

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

Máster en Postproducción Digital



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA

**“Estudio del procesamiento de
formatos digitales de vídeo y su
implicación en la Calidad de
Experiencia (QoE) en IPTV”**

TRABAJO FINAL DE MASTER

Autor/a:
Jordi Montañaña Velilla

Tutor/a:
Jaime Lloret Mauri

GANDIA, 2016

RESUMEN

En este trabajo de investigación teórico-práctico definimos los principales factores que intervienen en el entorno de la IPTV así como el concepto de Calidad de Servicio (QoS) y Calidad de Experiencia (QoE) del usuario. También se plantean los posibles problemas que pueden afectar a la transmisión a través de la red de los archivos de vídeo digital. En el marco práctico del trabajo, se han realizado ensayos de campo en dos escenarios diferenciados para analizar los archivos obtenidos. Posteriormente, a partir del uso de herramientas dedicadas a la edición y transformación de archivos de vídeo digital, codificar y transmitirlos a través de la red para que un grupo de espectadores evalúen de forma subjetiva estos archivos. Mediante el análisis de los datos obtenidos tras la evaluación de los espectadores somos capaces de elegir el mejor codec para la grabación y posterior transmisión.

Palabras Clave

IPTV, QoS, QoE, streaming, codificación

ABSTRACT

Along this theoretical-practical investigation we define the main factors that take part in the IPTV environment as well as the Quality of Services (QoS) and Quality of Experience (QoE) of the user's concepts. On the other hand we suggest problems that can affect the transmission of the digital video through the network. On the practical structure of this work, we make field tests in two different settings to check the obtained files. Later, using edition and transform digital video related tools, we encode and broadcast them through the network to a group of viewers that will make a subjective evaluation. Besides the followed analysis of the information given by the viewers we'll be able to chose the best codec to record and broadcasting.

Keywords

IPTV, QoS, QoE, streaming, codification

Gracias a todas las personas que de una forma u otra me han ayudado, apoyado y guiado en el desarrollo de este trabajo.

Índice de contenidos

Índice de figuras y tablas	4
1. Introducción	6
1.1 Introducción	6
1.2 Objetivos	7
1.3 Precedentes del proyecto	8
1.4 Estructura del proyecto	9
2. Estado del arte: Conceptos previos	11
2.1 IPTV: Internet Protocol Television	11
2.2 Compresión y digitalización: Codecs y formatos contenedores	14
2.3 Entropía y redundancia	15
2.4 Digitalización	16
2.5 Grupos de imágenes: codificación interframe e intraframe	19
3. Desarrollo del proyecto	22
4.1 Herramientas y software	22
4.2 Equipo de grabación: elección de las cámaras	22
4.2.1 Panasonic 160	23
4.2.2 Sony NX100	24
4.2.3 Canon 6D	27
4. Metodología: Ensayos de Campo	29
4.1 Ensayo uno: Interior. Luz artificial	29
4.2 Ensayo dos: Exterior. Luz natural	31
5. Primeros resultados	33
5.1 Análisis de resultados	33
5.2 Streaming	44
6. Muestra poblacional	48
6.1 Análisis de resultados	51
6.2 Conclusiones de la muestra	55
7. Conclusiones finales	57
8. Bibliografía	62

Índice de figuras

Figura 1. Grupo de Imágenes	20
Figura 2. FFMpeg	22
Figura 3. Fotograma ensayo interior	29
Figura 4. Fotograma ensayo exterior	31
Figura 5. Pesos de archivo	35
Figura 6. Porcentaje de compresión de archivos	36
Figura 7. Tiempo de procesado	37
Figura 8. Bitrate	38
Figura 9. Pesos archivo	39
Figura 10. Porcentaje de compresión de archivo	41
Figura 11. Tiempo de procesado	42
Figura 12. Bitrate	43
Figura 13. Asistente de emisión/transcodificación VLC	44
Figura 14. Selección de archivo VLC	46
Figura 15. Selección de emisión VLC	46
Figura 16. Encuesta MOS	49
Figura 17. Valoración MOS .mkv ensayo interior	52
Figura 18. Valoración MOS .mp4 ensayo interior	52
Figura 19. Valoración MOS .mkv ensayo exterior	53
Figura 20. Valoración MOS .mp4 ensayo exterior	54

Índice de tablas

Tabla 1. Ensayo interior	30
Tabla 2. Ensayo exterior	32
Tabla 3. Comparación de pesos	34
Tabla 4. Comparación compresión archivos ensayo 1	35
Tabla 5. Tiempo de procesado ensayo 1	37
Tabla 6. Comparación bitrate archivos ensayo 1	38
Tabla 7. Comparación de pesos archivos ensayo 2	39
Tabla 8. Comparación porcentaje de compresión ensayo 2	40
Tabla 9. Comparación tiempo de procesado ensayo 2	41
Tabla 10. Comparación bitrate archivos ensayo 2	42
Tabla 11. Datos de la muestra	50

1. Introducción

1.1 Introducción

En el presente trabajo de investigación analizaremos desde un prisma teórico y práctico la convergencia tecnológica audiovisual y su aplicación al medio digital y al desarrollo de la IPTV.

Actualmente el desarrollo de la transmisión de contenidos audiovisuales a través de la red ha ido en aumento. La eclosión de la IPTV y la Smart TV ponen de manifiesto un cambio en la tendencia de los consumidores que demandan un servicio de calidad y multiplataforma en el cual puedan consumir servicios *on demand* (VoD) o vía *streaming* de productos audiovisuales.

Esta convergencia tecnológica que aúna la web 2.0 [1] y los contenidos audiovisuales desemboca en la necesidad de los proveedores de servicios en encontrar un camino que permita desarrollar archivos de la máxima calidad a través de un servicio de ancho de banda limitado. Por ello es ciertamente interesante la posibilidad de encontrar formatos contenedores que permitan preservar la máxima calidad de los archivos de vídeo digital, adelgazando el peso de los datos contenidos para poder transmitirlos a través de la red.

Es conveniente presentar algunas definiciones a cerca del concepto de IPTV:

Según se presenta en el libro “IPTV, la televisión por Internet” [2] de Jaime Lloret, Fernando Boronat y Miguel García Pineda: “*(La IPTV) se trata de la distribución y difusión de televisión de alta calidad y/o vídeo/audio bajo demanda sobre redes de banda ancha*”.

Según la ITU [3] se define la IPTV como el “*conjunto de servicios multimedia que son distribuidos por una red IP, los cuales deben poseer un nivel de calidad de servicio, seguridad, interactividad y fiabilidad*”.

