolución máxima en las que se centraran las entrevistas, las pruebas en resoluciones menores serán respetadas como es el caso de los materiales de archivo de las primeras cámaras digitales con resoluciones menores que serán mostradas en su resolución normal, permitiendo al espectador por un lado

identificar este aspecto. Las pruebas en resoluciones mayores serán mostradas en su resolución de captura con respecto a la resolución de reproducción del documental. Esto con el objetivo de diferenciar ese factor. Lo mismo se realiza con respecto a los espacios de color distintos en comparación al elegido por el presente documental Rec 709 por ser un estándar actual.

Entonces la estética visual del documental estará guiada por los cambios de resoluciones, relaciones de aspecto, rangos dinámicos, y espacios color. Las entrevistas son registradas en la máxima resolución que pretende el proyecto tener como proyección DCP en festivales 2k, las mismas son registradas con una cámara Black Magic Cinema Camera.

En lo sonoro el primer plano de sonido del presente proyecto se centra en la voz en off que brindara la información, historia, teórica, y practica sobre las pruebas, en las ultimas se acompaña con música instrumental en bajo nivel que acompañan la voz del relator. En el caso de las entrevistas, la importancia se centra en la información que presenta el entrevistado como único plano sonoro.

Otro punto particular que define el estilo del documental, es que las entrevistas se dan a modo de conversación, con el objetivo que el entrevistado entre en confianza con el realizador para contar sus experiencias, a la vez que los profesionales entrevistados brindan información teórica y técnica sobre su rama, también relatan experiencias obtenidas del mundo laboral en el que se encuentran, con respecto a formatos, dispositivos de captura y factores de calidad de imagen.

#### **5.4 Pruebas entre formatos**

El presente PG se basa en información teórica sobre el comportamiento de la captura digital, con pruebas sobre los principales dispositivos de captura se compara la imagen y el flujo de trabajo de los mismos, se obtiene material visual que apoya la teoría, el mismo que forma parte del documental *La evolución del cine digital* creada a lo largo del presente Proyecto de Grado.

Para el proceso de experimentación se utilizo varias cámaras y flujos de trabajo, los dispositivos mas comunes usados en la industria audiovisual local forman parte de la presente experimentación, desde la *Red Epic* hasta la *Canon 5 D mark iii* son comparadas bajo las mismas condiciones con el fin de comprobar lo que la teoría plantea en cuanto a resolución, cuadros por segundo, compresión y profundidad de bits.

Los equipos utilizados fueron facilitados por la productora y casa de alquiler *Huella Films*, la misma que apoya el presente Proyecto de Grado con los recursos técnicos necesarios para llevar a cabo la experimentación, como resultado a la misma se puede apreciar el material visual adjunto al Cuerpo C, a continuación se hace un repaso sobre las principales pruebas resultantes de cada factor que define la imagen digital.

#### **5.4.1 Resolución**

La primera prueba realizada en cuanto al factor de resolución esta enfocada en un flujo de trabajo HD, como se explico previamente en el capitulo dos a mayor resolución mayor detalle, por lo que para la prueba se compararon dos imágenes registradas en la cámara *Red Epic Mysterium X*, con el objetivo de verificar las diferencias de nitidez en cada imagen.

El flujo de trabajo propuesto esta realizado en tres pasos. El primero, del archivo madre en raw, con resolución 5k (5120 x 2160), se crearan archivos comprimidos en *Apple Prores 444*, siendo el primero de ellos el que mantiene la resolución 5k, mientras el segundo es escalado a resolución HD, ambos creados en *DaVinci Resolve* y en compresión *Apple ProRes 444*.

En un segundo paso se ubican en una línea de tiempo 1920 x 1080 en el software *Final Cut X* los dos archivos, el uno que mantiene su resolución 5k y el otro escalado a la resolución del proyecto, como resultado de la comparación de ambas imágenes en cuadro completo, se hace casi imperceptible la diferencia de detalle que puede existir entre ambos archivos, esto se debe a la percepción humana del detalle por un lado , y



por otro, para distinguir una diferencia clara es necesario mirar mas de cerca la imagen para poder apreciar una diferencia clara. (Ver figura 8)

El tercer paso entonces es acercarse a la imagen, con el objetivo de comprobar alguna posible diferencia en el detalle de ambos archivos, la imagen de unas hojas en contra luz de un atardecer se amplía hasta llegar al detalle de una hoja. Si se comparan ambas imágenes ampliadas, la primera de ellas en resolución 5K tiene más detalle y definición si se la mira tan de cerca, que la segunda en resolución 5k. Pero es claro también que si no se amplía la imagen, la percepción de resolución de una imagen en 5k y una en HD, no es considerable. (Prueba uno, Cuerpo C)

La segunda prueba realizada en cuanto a resolución es planteada para comprender la diferencia de resolución que existen entre las diferentes resoluciones estándar de imagen digital en la industria 5k, 4k, 2k, 1920, 1280 y 640. En la imagen se ven tres personajes, el primer paso es observar en cuadro completo las seis imágenes escaladas al tamaño del proyecto 1920 x 1080, un segundo paso es ampliar la imagen hacia el ojo de uno de los personajes con el objetivo de distinguir entre píxeles y comparar las 6 resoluciones. (Prueba dos, Cuerpo c)

Como resultado al primer paso de la prueba, se observa en la comparación que el cambio de detalle es poco perceptible entre las resoluciones 5k, 4k, 2k, y 1920, a partir de la resolución 1280 se hace más evidente la pérdida de detalle, esto se debe en gran parte a la resolución de la línea de tiempo donde se realizan las pruebas 1920 x 1080, pero también a las limitaciones de la percepción de detalle del ojo humano. (Ver figura 9)

En el segundo paso se observa la comparación de las imágenes recortadas y ampliadas al ojo de uno de los personajes, donde se vuelve evidente la pérdida de calidad y definición entre cada resolución. Empezando por la más detallada, 5k donde apenas se distinguen los píxeles, en la imagen 4k el píxel cada vez se vuelve más grande y visible, en la resolución 2k los píxeles se distinguen con facilidad, aun se puede entender que la imagen es un ojo. Entre la imagen 2k y 1920 hay poca diferencia, pero cuando se las

compara con la imagen en resolución 1280, el pixel es mas grande y se hace difícil distinguir de que se trata la imagen, finalmente cuando se comparan las imágenes previas con la de menor resolución, en 640 es imposible distinguir de que se trata, los pixeles son de gran tamaño y no se tiene detalle para diferenciar entre ellos. (Ver figura 9)

#### **5.4.2 Cuadros Por Segundo**

Dependiendo del sistema de reproducción de un proyecto la cantidad de cuadros por segundo varia desde los 23.97 hasta los 30, pero si el proyecto requiere tomas en cámara lenta, el registro deberá ser superior a la cantidad de cuadros por segundo que tendrá el producto final.

Para comprender la diferencia de velocidad, se realizo una serie de pruebas en registro de alta velocidad. La primera prueba es la captura de un encendedor siendo prendido a 300, 200, 150, 120, 60 y 25 cuadros por segundo, con el fin de verificar y comparar la ralentización de la acción al conformar las tomas a 25 fps.

El primer clip a 300 cuadros muestra la acción 12 veces mas lenta, es decir la cámara capturo 300 cuadros en un segundo, la acción duro en tiempo real medio segundo, por lo que el clip consta de 150 cuadros, que reproducidos a 25 cuadros por segundo el mismo dura 6 segundos.