Jose Manuel Huidorbo resume a la perfección el impacto que ha tenido la IPTV en el contexto comunicativo y de entretenimiento en la actualidad [4]: *“Transforma la televisión actual en una experiencia totalmente personalizada, por supuesto sobre conexiones de banda ancha y con ancho de banda reservado para garantizar la calidad del servicio (QoS)”*.

Así pues cabe señalar que la IPTV es lo que se conoce como servicio *triple play* que aúnan voz, imagen y datos. *“Los servicios triple play requieren una infraestructura IP controlada estrictamente y capaz de soportar rigurosos requisitos de QoS (calidad de servicio), combinados con una entrega de servicios de gran fiabilidad, escalables y continuos de voz, vídeo y datos”*. [5]

1.2 Objetivos

El objetivo que queremos alcanzar con esta tesina radica en la capacidad para poder discriminar y elegir el mejor formato de compresión de archivos vídeo digital para su posterior transmisión a través de Internet Protocol Television teniendo en cuenta restricciones de la red como el ancho de banda e intentando reducir el peso de los archivos de vídeo sin perder calidad ni alterar la experiencia de visualización del usuario final basándonos, sobre todo, en la percepción del color por parte del espectador.

El objetivo se pretende alcanzar mediante diversos procesos conectados entre sí:

- El primer proceso es seleccionar un abanico de cámaras mediante las cuales realizar capturas en diferentes escenarios.
- El segundo proceso consiste en gestionar los archivos digitales y trabajarlos y procesarlos para encontrar una relación calidad-peso adecuados para su transmisión vía red.

- El tercer proceso se basa en la creación de un servidor para transmitir nuestros archivos digitales mediante el uso de herramientas como el VLC.
- Por último, a partir de un estudio poblacional, encontrar semejanzas y variaciones con las primeras conclusiones alcanzadas.

1.3 Precedentes del proyecto

Este proyecto de tesina tiene cierta relación con otros trabajos de investigación presentados en años anteriores. El objetivo de maximizar y potenciar la QoE y la QoS y la capacidad para encontrar vías alternativas para la mejora de estos parámetros se encuentran en los siguientes trabajos académicos de los cuales también nos hemos servido para comparar, mejorar y entender algunos conceptos:

En el año 2013, Alejandro Cánovas Solbes propuso un sistema de gestión inteligente para garantizar la calidad de experiencia (QoE) percibida por el usuario final en su trabajo *“Diseño y Desarrollo de un Sistema de Gestión Inteligente integrado de servicios de IPTV estándar, estereoscópico y HD basado en QoE”* tutorizado por Jaime Lloret dentro del Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación, Sonido e Imagen de la Universidad Politécnica de Valencia.

En 2014, Jose Miguel Jiménez Herráiz presentó su tesina como proyecto de fin de Master, bajo el título *“Estudio de la variación de QoE en Televisión IP cuando varían los parámetros de QoS”* tutorizado por Jaime Lloret dentro del Master en Postproducción Digital de la Universidad Politécnica de Valencia en la Escuela Politécnica Superior de Gandía. En este trabajo se propone un sistema que incluye un protocolo de comunicación mediante el cual se pretende mejorar la QoE de los clientes de los servicios IPTV ofertados por proveedores.

En esta tesina nos centraremos en el trabajo de captación y procesado de los archivos digitales para su posterior transmisión y el análisis de la calidad visual teniendo en

cuenta como afecta la compresión para cada uno de los formatos contenedores que utilizamos en nuestros ensayos.

1.4 Estructura del proyecto

Esta tesina se soportará en dos pilares o partes diferenciadas pero entrelazadas entre sí:

Por una parte encontramos un modulo teórico en el cual analizaremos los problemas básicos que concurren en un entorno digital de transmisión y visualización de vídeo a través de la red. Pondremos principal intención en aquellas tareas básicas a realizar previamente a la transmisión por internet, así como los conceptos básicos del material audiovisual con el que contamos. Por último, analizaremos las principales características y diferencias de las cámaras que utilizaremos para realizar los ensayos de la segunda parte de este proyecto final de master.

La segunda parte del proyecto, de corte práctico, se apoya en una serie de ensayos realizados con diversos equipos de grabación con unas características y diferencias concretas de calidad y parámetros de grabación para, posteriormente, realizar la transmisión de dichos archivos y su posterior análisis de resultados. Para ello, realizaremos test a grupos de personas para, tras recabar datos y opiniones de la calidad de experiencia obtenida por esta muestra poblacional, analizar los resultados obtenidos con nuestros análisis previos y los obtenidos con los ensayos a estos grupos.

Así pues, en el CAPÍTULO 2 encontramos el Estado del Arte con una revisión de los conceptos clave para afrontar nuestro proyecto. Es importante definir los conceptos de IPTV y todas las técnicas que afectan a la transmisión de vídeo digital por Internet, como la compresión, codificación, estructura interna de las imágenes y la digitalización.

En el CAPÍTULO 3 hacemos un intenso repaso a las herramientas informáticas y dispositivos de grabación de los cuales vamos a hacer uso. Nos centraremos en las características más interesantes de cada cámara y las cualidades que nos brinda cada una

de ellas para la realización de las grabaciones mediante las cuales desarrollaremos el proyecto.

En el CAPÍTULO 4 se presenta el desarrollo de los ensayos de campo, cómo se han realizado, los espacios usados, las características y especificaciones concretas con que se ha captada la escena con cada una de las cámaras.

En el CAPÍTULO 5 analizamos los primeros resultados obtenidos tras las grabaciones realizadas en el capítulo anterior. En este punto, se transforman los archivos a los mismos formatos contenedores para igualar las muestras y se analizan cuatro parámetros de los archivos: peso, bitrate, porcentaje de compresión y tiempo de procesado.

Siguiendo con la estructura del proyecto, en el CAPÍTULO 6 realizamos las pruebas de visualización de los archivos a través de la transmisión de los mismos mediante el software VLC y posteriormente se recogen las impresiones de los espectadores a través de una encuesta. Posteriormente se analizan y detallan los resultados obteniendo nuevas conclusiones comparándolas con las ya obtenidas en el capítulo anterior.

Por último, en el CAPÍTULO 7 presentamos las conclusiones finales del proyecto, asimismo como los objetivos alcanzados y los problemas que hemos podido tener a lo largo del proceso investigador. En este punto también detallaremos aquello que hemos aprendido durante el proyecto y si este tiene aplicaciones futuras de cara al desarrollo de nuevas investigaciones.

2. Estado del arte: Conceptos previos

2.1 IPTV: Internet Protocol Television

Internet Protocol Television, de ahora en adelante IPTV, es un proveedor de servicios de televisión a través de un protocolo de Internet (IP). Este servicio está dedicado a empresas y hogares con una característica común, el bajo coste del servicio. Dentro de los servicios a los cuales puede prestarse la IPTV se encuentran el streaming de contenidos de televisiones por cable, el *video on demand* (VoD), triple play -que incluye, imagen, sonido e información-. En resumidas cuentas, en la IPTV convergen tres pilares fundamentales tecnológicos del siglo XXI como son la informática, las industrias culturales y la comunicación.

IPTV se concibe como una estructura o sistema a través del cual se transmite una señal digital de vídeo y audio sobre protocolo IP [6]. Esa estructura está formada por un entramado de servidores que se encargan de codificar y comprimir la señal, encapsulándola en pequeños paquetes que se transmiten por la red. El tráfico de IPTV puede ser protegido del resto de tráficos de la red para así poder garantizar al usuario una QoS óptima [7].

El uso de la IPTV está basado en la elección personal de lo que cada usuario quiere ver a través de una oferta de servicios a la carta. Estos servicios a la carta son desde un surtido de series de ficción, pasando por programas culturales y documentales hasta películas de estreno bajo demanda.

La interacción del usuario con la plataforma no es de forma pasiva, sino que el propio usuario, de forma activa y autónoma, es capaz de interactuar en tiempo real con el producto que está visualizando mediante el uso de comandos para pausar, acelerar, o hacer saltos en la reproducción de los archivos visualizados. Esto es una ventaja añadida al servicio porque el usuario es quien controla el ritmo de la emisión y la adecua a sus

necesidades de tiempo y no depende del momento en el cual se emite el programa, sino que lo visualiza a su gusto y tantas veces como desee.

Históricamente el primer servicio IPTV se instauró en Japón y poco a poco se ha ido desarrollando en el resto de países. El usuario puede acceder a un gran número de contenidos IPTV de forma gratuita en Internet a través de múltiples plataformas como dispositivos móviles, ordenadores, tablets e incluso con videoconsolas con conectividad a la red.

La calidad del servicio IPTV ha ido evolucionando a lo largo de los años. Si en sus inicios la calidad era una desventaja actualmente se están consiguiendo resultados muy potentes consiguiendo comprimir los archivos transmitidos manteniendo la calidad y aumentando el ancho de banda en los hogares, lo cual facilita una mayor transmisión de datos con una mayor calidad en un menor tiempo y poder reproducir en tiempo real aquello que deseamos visualizar.

Como bien se apunta en el artículo *IPTV The Killer Application for the Next-Generation Internet* [8] los retos que plantea la IPTV son la posibilidad de integrar el servicio en diferentes infraestructuras de diferentes operadores de servicios de Internet, la estabilidad del servicio a largo plazo como sustituto de la televisión tradicional y sobre todo, la calidad del servicio (QoS) que se ofrece. Ciertamente, uno de los problemas más acuciantes de la IPTV es ofrecer una calidad aceptable al usuario final a causa de la necesidad de un gran ancho de banda.

La evolución tecnológica y la mejora de los servicios de internet así como del ancho de banda, facilitan una mejor implementación en los hogares de servicios VoD y *streamings* a tiempo real de emisiones en directo deportivas, culturales o de información.

Mediante el análisis de diversos parámetros sobre el servicio de la IPTV, entre los que se incluyen la fluctuación, la pérdida de información, retrasos en la imagen y sonido y

desincronizaciones, las restricciones del ancho de banda, la cantidad de usuarios que pueden acceder al mismo tiempo al servicio y demás, podemos extraer la calidad de nuestro servicio (QoS) ofertado al cliente para que este tenga la mejor calidad de experiencia (QoE) posible. Actualmente los proveedores de servicios están llevando a cabo proceso de conversión y mejora de las redes para favorecer una mejor QoS.

Garantizar la calidad de servicio está directamente relacionado con la gestión del tráfico en los servicios IPTV. El objetivo de gestionar el tráfico es poder soportar de forma eficiente los requisitos de QoS para distintos servicios. [6]

Como bien se apunta en el artículo *Estudio de QoS y QoE y Propuestas de Sistemas para la Mejora de los Servicios Multimedia e IPTV*

“la QoS se puede definir como la capacidad de la red para ofrecer un servicio mejor o especial a un conjunto de usuarios o de aplicaciones o a ambos, en detrimento de otros usuarios o aplicaciones, o ambas cosas. Las redes multimedia tienen una serie de requerimientos especiales y es muy importante garantizar una buena calidad del servicio que perciban los usuarios, es decir la calidad de experiencia del usuario (QoE)” [9]

Una de las características que pueden definir a la QoE es que cada usuario la percibe de forma única e individual, por tanto, este parámetro se mide y analiza de forma subjetiva con la participación de cada usuario. Uno de los mayores problemas planteados en este punto es la necesidad de una gran infraestructura y de un gran ancho de banda para poder transmitir la señal de vídeo digital en su formato nativo para poder ofrecerla siempre en máxima calidad. Por ello es necesario encontrar un formato de compresión eficiente y eficaz que preserve el mayor porcentaje de calidad posible y sea más ligero para ser transmitido y distribuido a través de la IPTV.

Viendo la tendencia actual del uso de la IPTV a nivel mundial, queda claro que se debe analizar en profundidad y encontrar vías de mejora para poder implementar un servicio

más competente y de calidad y servir a los usuarios la mejor calidad de experiencia posible a través de una mejora en la compresión y transmisión de los archivos a través de la red.

2.2 Compresión: Codecs y formatos contenedores

La compresión consiste en la capacidad para transportar información utilizando el menor número posible de datos. El objetivo principal de los codecs, dentro de sus diferencias y sus particularidades, es reducir el peso de los archivos de vídeo que codifican intentando mantener la máxima calidad posible. Si no se aplicase ninguna técnica de compresión a los archivos de vídeo que nosotros capturamos, estos tendrían un peso excesivo y nos aportaría más problemas que ventajas a la hora de almacenarlos en soportes físicos como discos duros y tarjetas SD o Compact Flash y también sería más problemático a la hora de transmitirlos vía streaming. Por otra parte, cuando realizamos la compresión del archivo de vídeo estamos reduciendo de forma inevitable la calidad de la imagen al reducir el número de bits del archivo.

La función principal de un codec es la de transformar un archivo digital con unas características concretas. Con esto podemos observar como un gran abanico de codecs provocan pérdidas de información al comprimir los archivos digitales para adelgazar su peso aunque también hay otro pequeño grupo de codecs, los que conocemos como *lossless* que son aquellos codecs que comprimen sin pérdidas.

Los formatos contenedores son lo que conocemos como *extensiones* de nuestros archivos digitales, es decir, .mov, mp4, .avi, etc. Los formatos contenedores encapsulan tanto los codecs de audio como de vídeo para posteriormente ser reproducidos en diferentes dispositivos y plataformas multimedia.