En el clip conformado se observa la acción ralentizada, donde es posible observar en detalle el proceso de encendido del encendedor 12 veces mas lento de lo que en tiempo real ocurrió. La misma regla se aplica el resto de las pruebas, el clip a 200 cuadros se ralentiza 8 veces mas, a 150 serán 6 veces, a 120 será 4.8, a 60 es 2.4 y final mente a 25 es la velocidad a la que realmente ocurrió la acción. Si se comparan unos con otros se puede apreciar la diferencia entre cada velocidad de captura, como se puede apreciar en la prueba **uno** que se encuentra adjunta en el cuerpo C, donde se hace evidente. (Ver prueba **uno**, Cuerpo C)

En una segunda prueba con respecto a la captura a alta velocidad, al igual que la prueba anterior se reproducirá un clip registrado a 300 cuadros, una acción en la cual el personaje sale rápidamente de una pileta, la acción ralentizada se la compara con distintas cadencias, 200, 150, 120, 50 y 25. En el primer clip se observa como el agua se queda pegada a la cara del personaje a medida que sale del agua, si se la compara con el resto de clips el efecto físico de la tensión superficial del agua se hace menos evidente a medida que la cantidad de cuadros del archivo conformado disminuye, lo que se puede apreciar en la prueba que se adjunta al cuerpo C. (Ver prueba **dos**, Cuerpo C)

En una tercera prueba se ve una taza de café siendo derramada, esta fue registrada a 120 cuadros por segundo y conformada a 30 cuadros en la línea de tiempo, bajo la misma regla aplicada a las pruebas anteriores se puede apreciar la realentización de la acción comparando la diferencia entre la misma a 120, 80,60 y 30 fps. (Ver prueba **tres**, Cuerpo C)

Una de los factores a tomar en cuenta que se evidencio en las pruebas realizadas, es que a mayor cantidad de cuadros en la captura la obturación del dispositivo debe ser mayor, idealmente debe ser el doble de la cantidad de cuadros de registro, por ejemplo si el registro es a 120 cuadros, idealmente el obturador debe estar a 1/240 o su equivalente en Angulo de obturación, con el objetivo de evita el efecto conocido como *motion blur*.

Otro factor que se hace evidente en la captura a alta velocidad es el la intermitencia del espectro de luz, por lo que para el registro en alta velocidad es necesario tomar en cuenta el numero de hertz de la fuente de poder a la que la luz estará conectada, o bien un *anti flicker* para eliminar las intermitencias de luz.

### **5.4.3 Compresión**

Dentro de lo que enmarca la compresión se realizaron pruebas sobre imágenes raw, archivos de baja compresión y de alta, con el objetivo de comparar y entender las ventajas y desventajas de cada compresión. La primera de las pruebas muestra el proceso de transcodificación para procesos de corrección de color, la misma toma

registrada con una cámara *5D mark iii* en h264 es codificada a un archivo ProRes 444, posteriormente se realiza una corrección de color a ambos archivos, el original de cámara y el que fue codificado, siendo la corrección aplicada de la misma manera para los dos clips.

Tras los procesos posteriores que puede sufrir la imagen como la corrección de color, la misma sufre de un deterioro si es que el archivo no contiene la información necesaria para los mismos, con el proceso de transcodificación se le entrega a la imagen información extra sobre cada pixel que compone la misma, lo que resulta en que la imagen final después de los procesos de corrección no sufra deterioro, y que su calidad no se vea comprometida.

En la prueba realizada que se encuentra adjunta en el Cuerpo C del presente PG, se comprobó que la imagen en el códec de compresión h.264 sufrió deterioro en el detalle y color, si se amplía ambas imágenes hacia un mismo punto se hace evidente que la falta de información del códec de alta compresión en el que la imagen fue registrada no fue suficiente en la corrección de color, por lo que la imagen se vio deteriorada, tomando en cuenta que ambas imágenes provienen del mismo archivo de registro. (Ver prueba **tres**, Cuerpo C)

En cuanto al peso de almacenamiento, el archivo de 32 segundos en códec h.264 nativo de cámara pesa 319 MB mientras que el archivo transcodificado de la misma duración pesa 778 MB, con lo que se comprueba que los archivos de baja compresión resultan en la necesidad de mayor capacidad de almacenamiento.

En una segunda prueba con respecto a la compresión se comparan dos clips, el uno registrado en raw con una cámara *BlackMagic Cinema*, mientras que el segundo archivo es capturado con una Canon 5D en compresión h.264, a ambos clips se les otorgo un *look* mediante la misma corrección de color. (Ver prueba **cuatro**, Cuerpo C)

Las imágenes capturadas en las cataratas de Iguazú muestran el afluente de agua desde uno de los saltos, si se compara ambas imágenes después de la corrección de color es

evidente como el archivo raw fue capaz de recuperar información en las altas luces y en las bajas, mientras que el archivo h.264 perdió detalle en las altas luces, lo que se evidencia en las zonas blancas de la imagen que carecen de detalle. (Ver figura 10)

#### **5.4.4 Profundidad de bits y rango dinámico**

Las pruebas con respecto a los factores que definen la cantidad de posibilidades de color que puede tener una imagen esta enfocada en comprobar la teoría planteada en el capítulo 2 del presente PG, La primera prueba consta de dos imágenes de 16 bits, las mismas con 65536 colores cada una, (Ver prueba **cinco**, Cuerpo C) a ambas imágenes se les limita por software la cantidad de bits que contiene el archivo, exportando la misma imagen en 8 bits con 256 colores, 4 bits con 16 colores y finalmente 1 bit con 2 colores. (Ver figura 10)

Si se observa cada prueba es fácil diferenciar que a medida que la cantidad de bits disminuye, la gama de colores que la compone también lo hace considerablemente. (Ver figura 11) Si se observan las imágenes de 1 bit ampliadas, es fácil observar que la imagen esta compuesta por puntos de solo 2 colores, blancos o negros. (Ver figura 12)

El rango dinámico como se explico previamente es la cantidad de posibilidades de color que tiene una imagen, y se encuentra limitado a la cantidad de bits, por esa razón la segunda prueba fue registrada con dos cámara de distinto rango, una Black Magic Cinema de 13 stops de rango y 12 bits en espacio de color BlackMagic log film, y una canon 5D mark iii de 10 stops y 8 bits en espacio de color YCbCr 4:2:0, ambas en códec Prores 422 hq . (Ver figura 13)

Comparando ambas imágenes se aprecia la diferencia de tonalidades de color, ambas imágenes fueron registrados bajo los mismos valores de exposición y condición luminica, la imagen de mayor rango dinámico tiene información clara en las luces altas y bajas, mientras que el archivo de menor rango y profundidad satura las zonas altas, como se puede observar en los diferentes sistemas de monitoreo de exposición, dando como resultado que dos imágenes registradas bajo los mismos valores difieren en la medición,

debido a que el archivo de mayor rango y profundidad es capaz de capturar una cantidad mucho mayor de tonalidades de color. (Ver prueba **seis**, Cuerpo C)

La última fase de pruebas tiene como objetivo la corrección de color y creación de un look, basándose en las posibilidades que brindan el rango dinámico y la profundidad de bits, una serie de imágenes descomprimidas, de alta y de baja compresión, expuestas bajo los mismos parámetros son sometidas a procesos de corrección de color, las primeras dos tomas corresponden a un archivo raw y el segundo a un archivo h264, donde se comprueba que los archivos descomprimidos son más eficientes en la creación de un look, pero requieren un alto poder de procesamiento y un gran espacio de almacenamiento debido a su peso. Los archivos comprimidos en h264, son poco eficaces en la creación de un look, pero resultan más económicos y de fácil procesamiento. (Ver prueba siete, Cuerpo C)

## **Conclusiones**

A lo largo de la creación del presente Proyecto de Grado se identificaron los factores que definen la imagen digital, con la experimentación de formatos se constató la teoría de manera práctica y se compararon los flujos de trabajo que requiere en cada uno de los mismos. El material audiovisual que existe acerca de la información de la tecnología emergente en español es escasa o bien se limita a la traducción de la teoría en su idioma original, es decir que no proviene como resultados de una práctica. Por esta razón, el presente Proyecto pretende recopilar este tipo de material a través de encuestas realizadas a profesionales del campo.

Al analizar los testimonios de los entrevistados, las pruebas realizadas y la información teórica investigada, se identificó que para la elección de un formato digital es de gran importancia reconocer las necesidades de un proyecto en torno a los factores que definen la imagen. Como son la resolución, el rango dinámico, profundidad de bits, compresión y espacio color que se analizaron a lo largo de los capítulos.

La evolución digital ha dejado cientos de dispositivos de captura y formatos digitales distintos, cada uno de los mismos fue pensado y diseñado para satisfacer una necesidad específica. Las necesidades identificadas entorno a los factores que hacen la imagen digital enfocadas en un proyecto específico deben compararse con la oferta del mercado, y la capacidad económica de un proyecto. Todo proyecto además debe tener una etapa de pruebas, donde se define si la información teórica sobre cada dispositivo de captura se adapta o no a las necesidades planteadas.

Es un hecho que la tecnología seguirá avanzando, aparecerán nuevos dispositivos y estándares que brinden nuevas posibilidades y distintos recursos para comunicar un mensaje a través de los medios audiovisuales. En el caso de Latinoamérica, la llegada de las nuevas tecnologías apareció como un incentivo y permitió la creación de una mayor cantidad de material audiovisual, así como también lo hizo con la industria en general. Si bien es cierto que la cantidad de producciones en la región aumentó a raíz de la

estandarización de la nueva tecnología digital, también el nivel de exigencia en cuanto a la captura disminuyó, esto se debe en cierta parte a que los costos no son tan elevados, por lo que la presión en el set de filmación disminuye. Como asegura Scott Ray, en una entrevista realizada para el presente PG, en el formato digital hay que hacer la tarea, y se refiere a que hay que analizar como cada formato y dispositivo responde en cuanto a la luz para así poder elegir el que más se adapte a las necesidades buscadas, en el formato digital la tensión esta en elegir los dispositivos de captura y flujos de trabajo correctos que se adapten a los requerimientos de cada proyecto.

En el proyecto documental se utilizaron distintos dispositivos de captura y procesamiento para generar el contenido de análisis, desde una RED Epic hasta una Canon 5D. Se realizaron distintas pruebas que llevan la teoría a la práctica para obtener una demostración real.

Al tener la oportunidad de experimentar con estos distintos dispositivos, se puede ampliar la visión del término calidad y comprender su verdadero significado. A este punto del Proyecto de Grado se puede concluir que la calidad es el resultado de la correcta utilización de los recursos, a partir de la identificación de las necesidades de un proyecto. Que al mismo tiempo resulta en la eficiencia de los procesos y en la eficacia de la obtención del producto final.

Puede ser que un proyecto necesite una *Arri Alexa* por ejemplo, si esta necesidad se da a partir de su narrativa audiovisual, ya que narrativamente el proyecto requiere un alto rango dinámico, profundidad de bits y archivos descomprimidos. Si estas características no son fundamentales entonces para este caso una 5D tal vez sea un dispositivo que la entregue eficiencia y eficacia que el proyecto necesita. O una GoPro.

Otro factor que concluye el presente PG, es la importancia de la colaboración y trabajo en conjunto que debe existir entre el director y director de fotografía, con el colorista. Se hace indispensable desde la planeación, dicho trabajo en equipo asegura la obtención del



look que se espera de la imagen, ya que este rol, indispensable en una producción. Es el encargado de terminar la imagen que el director de fotografía comenzó.

Cada prueba, investigación y testimonio mencionado en el Proyecto de Grado se encuentran en el documental *La evolución del cine digital*. Este proyecto responde al objetivo general al brindar las herramientas teóricas, testimoniales y prácticas para que el espectador tenga la información necesaria para ser capaz de elegir adecuadamente entre los distintos formatos en un proyecto futuro. Empezando por reconocer las necesidades del mismo. Con las pruebas realizadas se espera que el espectador sea capaz de entender las variantes que conforman la imagen digital, como un objetivo específico del Proyecto.

El documental propone una visión diferente y original en habla hispana. Los resultados de las pruebas realizadas complementan la teoría planteada y además contiene testimonios de profesionales en el campo que ofrecen una reflexión acerca de los temas principales de Proyecto de Graduación y de la industria profesional en general.

El documental hace énfasis en el contraste que existe entre las experiencias de profesionales en la industria norteamericana con profesionales de la región. Los entrevistados realizadores de la industria local explican como para ellos el formato digital representa la posibilidad que les permite contar historias. Ya que sin la tecnología digital, les sería casi imposible por cuestiones económicas o por los diversos riesgos que implica el formato analógico. En la región se habla de la estandarización del formato 4K como un futuro cercano.

Por su parte los profesionales de la industria norteamericana, aseguran que el formato digital también les entrega esa posibilidad de producción. Pero también se hace evidente el adelanto en cuanto a la tecnología de captura, por ejemplo: cuando se habla de estándar 4k, para los profesionales de la industria norteamericana es ya un estándar, e incluso se habla de resoluciones de captura de hasta 8K.

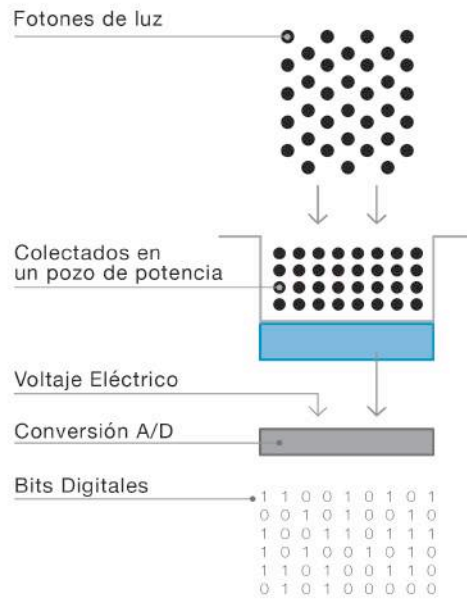
Los profesionales de la industria local coinciden en que es parte del oficio investigar y preguntar acerca de las nuevas tecnologías digitales para poder anticiparse a las necesidades del futuro. Como menciona Jerónimo Clemenete en la entrevista realizada para el presente Proyecto de Grado, quien se refiere al formato digital como un factor democratizante debido al limitado acceso que se tenía del fílmico en el formato analógico. Aun que las salvaguardias a las importaciones en la industria local limita el acceso a la tecnología, el formato es estándar en la industria local, regional y mundial.

Comprendiendo los conceptos de captura y los elementos que conforman una imagen digital se hace natural reconocer las necesidades que presenta un proyecto, La información que plantea el documental precisamente esta enfocada a enriquecer al espectador con los conocimientos esenciales de captura, guiando la teoría, practica y testimonio hacia la elección de un determinado tipo de captura y flujo de trabajo.

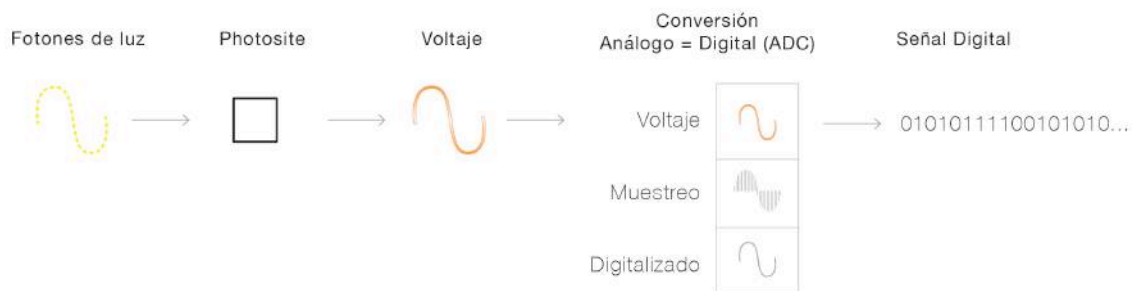
Con estos conocimientos como base, el espectador podrá identificar las necesidades de cada proyecto, compararlas con la oferta del mercado y diseñar un presupuesto para así decidir que dispositivo de captura, resolución, compresión y flujo de trabajo entregaran más eficiencia y eficacia en la obtención de los resultados esperados.