Como ya sabemos, un vídeo es una sucesión de imágenes reproducidas a una velocidad (24/25/30 frames) por segundo. Así pues, de esta forma, nuestro objetivo es intentar comprimir la información contenida en cada frame. Como el ojo humano es más

sensible a la luminancia (canal Y), los sistemas de compresión aplican procesos de reducción de información en los canales que afectan a la crominancia (Cb - Azul, Cr - Rojo). El escenario ideal es la transmisión de un archivo con una estructura de 4:4:4, pero ya en el momento de la filmación los dispositivos de grabación trabajan para comprimir el archivo de vídeo digital en la mayoría de los casos.

Para ahorrar espacio la señal comprime la señal de crominancia y se transporta la mitad de información de azul y rojo que de señal de luminancia. Por tanto, la frecuencia de muestreo aceptada con una calidad aceptable y una reducción considerable del peso es aquella que afecta a la crominancia y deja intacta la luminancia (4:2:2). Como bien indicó Vicente Llorens en su manual de Fundamentos tecnológicos de Vídeo y Televisión, en el ámbito profesional hay otras normas como la 4:2:0 en la cual las señales de crominancia *“se muestrean alternativamente como se hace en la norma 4:2:2, pero no en todas las líneas sino tomando muestras de color en una línea sí y en la siguiente no”* [10]. De esta forma se reduce aún más la resolución de color del vídeo, pero aún sigue siendo aceptable para su reproducción en las televisiones domésticas.

Los sistemas de compresión se encuentran en los sistemas de difusión (televisión por cable, satélite, terrestre), en los sistemas de almacenamiento de archivos digitales (DVD/BluRay), en algunas aplicaciones interactivas y servicios bajo demanda (IPTV, VoD). Gracias a la compresión, se consigue transportar la información a los hogares a través de una red de Internet de banda ancha reduciendo costes para el proveedor de servicios y para el cliente.

2.3 Entropía y redundancia

La entropía [11] es un concepto que representa los límites de la codificación basada en la incertidumbre de una fuente de información en la cual se codifican los datos sin necesidad de conocer la naturaleza de los mismos. La entropía denota el mínimo número de bits por símbolo necesarios para representar una cadena.

Cuando se articulan los sistemas de compresión para la reducción de datos de nuestros archivos digitales se debe tener en cuenta la tipología de los datos que contienen dichos archivos. Así pues diferenciamos entre los datos entrópicos [12] y los datos redundantes:

Los datos entrópicos son esenciales en la composición del archivo digital y sin su existencia el mensaje transmitido no se entendería. Por otra parte, los datos redundantes son aquellos que se suceden y repiten una y otra vez o son predecibles por el contexto del mensaje transmitido.

Es una función imprescindible dentro de la compresión analizar y descubrir los datos entrópicos y redundantes para, posteriormente, omitirlos o codificarlos para que ocupen el menor espacio posible y finalmente el receptor pueda recuperarlos durante la transmisión.

La compresión, por tanto, elimina la redundancia que hay en los archivos digitales para adelgazar el tamaño de estos y facilitar su transmisión. Sin embargo, los archivos comprimidos son más susceptibles de acarrear errores. Así pues, los sistemas de transmisión deben corregir estos posibles errores y, por otra parte, evitar técnicas de compresión demasiado agresivas [13].

2.4 Digitalización

La digitalización se basa en recoger información de una escena natural para posteriormente muestrear dicha escena tanto espacial (*pixels*) como temporalmente (*frames per second*) para posteriormente codificar dichos archivos en un proceso de compresión y descompresión de la señal para ser reproducidos en los diferentes sistemas mencionados anteriormente.

Para que el espectador no perciba la pérdida de información y calidad en nuestros archivos digitales, se deben utilizar procesos de digitalización con un número elevado

de opciones (bits), de forma que sean suficientes para conservar, distribuir y manipular estos archivos, tal y como indica Antonio Bartolomé en su artículo *Vídeo Digital* [14].

La compresión de nuestros archivos digitales se realiza en ciertos puntos en concreto de estos. Se buscan zonas en las cuales no hayan cambios perceptibles entre un frame y el siguiente (redundancia). Lo que se pretende es pues asignar el mismo valor a ambos frames con el consiguiente ahorro de tamaño. Pero como ya sabemos, cualquier procedimiento mediante el cual se comprima nuestro archivo digital implica de forma inexorable una pérdida de información. Al reconstruir una imagen la cantidad de bits asignados es directamente proporcional a la calidad. Cuando trabajamos a 8 bits por color (256 valores para el rojo, 256 para el verde y 256 para el azul) la pérdida de información es casi imperceptible.

La calidad de la imagen visualizada y de sonido está condicionado a nuestra velocidad de acceso al archivo en tiempo real. Cuanto menor sea nuestra velocidad, obtendremos una peor calidad de visualización, puesto que la resolución y la calidad de la imagen se adaptan a nuestro ancho de banda.

Uno de los problemas que suele aparecer durante nuestro envío de archivos es el *jitter* [7]. Conceptualmente este concepto hace referencia a la fluctuación o a la variación de las señales digitales que enviamos. Es decir, no se envía de forma lineal ni constante, sino que puede sufrir variaciones nuestro envío que afecten ciertamente a la calidad del visionado. Está catalogado como la primera consecuencia de un retraso en la señal. Su mayor problema radica en la molestia que produce en *apps* ya que algunos paquetes llegan antes de tiempo y otros después y eso produce ciertas alteraciones. La solución se encuentra mediante el uso de un búfer

Cuando grabamos en ambientes exteriores, suele predominar un color por encima del resto: el azul del mar, el verde de un paisaje forestal, el blanco de un pico nevado. Actualmente hay un gran abanico de codecs que, según el color predominante en nuestro cuadro, son más efectivos que otros [15]. Los operadores de servicios de

Internet siempre tienen como objetivo el mejorar el ancho de banda y, al mismo tiempo, conseguir la mejor calidad con una mayor compresión de los archivos digitales. Por tanto, encontrar cualquier codec que nos facilite ese objetivo debe ser primordial. También está el factor añadido de la multiplicidad de soportes audiovisuales en los cuales reproducir dichos archivos digitales. Para cada soporte (tablet, teléfono, ordenador, Smart TV) se codifican específicamente los archivos para su mejor transmisión, reproducción y visualización.

Además, no sólo para la transmisión es importante economizar espacio. Como es lógico, es importante el adelgazamiento del peso de los archivos para su posterior almacenamiento en dispositivos físicos o en la nube. Ambos espacios, el físico y el virtual, tienen un volumen finito, pese a que cada vez más se producen memorias de almacenamiento más grandes a precios más económicos y los servidores de almacenamiento virtual son más potentes y consistentes con una mayor capacidad para cada usuario.