El proyecto presentado como cuerpo C que acompaña al Proyecto de Graduación representa la teoría para la futura creación de un largometraje documental financiado por empresas de sector privado interesadas en apoyar a la industria audiovisual y a la experimentación de formatos.

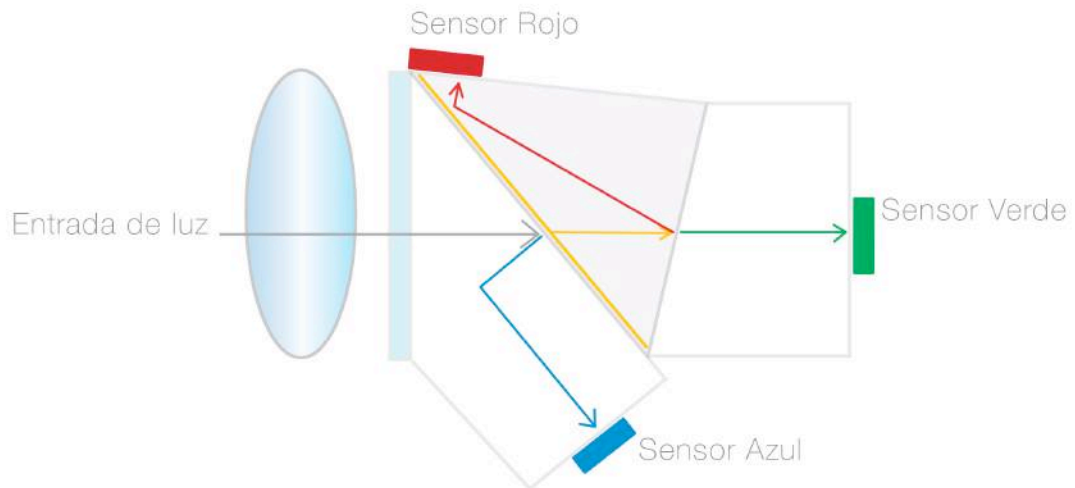
## Imágenes Seleccionadas



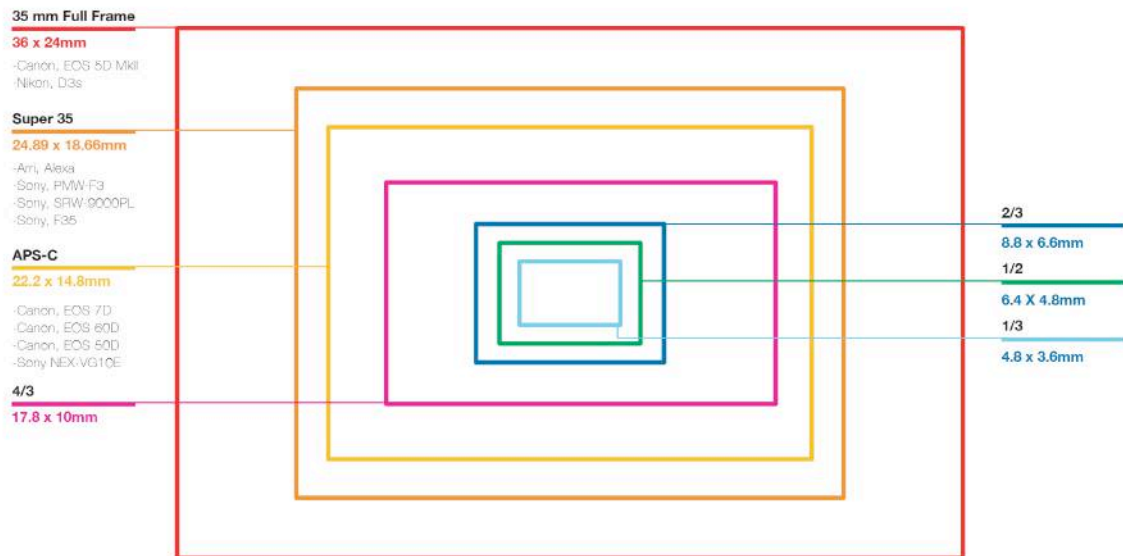
**Figura 1:** Photosite, proceso de captura desde el fotón de luz al código digital. Fuente: elaboración propia.



**Figura 2:** Proceso de captura de análogo a digital. Fuente: elaboración propia.

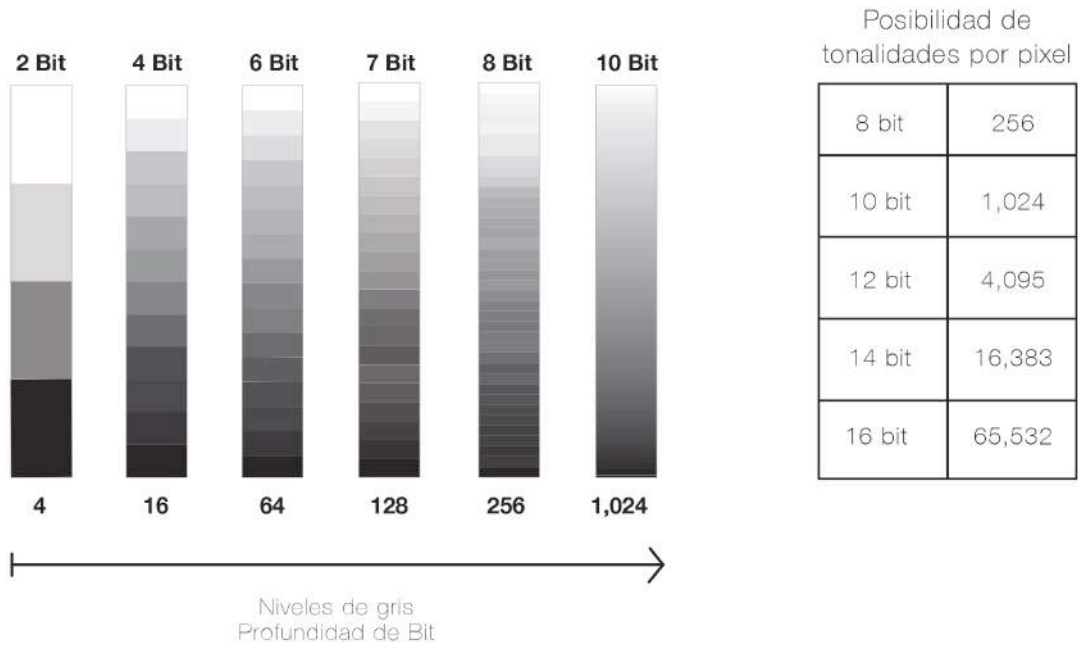


**Figura 3:** Cámara CCD de tres sensores, cada uno de capturar cada color primario Fuente: elaboración propia.

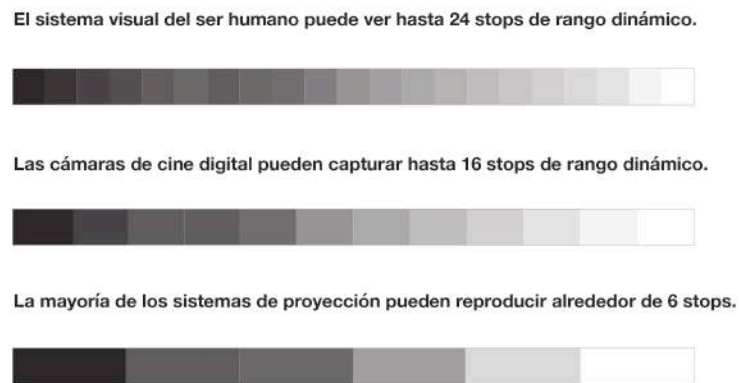


**Figura 4:** Diferentes tamaños de sensores, y cámaras que incorporan cada uno de los principales. Fuente: elaboración propia.

Profundidad de Bit y niveles de gris en imágenes digitales

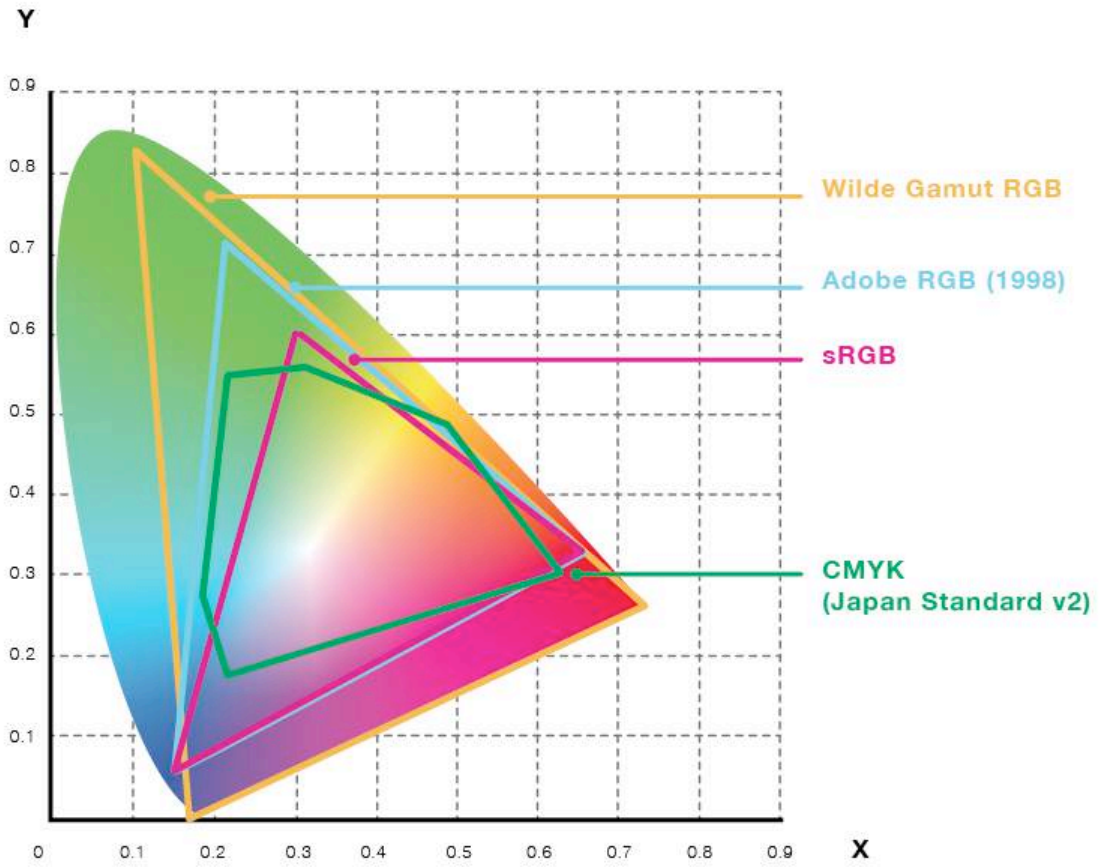


**Figura 5:** Profundidad de bits y su relación con las posibilidades de tonalidades de color por pixel.  
Fuente: elaboración propia.

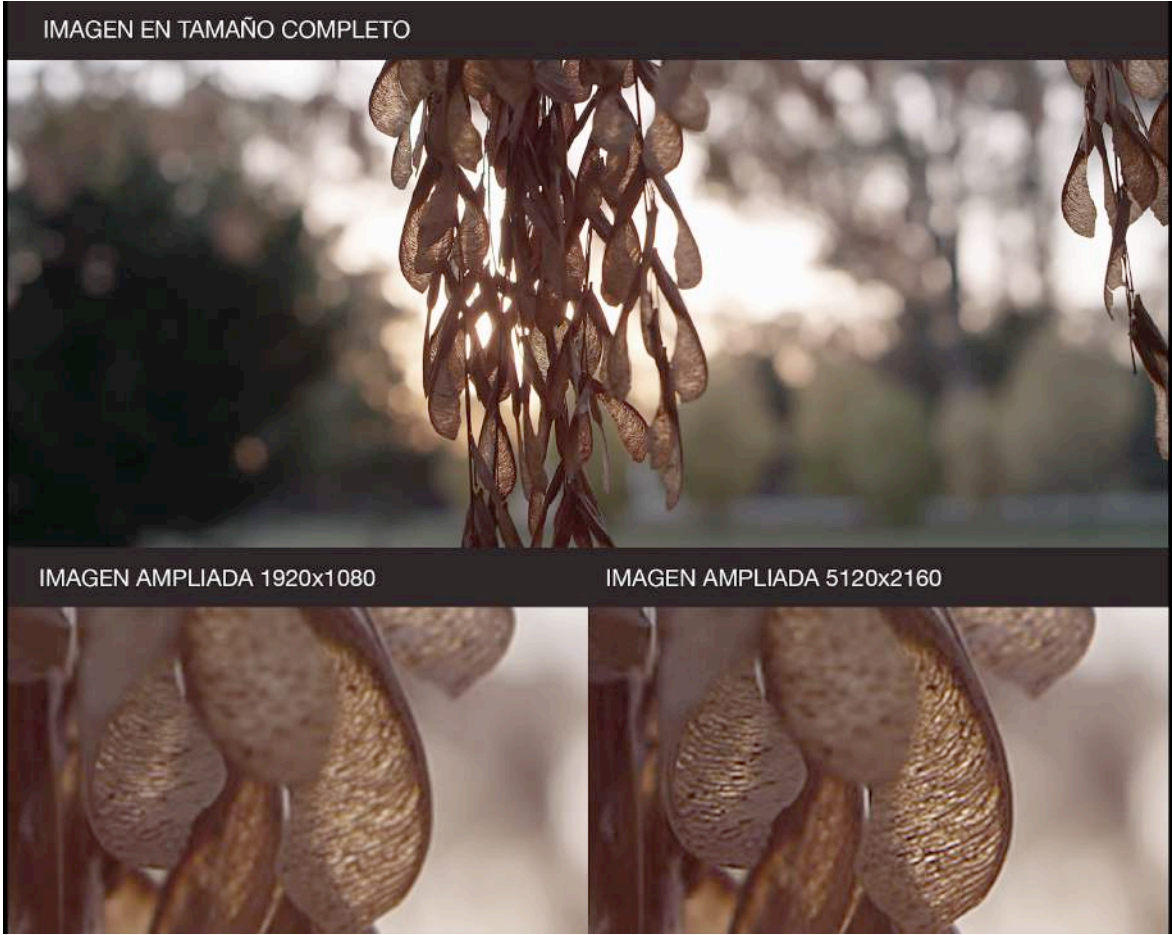


**Figura 6:** ilustración Comparativa entre el rango visible, 16 stops rango de cámaras de cine y 6 stops máximo en el común de los sistemas de reproducción Fuente: elaboración propia.

## Comparación Espacio Color

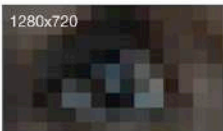
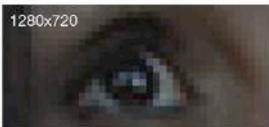
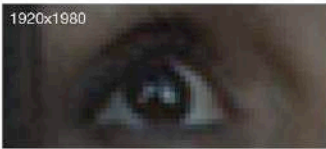
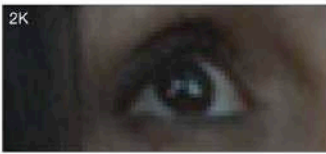
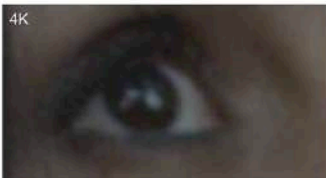
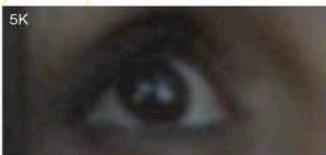


**Figura 7:** Ilustración de los diferentes espacios de color, respecto al espectro visible. Fuente: elaboración propia.



**Figura 8:** Prueba 1 cuerpo c, Comparación de detalle en dos imágenes ampliadas, en HD y 5K, respectivamente, capturado con cámara Red Epic. Fuente: elaboración propia.