Se ponen de manifiesto dos factores vitales a tener en cuenta durante la codificación de los archivos de vídeo: la escalabilidad y la calidad de la imagen. Como hemos definido en los párrafos anteriores, el objetivo que persigue la codificación de vídeo digital es encontrar la calidad óptima para un bitrate determinado [16]. Como nosotros como proveedores de servicio no conocemos las condiciones ni la capacidad receptora de nuestro cliente, debemos optar por una configuración escalable de nuestro vídeo en diferentes calidades.

Esto responde a la necesidad de hacer llegar el mismo vídeo a todos los receptores en condiciones únicas y particulares, para que todos puedan reproducirlo de una forma efectiva dentro de sus capacidades.

Nuestro interés radica en las posibilidades del streaming como técnica de transmisión de vídeo digital por internet a tiempo real. Como sabemos, no es necesario la descarga completa del archivo para ser visualizado sino que los datos se transmiten forma

continua. El mayor problema de este sistema radica en la velocidad en la que llegan estos datos. Sino llegan de forma adecuada o se reciben muy lentamente, la visualización del vídeo será complicada y poco eficaz.

El mayor problema de los proveedores de servicios y de las plataformas de difusión de VoD o streaming radica en la capacidad de estas de proveer el vídeo a diferentes resoluciones y calidades adaptándose a las necesidades y características de los clientes. Una solución a este problema es la compresión y almacenamiento de las secuencias a distintos bitrates [16]. Otra solución alternativa, que evita la sobrecarga del almacenamiento y que sí es viable para las aplicaciones en tiempo real como lo son actualmente las páginas web de las televisiones en España, es la de usar una codificación adaptativa al cliente basada en la selección personalizada de los parámetros por parte del usuario denominada escalabilidad de vídeo.

Así pues, tal y como indican los del artículo “un codificador escalable será aquel que reciba como entrada un vídeo digital y produzca un vídeo comprimido que posea algunas características concretas adaptadas a las necesidades del receptor” [16]

La eficiencia de cada codec depende también de la capacidad del mismo para maximizar la capacidad de compresión de la imagen utilizando el mínimo número de bits posibles para almacenar la información. Por eso hay codecs que responden de forma más eficaz que otros para algunos colores en particular. Así pues, la elección de un codec depende, entre otras cosas, por el color predominante en el vídeo que estamos trabajando [15].

2.5 Grupos de imágenes: codificación interframe e intraframe

No hay pues un sólo codec que predomine por encima del resto. No se ha creado un estándar que aúne todas nuestras necesidades o sea usado de forma universal. Así pues, la estructura interna de compresión que sufren los frames tiene infinitas posibilidades en cada codec y por tanto son estructuras muy interesantes de observar para entender el

comportamiento de los codecs y como afectan sus algoritmos de compresión a la calidad del archivo final. La estructura del *grupo de imágenes* (de ahora en adelante GoP) [12] nos explica la disposición en la cual son ordenados los frames de un archivo de vídeo digital y si la codificación de estos frames es *intraframe* o *interframe*.

Dentro de la estructura GoP encontramos tres tipos de imágenes: I, P y B. Las primeras de ellas, las imágenes I, son imágenes de referencia cuya codificación es intraframe, es decir, se codifica de forma individual sin tener en cuenta los frames anteriores y posteriores. Son las imágenes iniciales de cada GoP. Las imágenes de tipo I son las imágenes de máxima calidad que podemos encontrar en los GoP. Las imágenes de tipo P son aquellas imágenes cuya codificación se realiza mediante predicción. La codificación es interframe, es decir, contienen información de la imagen precedente sea de tipo B o de tipo I. Son imágenes con una menor calidad y la compresión afecta principalmente a la crominancia como hemos advertido en los párrafos anteriores. Por último, las imágenes de tipo B son aquellas cuya codificación se realiza mediante la predicción bidireccional, es decir, la cual contiene información de la imagen que le precede y antecede, sea del tipo que sea, dentro de la estructura del GoP. La codificación, al igual que las de tipo P, es interframe.

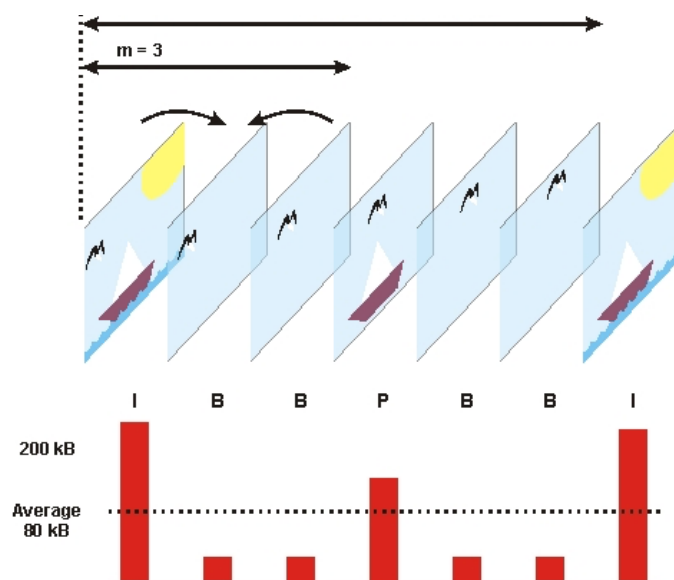


Figura 1: Grupo de imágenes

La estructura típica de un GoP, como podemos ver en la figura 1, se inicia con una imagen índice o como la hemos nombrado en el párrafo anterior, una imagen I. Es la imagen que contiene la información completa y no se necesitan adiciones de las imágenes adyacentes para reconstruir toda su información. Normalmente las imágenes I son acompañadas por imágenes B, que son aquellas cuya reconstrucción se basa en la información contenida por los frames anteriores y posteriores, por tanto tienen un alto grado de compresión por sí solas no aportan demasiada calidad al visionado. Por último, entre varias unidades de imágenes B se colocan imágenes P que se retroalimentan de sus predecesoras en la estructura GoP.