IMAGEN EN TAMAÑO COMPLETO



**Figura 9:** Prueba 2 cuerpo c, Comparación de detalle en seis imágenes ampliadas, capturado con cámara Red Epic. Fuente: elaboración propia.

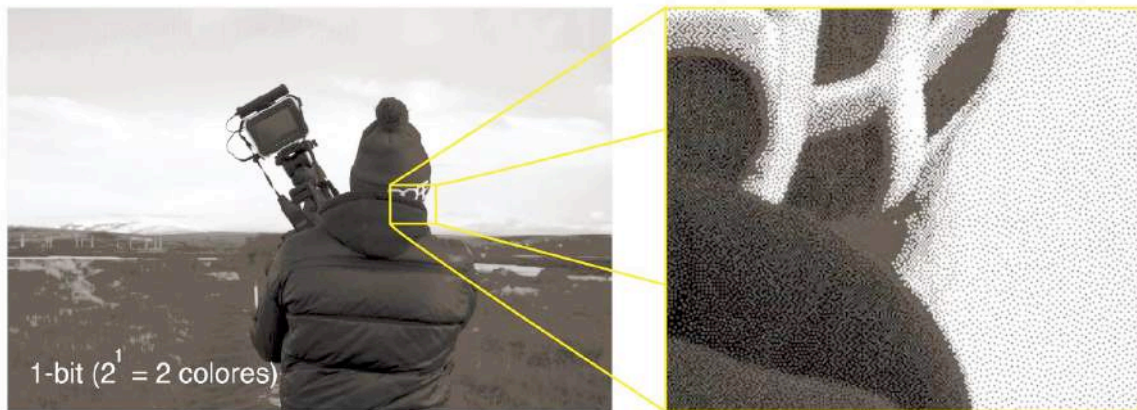




**Figura 10:** Prueba 5 cuerpo C, Comparación de tonalidades de color en imágenes de distinta profundidad de bits. Fuente: elaboración propia.



**Figura 11:** Prueba 5 cuerpo C, Comparación de tonalidades de color en imágenes de distinta profundidad de bits. Fuente: elaboración propia.



**Figura 12:** Prueba 5 cuerpo C , imagen de 1 bit, compuesta de 2 colores, Blanco y negro.w Fuente: elaboración propia.

## PROCESO DE CORRECCIÓN DE COLOR

Imagen RAW // BlackMagic Cinema Camera

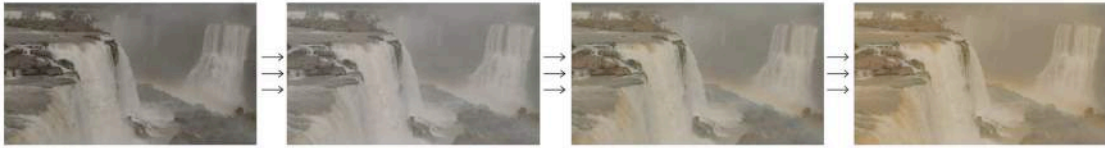
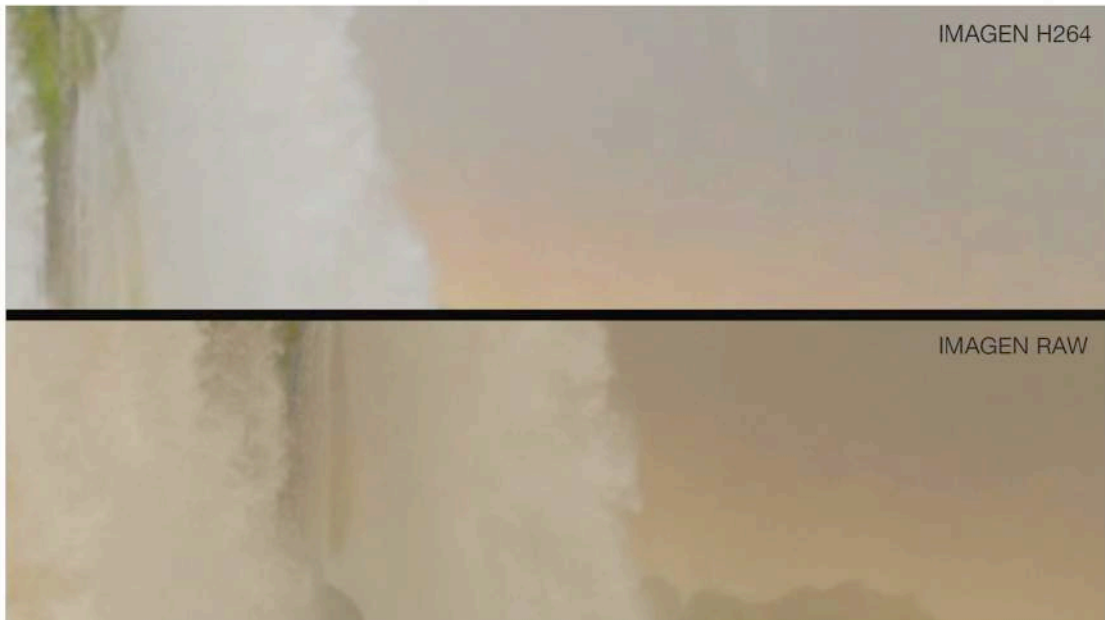


Imagen Comprimida H264 // Canon 5D MarkIII



La imagen de compresión H264, pierde detalle en las altas luces (blancos) mientras la imagen RAW, mantiene el detalle en la textura de los blancos.



**Figura 13:** Prueba 4 cuerpo C, Comparación de detalle de altas luces entre dos imágenes de diferente compresión y capturadas bajo los mismos parámetros, ambas sufrieron la misma corrección de color. Fuente: elaboración propia.

## Lista de Referencias Bibliográficas

Apple Inc. . (13 de marzo de 2015). *apple*. Obtenido de support apple:  
<https://support.apple.com/en-us/HT202410>

Areny, R. P. (2003). *Sensores y acondicionadores de señal*. Barcelona. Marcombo.

Baisplelt, E.(2009). *Revolución digital*. Buenos Aires: Universidad de Palermo. Disponible en:  
[http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/publicacionesdc/vista/detalle\\_articulo.php?id\\_articulo=6197&id\\_libro=268](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/publicacionesdc/vista/detalle_articulo.php?id_articulo=6197&id_libro=268)

FilmLigth. (s.f.). *Baseligth*. Disponible en :  
<http://www.filmlight.ltd.uk/customers/customer-list/customers-world.php>

Bell Labs. (s.f.). *Bell Labs*. Recuperado el 28 de octubre de 2014, de  
<https://www.bell-labs.com/about/history-bell-labs/>

Bennett, B (18 de septiembre de 2014). IBC 2014 live panel replay: Top cinematographers Geoff Boyle, Bill Bennett and Rodney Charters talk 4K, High Dynamic range and the craft. (D. Chung:, Entrevistador)

Bermúdez, M. (2012). *La Fotografía Híbrida*. Buenos Aires: Universidad de Palermo. Disponible en:  
[http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/proyctograduacion/detalle\\_proyecto.php?id\\_proyecto=1413](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyctograduacion/detalle_proyecto.php?id_proyecto=1413)

BlackMagic. (s.f.). *Davinci Resolve*. Disponible en :  
<https://www.blackmagicdesign.com/products/davinciresolve>

Bonavera, R. (2012). *Luz, Móvil, Acción*. Buenos Aires: Universidad de Palermo. Disponible en:  
[http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/proyctograduacion/detalle\\_proyecto.php?id\\_proyecto=547&titulo\\_proyectos=Luz,%20m%F3vil,%20acci%F3n](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyctograduacion/detalle_proyecto.php?id_proyecto=547&titulo_proyectos=Luz,%20m%F3vil,%20acci%F3n)

Boyle, G. (18 de septiembre de 2014). IBC 2014 live panel replay: Top cinematographers Geoff Boyle, Bill Bennett and Rodney Charters talk 4K, High Dynamic range and the craft. (D. Chung:, Entrevistador)

Bowie, J. A. (2008). *Leer el cine* . Salamanca: Universidad de Salamanca.

Braverman, B. (2014 ). *Video Shooter*. Burlington: Focal Press.

Caparrós, J. (2001). *El cine de fin de milenio*. Madrid: Rialp

Castells, A. G. (2013). *El documental interactivo*. Barcelona: Sónia Poch Masfarre .

Chaparro, A. (2006). *Los límites de la estética de representación* . Bogota: Academico .

- Charles Finance, S. (2010). *The visual effects producer*. Burlington: Focal Press
- Chilefilms. (2015). *Cine color Sat*. Disponible en [http://www.grupochilefilms.cl/cc\\_sat/?mod=empresa](http://www.grupochilefilms.cl/cc_sat/?mod=empresa)
- Cinema, R. D. (02 de octubre de 2012). *Overview of the redcode file format. Red Digital Cinema*. Disponible en: <http://www.red.com/learn/red-101/redcode-file-format>
- Dolby . (2014). *Dolby vision*. Disponible en: ....  
<http://www.dolby.com/us/en/technologies/dolby-vision.html>
- Elizabeth Allen, S. (2009). *The Manual of Photography* . Burlington: Focal Press.
- Gómez, C. (2012). *La digitalización acaba con el celuloide: El caso español* . (J. M. Domínguez, Ed.) Buenos Aires: Ministerio de cultura del gobierno de la ciudad de Buenos Aires.
- Gopro. (2015). *Gopro* . Disponible en: <http://gopro.votigo.com/furious7>
- Hess, A. (2012). *All Access*. Indianapolis: John Wiley and Sons.
- Hirsch, R. (2008). *Light and Lens*. Burlington: Focal Press.
- Hullfish, S. (2014). *Avid Uncut*. Burlington: Focal Press.
- Hurkman, A. (2014). *Color Correction Handbook*. San Francisco: Peach pit .
- Ioannis Pitas. (2000). *Digital Image processing algorithms and applications*. Danvers: John Wiley.
- Ippolito, J. (2003). *Entendiendo la Fotografía Digital*. New York, USA: Delmar Learning.
- Koyama, T. (2006). *Image Sensors and signal processing for digital still cameras*. (J. Nakamura, Ed.) Boca raton: Taylor & Francis.
- Lipovetsky, G. (2009). *La pantalla global*. Barcelona: Anagrama.
- Luchessi, B.(2014). *El impacto de lo digital en la producción audiovisual*. Buenos Aires: Universidad de Palermo . Disponible en:  
[http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/proyectorgraduacion/detalle\\_proyecto.php?id\\_proyecto=2803](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyectorgraduacion/detalle_proyecto.php?id_proyecto=2803)
- Macdonald, S. (2015). *Avant Doc* . Oxford: Oxford University.
- Mantle, A. (22 de 12 de 2012). *Side By Side*. (K. Reeves, Entrevistador)
- Mastia, M. (2013). *Cine digital vs cine analógico*. Buenos Aires: Universidad de Palermo. Disponible en:  
[http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/proyectorgraduacion/detalle\\_proyecto.php?id\\_proyecto=1865](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyectorgraduacion/detalle_proyecto.php?id_proyecto=1865)

- Muñoz, A. V. (2012). *Principios del color y holopintura*. San Vicente: Club Universitario
- Parenty, T. (2003). *Digital Defence*. Boston: Harvard Business School
- Pérez, J. (2012). *Entre picas y pixeles*. Buenos Aires: Universidad de Palermo. Disponible en:  
[http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/proyectograduacion/detalle\\_proyecto.php?id\\_proyecto=1493](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyectograduacion/detalle_proyecto.php?id_proyecto=1493)
- Pesis, H. (2010). *Photoshop tecnicas de manipulacion y retoque*. Buenos Aires: Fox Andina
- Real Academia Española (2015). *Eficiencia*. Disponible en:  
<http://lema.rae.es/drae/?val=eficiencia>
- Real Academia Española (2015). *Eficacia*. Disponible en:  
<http://lema.rae.es/drae/?val=eficacia>
- Reeves, K. (Productor), Kenneally, C. (Escritor), & Kenneally, C. (Dirección). (2012). *Side by Side* [Película]. USA.
- Red. (2015). *Weapon*. Red. (2015). *Weapon*. Recuperado de Red Products:  
<http://www.red.com/products/weapon-dragon>
- Red Giant. (s.f.). *Magic Bullet*. Recuperado de  
<https://www.redgiant.com/products/magic-bullet-looks/>
- Robert B. Musburger, M. (2014). *Single camera video production*. Burlington: Focal press.
- Romo, C. (2012). *35 milímetros de revolución. Digitalización*. Buenos Aires: Universidad de Palermo.  
 Disponible en:  
[http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/catalogo\\_de\\_proyectos/detalle\\_proyecto.php?id\\_proyecto=480&titulo\\_proyectos=35%20mil%EDmetros%20de%20revoluci%F3n](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/catalogo_de_proyectos/detalle_proyecto.php?id_proyecto=480&titulo_proyectos=35%20mil%EDmetros%20de%20revoluci%F3n)
- Roebuck, K. (2012). *Video Telephony*. Newstead, Australia: EMEREO PTY LTD.
- Sáez, M. (2012). *Fotografía experimental en la era digital: lomografía y digitalización*. Buenos Aires: Universidad de Palermo. Disponible en:  
[http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/proyectograduacion/detalle\\_proyecto.php?id\\_proyecto=960](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyectograduacion/detalle_proyecto.php?id_proyecto=960)
- Stump, D. (2014). *Digital cinematography*. Burlington, MA, USA: Focal press
- Sundance. (s.f.). *Sundance institute*. Recuperado el 11 de 10 de 2014, de  
<http://www.sundance.org/festivalhistory/>
- Swartz, C. (2005). *Understanding Digital Cinema*. Oxford: Focal Press.
- Torres, F. (2014) *Acción - Reacción*. Buenos Aires: Universidad de Palermo. Disponible En:  
[http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/proyectograduacion/detalle\\_proyecto.php?id\\_proyecto](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyectograduacion/detalle_proyecto.php?id_proyecto)

cto=2875

Tovar, A. (2011). *B-Afro*. Buenos Aires: Universidad de Palermo. Disponible en:  
[http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/proyectorgraduacion/detalle\\_proyecto.php?id\\_proyecto=2875](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyectorgraduacion/detalle_proyecto.php?id_proyecto=2875)

Toyoda, K. (2006). *Image Sensors and signal processing for digital still cameras*. (J. Nakamura, Ed.) Boca raton: Taylor & Francis.

Ulin, J. (2010). *The business of media distribution*. Burlington: Focal Press.

Wheeler, P. (2001). *Digital Cinematography* . Burlington : Focal Press.