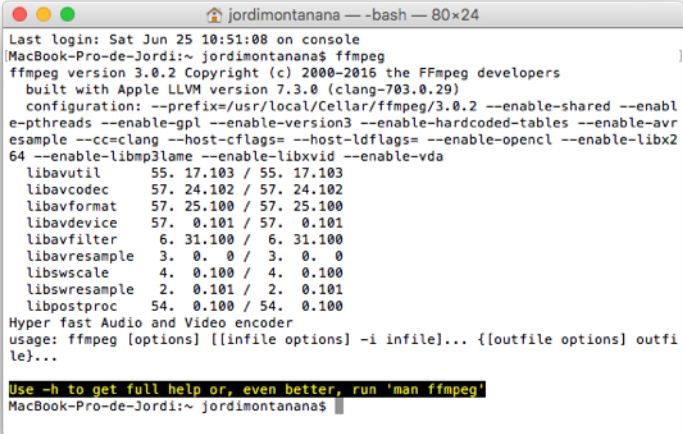
Como hemos indicado, las imágenes I dentro del GoP son las imágenes que no tienen pérdida de información. Así pues, cuando estamos visionando un vídeo y seleccionamos un punto aleatorio en el timeline, la imagen aparecerá congelada hasta que, dentro de la estructura interna del vídeo, se reproduzca una imagen I. Por tanto, cuanto mayor sea el número de imágenes I, mayor será la calidad del archivo.

Actualmente ya hay cámaras digitales de vídeo y DSLR con capacidad para captar vídeo cuya estructura está formada por imágenes I al completo. Por contrapartida, un excesivo número de imágenes I nos ofrece un archivo de gran tamaño, lo que nos impedirá una transmisión por la red eficaz. Dadas las limitaciones del ancho de banda de los hogares, necesitamos reducir inevitablemente el tamaño, y en consecuencia la calidad, de nuestro vídeo.

3. Desarrollo del proyecto

3.1 Herramientas y software

Dentro de las herramientas de las cuales hemos hecho uso para llevar a cabo nuestros ensayos encontramos el software FFMpeg, el cual podemos ver en la figura 2. La función principal de este software libre radica en la capacidad de transcodificar y convertir archivos de audio y vídeo digitales, además de poder realizar streamings de estos archivos.



```
Jordimontanana -- -bash -- 80x24
Last login: Sat Jun 25 10:51:08 on console
MacBook-Pro-de-Jordi:~ jordimontanana$ ffmpeg
ffmpeg version 3.0.2 Copyright (c) 2000-2016 the FFmpeg developers
  built with Apple LLVM version 7.3.0 (clang-703.0.29)
  configuration: --prefix=/usr/local/Cellar/ffmpeg/3.0.2 --enable-shared --enabl
e-pthreads --enable-gpl --enable-version3 --enable-hardcoded-tables --enable-avr
esample --cc=clang --host-cflags= --host-ldflags= --enable-openccl --enable-libx2
64 --enable-libmp3lame --enable-libxvid --enable-vda
  libavutil      55. 17.103 / 55. 17.103
  libavcodec     57. 24.102 / 57. 24.102
  libavformat    57. 25.100 / 57. 25.100
  libavdevice    57.  0.101 / 57.  0.101
  libavfilter     6. 31.100 /  6. 31.100
  libavresample  3.  0.  0 /  3.  0.  0
  libswscale     4.  0.100 /  4.  0.100
  libswresample  2.  0.101 /  2.  0.101
  libpostproc   54.  0.100 / 54.  0.100
Hyper fast Audio and Video encoder
usage: ffmpeg [options] [[infile options] -i infile]... {[outfile options] outfi
le}...
Use -h to get full help or, even better, run 'man ffmpeg'
MacBook-Pro-de-Jordi:~ jordimontanana$
```

Figura 2. FFMpeg

En nuestro caso, el uso principal que le hemos dado al FFMPEG es el de editar y adecuar a unas características concretas, nuestros archivos digitales de vídeo grabados para los ensayos.

3.2 Equipo de grabación: elección de las cámaras

Para la realización de la parte práctica de esta tesina, nos hemos decidido a usar tres cámaras, en concreto dos videocámaras y una DSLR: una Panasonic AG-AC160A y una Sony NX100 y una Canon 6D. El hecho de por qué elegimos estas tres cámaras viene fundamentado principalmente por la disponibilidad y acceso a este material y por las

características que tienen cada una de ellas. Dentro de las similitudes que encontramos, principalmente el soporte de grabación, nos centramos en potenciar sus diferencias en los ensayos que hemos realizado. Además, creemos interesante comparar la evolución de las videocámaras semi-profesionales, como lo son la Panasonic producida en 2012 y la Sony, producida tres años después (2015).

3.2.1 Panasonic 160

La Panasonic AG-AC160A es una videocámara polivalente con capacidad para grabar en alta definición. Esta videocámara producida por Panasonic se encuentra en el tramo inferior de cámaras profesionales para televisión.

La Panasonic 160 está equipada con un sensor de alta luminancia 3-MOS de 1/3" que ya incorporaban cámaras de alta calidad como las P2HD. Este sensor maximiza el rendimiento de los objetivos como del procesador DSP de 18 bits.

Por su parte, la Panasonic 160 está equipada con un objetivo zoom 22X HD, catalogado como el más largo de su clase. Es cierto que ofrece un mayor rango de acción que el objetivo G de la Sony NX100 que luego detallaremos, pero el factor de multiplicación es también muy grande. El 3.9-86mm se transforma en un 28-616mm al adaptarse a un sensor de 35mm. Con lo cual nos encontramos con un factor de multiplicación de x7,1, algo excesivo en comparación con la NX100 (x3,1) y la Canon 6D (Full Frame). Por otra parte, el objetivo de la Panasonic nos ofrece tres anillos: uno para un enfoque suave y preciso, otro para un control exacto del iris y un tercero para el control de la distancia focal. Además, podemos aplicar hasta cuatro filtros ND para trabajar más cómodamente en las condiciones de luz más extremas. Los cuatro filtros de los que podemos hacer uso son *off*, 1/4ND, 1/16ND y 1/64ND.

En cuanto al visor, la Panasonic 160 nos ofrece un LCD de pantalla ancha con poco más de 900.000 pixels y 3.45 pulgadas. Es una resolución y tamaño aceptable, pero es otra de las características en las cuales, comparativamente, sale perdiendo frente a la NX100.

Pese a ello, en el LCD se nos muestra la información relativa a la forma de onda, el asistente de enfoque, zebra, entrada y nivel de audio, autonomía, timecode y capacidad de la memoria, más que suficiente para trabajar con comodidad.

La Panasonic 160 presenta un formato de grabación de alta calidad codificado mediante el codec AVC/H.264. Este codec nos presenta un formato contenedor usual en las cámaras de Sony y Panasonic, el .mts. Entre los perfiles de grabación disponibles encontramos el modo de grabación de más calidad PH (21Mbps, 1080p) y el modo de menor calidad, el PM (8Mbps, 720p). También ofrece la posibilidad de grabar con un framerate variable, entre los que destacamos los más populares: 23,976fps, 29,97fps y 25fps.

Por último queremos hacer referencia al rango dinámico de la cámara, el cual trabaja de forma electrónica compensando las variaciones máximas de iluminación en el cuadro, obteniendo resultados más que decentes. Por otra parte, el balance de blancos de la Panasonic 160 nos ofrece unos márgenes que se sitúan entre los 2.400K y los 9.900K.

3.2.2 Sony NX100

La cámara Sony NX100 es una videocámara dirigida principalmente a la grabación de noticias dadas sus características y su tamaño, su reducido peso y su manejabilidad.

La cámara de Sony incluye un sensor CMOS Exmor R de 1", cuyo tamaño se asemeja al de un cuadro de Super 16mm. gracias al tamaño del sensor, la cámara ofrece un gran rendimiento, resolución y, además, un rango dinámico amplio, lo cual siempre es interesante. A pesar de ser presentada como una cámara con un sensor con 20MP la realidad es que tan sólo 14,2MP son efectivos.

El rango dinámico afecta a la densidad mínima y máxima que la cámara puede grabar. En este caso hace referencia al contraste entre las luces y las sombras. La importancia del rango dinámico viene dada por la capacidad de la cámara de captar zonas de alto

contraste de luces y sombras. Normalmente el rango dinámico de la cámara es de 5 pasos. Esto quiere decir que se encontrará detalle entre las zonas más clara y las más oscuras siempre y cuando se encuentren a 5 pasos. Todo lo que se sobrexponga o subexponga no conservará detalle alguno.

Dentro de las prestaciones que nos ofrece el sensor CMOS Exmor encontramos la alta sensibilidad que nos brinda en comparación con otras videocámaras de su mismo tramo de mercado. Es un CMOS más luminoso y nos ofrece la posibilidad de obtener *bokeh*s con una menor profundidad de campo que otros sensores más pequeños lo cual amplía nuestras capacidades artísticas y visuales a la hora de componer los cuadros.

La NX100 soporta un *objetivo G*, una lente original de Sony, con unas capacidades ópticas y un rendimiento sobresaliente. Gracias a la conjunción entre la lente de Sony y el CMOS con la NX100 logramos una claridad y nitidez en nuestras capturas a niveles profesionales. Sin embargo, y pese a que se nos ofrece un objetivo con una distancia focal comprendida entre 9,3-111,6mm el factor de recorte que sufre la NX100 convierte el objetivo en un 29-348mm al recalcular el *crop* para un sensor full frame lo que nos da un factor de recorte de x3.1.

Sin embargo y pese a las posibles molestias que nos pueda ofrecer este factor de recorte en cuanto al uso de otras lentes, el zoom óptico que tiene el objetivo G se complementa con un zoom electrónico, el *Clear Image* de Sony. Como parte negativa de este tipo de zooms, la imagen sufre un severo desgaste y la cantidad de ruido es excesiva.

También hay que reconocer la suavidad y efectividad de los anillos de enfoque, el anillo del iris y del zoom. Sin embargo y como dato negativo, el anillo de enfoque es un anillo “sin fin” y por tanto dificulta algunas realizaciones artísticas como por ejemplo el uso de trasfocos, dado que no podemos marcar en un follow focus dos puntos de enfoque entre los cuales queramos movernos porque no son exactos.

La Sony NX100 viene equipada con un conjunto de filtros de densidad neutra (Clear, 1/4ND, 1/16ND y 1/64ND) para atenuar la luz incidente y así poder obtener aperturas de diafragma mayores en condiciones máximas de luz.

El viewer de la NX100 es de un tamaño considerable. Con 3,5” y 1.5 millones de puntos, el LCD EVF de Sony ofrece una visión de nuestras grabaciones de forma muy competente. Con posibilidad para controlar el brillo según nuestras necesidades y el entorno lumínico en el que estemos trabajando, el viewer es una herramienta fundamental de la NX100 para leer toda la información en directo de nuestra cámara como puede ser la autonomía, la capacidad de la memoria, la apertura de diafragma, el shutter o la entrada de audio, entre otras cosas.

Otra de las características interesantes que encontramos en la NX100 son sus dos ranuras para memoria SD (SDHC y SDXC). Esta configuración de doble ranura permite la grabación simultánea en las dos tarjetas o una vez está una llena continuar la grabación ininterrumpida en la segunda.

Los formatos que ofrece la NX100 son el AVCHD y DV. Además ofrece el formato XAVC S a 50Mbps. Los archivos digitales son codificados en AVCHD cuyo formato contenedor es .mts al igual que la Panasonic 160. Estos nuevos formatos contenedores son utilizados por algunos codecs de alta eficiencia para grabar en resoluciones de 1080i y 720p. Los contenedores .mts fueron creados por Panasonic y Sony como ya hemos mencionado anteriormente.

Por último, la adaptabilidad del balance de blancos es gratamente sorprendente en esta Sony NX100. Los márgenes de la temperatura de color se sitúan entre 2.300K y 15.000K ajustados de forma manual. Un amplio abanico para poder adaptarnos a cualquier condición lumínica y atmosférica.

3.2.3 EOS 6D

Por último, contamos con una cámara *digital single lens reflex* (DSLR), en concreto una Canon 6D. Esta cámara de la marca japonesa se encuentra en el escalón más bajo del tramo de cámaras dirigidas a profesionales con la particularidad de que es una cámara Full Frame, es decir, tiene un sensor de formato completo de 20.2MP. La Canon 6D es compatible con el gran abanico de monturas EF que ofrece Canon.

El peso de la Canon 6D es bastante ligero en comparación a las anteriores cámaras de vídeo que hemos analizado. Su construcción es compacta y ligera y ergonómica. Aún así, Canon ofrece la posibilidad de añadir *grips* para mejorar la manejabilidad de la cámara.

En cuanto a las características técnicas de la cámara, destacamos la sensibilidad ISO que llega a alcanzar: 25.600, ampliable hasta 102.400 ISO aplicándole la ganancia máxima posible. En el caso de vídeo, la ISO máxima alcanzable es de 12.800 (25.600 usando el máximo de ganancia hábil). Por otra parte, como ya hemos indicado, su sensor CMOS full frame junto a un procesador de imagen DIGIC 5+ ofrecen una calidad de imagen y definición muy por encima de la media. Además, la capacidad de la cámara para trabajar en condiciones de iluminación escasa gracias al ISO y al sistema de enfoque de 11 puntos, facilitan la grabación con la Canon 6D en espacios nocturnos, lo cual es un punto a favor de esta cámara.