Zhang, M. (14 de Octubre de 2011). *Movie Camera Companies Have Quietly Stopped Making Film Cameras*. Disponible en: Peta Pixel:  
<http://petapixel.com/2011/10/14/movie-....camera-companies-have-quietly-stopped-making-film-cameras/>

## Bibliografía

- Apple Inc. (2015). *Acerca del Apple ProRes*. Disponible en <https://support.apple.com/en-us/HT202410>
- Areny, R. P. (2003). *Sensores y acondicionadores de señal*. Barcelona: Marcombo.
- Baisplelt, E.(2009). *Revolución digital*. Buenos Aires: Universidad de Palermo. Disponible en:  
[http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/publicacionesdc/vista/detalle\\_articulo.php?id\\_articulo=6197&id\\_libro=268](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/publicacionesdc/vista/detalle_articulo.php?id_articulo=6197&id_libro=268)
- Bell Labs. (s.f.). *Bell Labs*. Recuperado el 28 de octubre de 2014, de <https://www.bell-labs.com/about/history-bell-labs/>
- Bennett, B. (18 de septiembre de 2014). IBC 2014 live panel replay: Top cinematographers Geoff Boyle, Bill Bennett and Rodney Charters talk 4K, High Dynamic range and the craft. (D. Chung:, Entrevistador)
- Bermúdez, M. (2012). *La Fotografía Híbrida*. Buenos Aires: Universidad de Palermo. Disponible en:  
[http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/proyctograduacion/detalle\\_proyecto.php?id\\_proyecto=1413](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyctograduacion/detalle_proyecto.php?id_proyecto=1413)
- Bonavera, R. (2012). *Luz, Móvil, Acción*. Buenos Aires: Universidad de Palermo. Disponible en:  
[http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/proyctograduacion/detalle\\_proyecto.php?id\\_proyecto=547&titulo\\_proyectos=Luz,%20m%F3vil,%20acci%F3n](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyctograduacion/detalle_proyecto.php?id_proyecto=547&titulo_proyectos=Luz,%20m%F3vil,%20acci%F3n)
- Braverman, B. (2014 ). *Video Shooter*. Burlington: Focal Press.
- Boyle, G. (18 de septiembre de 2014). IBC 2014 live panel replay: Top cinematographers Geoff Boyle, Bill Bennett and Rodney Charters talk 4K, High Dynamic range and the craft. (D. Chung:, Entrevistador)
- Caparrós, J. M. (2001). *El cine de fin de milenio*. Madrid: Rialp
- Charles Finance, S. Z. (2010). *The visual effects producer*. Burlington: Focal Press
- Chilefilms. (2015). *Cine color Sat*. Disponible en:  
[http://www.grupochilefilms.cl/cc\\_sat/?mod=empresa](http://www.grupochilefilms.cl/cc_sat/?mod=empresa)
- Cinema, R. (2012). *Overview of the Recorde file format*. Disponible en:  
<http://www.red.com/learn/red-101/redcode-file-format>
- Dolby. (2014). *Dolvy vision*. Disponible en:  
<http://www.dolby.com/us/en/technologies/dolby-vision.html>
- Elizabeth Allen, S. (2009). *The Manual of Photography*. Burlington: Focal Press.
- Gómez, C. (2012). *La digitalización acaba con el celuloide: El caso español*. (J. M.

- Dominguez, Ed.) Buenos Aires: Ministerio de cultura del gobierno de la ciudad de Buenos Aires.
- Hess, A. (2012). *All Access*. Indianapolis: John Wiley and Sons.
- Hirsch, R. (2008). *Light and Lens*.. Burlington: Focal Press.
- Hullfish, S. (2014). *Avid Uncut*. Burlington : Focal Press.
- Hurkman, A. (2014). *Color Correction HandBook*. San Francisco: Peach Pit
- Ioannis Pitas. (2000). *Digital Image porcessing algorithms and aplications*. Danvers: John Wiley.
- Ippolito, J. (2003). *Entendiendo la Fotografia Digital*. New York. USA: Delmar Learning.
- Koyama, T. (2006). *Image Sensors and signal processing for digital still cameras*. (J. Nakamura, Ed.) Boca raton: Taylor & Francis .
- Lipovetsky, G. (2009). *La pantalla global*. Barcelona: Anagrama.
- Luchessi, B.(2014). *El impacto de lo digital en la producción audiovisual*. Buenos Aires: Universidad de Palermo . Disponible en:  
[http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/proyctograduacion/detalle\\_proyecto.php?id\\_proyecto=2803](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyctograduacion/detalle_proyecto.php?id_proyecto=2803)
- Macdonald, S. (2015). *Avant Doc* . Oxford: Oxford University.
- Mantle, A. (22 de 12 de 2012). *Side By Side*. (K. Reeves, Entrevistador)
- Mastia, M. (2013). *Cine digital vs cine analógico*. Buenos Aires: Universidad de Palermo. Disponible en:  
[http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/proyctograduacion/detalle\\_proyecto.php?id\\_proyecto=1865](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyctograduacion/detalle_proyecto.php?id_proyecto=1865)
- Muñoz, A. V. (2012). *Principios del color y holopintura*. San Vicente: Club Universitario
- Parenty, T. (2003). *Digital Defence*. Boston: Harvard Business school .
- Pérez, J. (2012). *Entre picas y pixeles*. Buenos Aires: Universidad de Palermo. Disponible en:  
[http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/proyctograduacion/detalle\\_proyecto.php?id\\_proyecto=1493](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyctograduacion/detalle_proyecto.php?id_proyecto=1493)
- Pesis, H. (2010). *Photoshop tecnicas de manipulacion y retoque*. Buenos Aires: Fox Andina
- Reeves, K. (Productor), Kenneally, C. (Escritor), & Kenneally, C. (Dirección). (2012). *Side by Side* [Película]. USA



- Robert B. y Musburger, M. (2014). *Single camera video production*. Burlington: Focal press.
- Romo, C. (2012). *35 milímetros de revolución. Digitalización*. Buenos Aires: Universidad de Palermo.  
 Disponible en:  
[http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/catalogo\\_de\\_proyectos/detalle\\_proyecto.php?id\\_proyecto=480&titulo\\_proyectos=35%20mil%EDmetros%20de%20revoluci%F3n](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/catalogo_de_proyectos/detalle_proyecto.php?id_proyecto=480&titulo_proyectos=35%20mil%EDmetros%20de%20revoluci%F3n)
- Roebuck, K. (2012). *Video Telephony*. Newstead, Australia: EMEREO PTY LTD.
- Sáez, M. (2012). *Fotografía experimental en la era digital: lomografía y digitalización*. Buenos Aires: Universidad de Palermo. Disponible en:  
[http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/proyectorgraduacion/detalle\\_proyecto.php?id\\_proyecto=960](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyectorgraduacion/detalle_proyecto.php?id_proyecto=960)
- Stump, D. (2014). *Digital cinematography*. Burlington, MA, USA: Focal Press
- Sundance. (s.f.). *Sundance institute*. Recuperado el 11 de 10 de 2014, de  
<http://www.sundance.org/festivalhistory/>
- Swartz, C. (2005). *Understanding Digital Cinema*. Oxford: Focal Press.
- Torres, F. (2014) *Acción - Reacción*. Buenos Aires: Universidad de Palermo. Disponible En:  
[http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/proyectorgraduacion/detalle\\_proyecto.php?id\\_proyecto=2875](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyectorgraduacion/detalle_proyecto.php?id_proyecto=2875)
- Tovar, A. (2011). *B-Afro*. Buenos Aires: Universidad de Palermo. Disponible en:  
[http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/proyectorgraduacion/detalle\\_proyecto.php?id\\_proyecto=2875](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyectorgraduacion/detalle_proyecto.php?id_proyecto=2875)
- Toyoda, K. (2006). *Image Sensors and signal processing for digital still cameras*. (J. Nakamura, Ed.) Boca Raton: Taylor & Francis
- Ulin, J. (2010). *The business of media distribution*. Burlington: Focal Press.
- Zhang, M. (2011). *Movie Camera Companies Have Quietly Stopped Making Film Cameras*. Disponible en: Peta Pixel: <http://petapixel.com/2011/10/14/movie-....camera-companies-have-quietly-stopped-making-film-cameras/>