Las ventajas que ofrece un CMOS full frame como el de la 6D son diversas. Entre ellas la posibilidad de usar objetivos angulares sin sufrir el factor de recorte del que adolecen otras cámaras DSLR e incluso las propias cámaras de vídeo digital que hemos analizado en los puntos anteriores. Así pues, la longitud focal de la Canon 6D es 1,0x con lo cual se mantiene invariable la distancia focal de la lente que estemos usando. Gracias al CMOS full frame podemos hacer uso de lentes EF, desde grandes angulares para la captación de paisajes hasta objetivos zoom para fotografiar y filmar objetos a grandes distancias.

Al igual que las anteriores cámaras de vídeo, la Canon 6D también tiene un *viewer* modelo LCD Clean View II de 3 pulgadas y con una gran resolución, que facilita el visionado de las fotografías y, sobre todo, ayuda al operador de cámara durante la grabación de los vídeos a Full HD.

En cuanto al sistema de grabación, la canon 6D consigue grabar en Full HD a 1920x1080 (23.976-25-29.97 fps). El formato contenedor en el cual graba es .mov (codec de vídeo H.264 y PCM Lineal para audio) y tiene la posibilidad de realizar compresiones interframe o intraframe. De hecho, es una gran ventaja para el usuario de Canon poder grabar en Full HD (1920x1080) con un GoP conformado sólo por imágenes I sin compresión.

Mediante el uso de lentes EF de la serie L Professional y la serie de lentes profesionales para cine CN-E de Canon podemos obtener resultados profesionales y de gran calidad dirigidos a la grabación de producciones cinematográficas.

Pero si hay algo de lo que sentirse ciertamente orgulloso de trabajar con una Canon 6D es del desarrollo del rango dinámico. Cada vez más, la marca japonesa se acerca a la excelencia de Nikon en este campo. La actual Canon 6D es capaz de trabajar en 12 pasos con una sensibilidad de ISO 100 que paulatinamente se va reduciendo a altas sensibilidades llegando a 7 pasos por encima del ISO 25.600, dos pasos por encima del mejor rendimiento del rango dinámico en las anteriores videocámaras comentadas. Por último y para concluir este análisis, observamos que la Canon 6D puede trabajar la temperatura de color en márgenes de 2.500K (2.000K en el modo personalizado) y 10.000K, similar a la Panasonic 160 y algo inferior a la NX100.

4. Metodología: Ensayos de campo

4.1 Ensayo uno: Interior. Luz artificial.

Para este primer test hemos dispuesto de forma paralela las 3 cámaras con las cuales realizamos nuestros ensayos. En esta primera prueba, llevamos a cabo la captación de vídeo en un estudio de televisión como se muestra en la figura 3 para poder hacer el análisis de la imagen con luz artificial en un escenario interior.

Como ya avanzamos anteriormente, hemos realizado estos ensayos con dos cámaras de vídeo como son la Panasonic AG-AC160, una Sony NX100 y una DSLR, la Canon 6D Full Frame. Dentro de las características de grabación hemos tenido en cuenta la apertura del diafragma, intentando equiparar los tres equipos de grabación a la misma apertura, la misma velocidad de obturación y la misma temperatura de color. A pesar de todo esto, hemos encontrado algunas diferencias, aunque mínimas, en la temperatura de color registrada en cada una de las cámaras para un mismo balance de blancos.



Figura 3. Fotograma ensayo interior

Los objetivos que hemos usado para la realización de las capturas son los siguientes: una lente 22x HD Zoom para la Panasonic AG-AC160 con una apertura de diafragma $f/4$ y una distancia focal de 109mm. La velocidad de obturación era de $1/60s$. Para la Sony NX100 contamos con un objetivo G gran angular usando la misma apertura que la Panasonic AG-AC160, $f/4$ y una distancia focal de 42mm y, al igual que la Panasonic AG-AC160 dispusimos el *shutter* en $1/60s$. Por último, hemos usado un objetivo Canon EF 24-105mm $f/4L$ IS USM de la marca japonesa con una apertura $f/4$ y una distancia focal de 70mm y el *shutter* en $1/60s$. Al ser esta una cámara Full Frame no obtenemos tasa de multiplicación para la distancia focal usada y por tanto los 70mm de distancia focal son reales. Dicho de otro modo, no tenemos un porcentaje de “*crop*” en nuestro cuadro.

Los materiales de iluminación con los cuales contábamos para realizar la grabación en interior eran un rack de iluminación profesional compuesto por bancos de luz fluorescente de 4 tubos y luces fresnel de 1K y 2K controlados mediante una mesa de iluminación Hydra.

Añadiremos a continuación, en la tabla 1 podemos ver las características de cada cámara en el momento de la grabación de las tomas:

	PANASONIC 160	SONY NX100	CANON 6D
CODEC GRABACIÓN	AVCHD	AVCHD	MPEG-4 AVC/H.264
OBJETIVO	22X HD Zoom	Objetivo G Sony	EF 24-105mm $f/4L$ IS USM
DISTANCIA FOCAL	24mm	42mm	70mm
DIAFRAGMA	$f/4$	$f/4$	$f/4$
OBTURACIÓN	$1/60s$	$1/60s$	$1/60s$
TEMPERATURA DE COLOR	3.200K	3.300K	3.100K

Tabla 1. Ensayo interior

4.2 Ensayo dos: Exterior. Luz día.

Para este segundo test disponemos de igual forma las 3 cámaras con las que estamos trabajando en nuestros ensayos. En este segundo test prueba, realizamos la captación de vídeo en un escenario exterior, al aire libre, para poder hacer el análisis de la imagen con luz natural durante las primeras horas del día.

El objeto filmado es un arbusto verduoso con una flor roja tal y como podemos observar en la figura 4. La intencionalidad de esta grabación radica en observar el contraste entre colores rojos y verdes con la luz diurna para observar el comportamiento de cada una de las cámaras.



Figura 4. Fotograma ensayo exterior

Las configuraciones de las cámaras a la hora de la grabación fueron las que detallamos a continuación. Los objetivos que hemos usado para la realización de las capturas en esta segunda prueba son los mismo objetivos que hemos usado en nuestro primer ensayo: un 22x HD Zoom para la Panasonic 160 con una apertura de diafragma $f/8$ y una distancia focal de 33mm. Para la Sony NX100 contamos con un objetivo G gran angular usando la misma apertura que la Panasonic, es decir, un $f/8$ y una distancia focal de 57mm. Por

último, hemos usado un objetivo Canon EF 24-105mm f/4L IS USM con una apertura de diafragma f/8 y una distancia focal de 105mm en nuestra Canon 6D. Recordamos que al ser la 6D una cámara Full Frame no obtenemos tasa de multiplicación. Así pues, la distancia focal que exponemos aquí es una distancia focal *real*. Las tres cámaras filmaron con el *shutter* a 1/60s.

Añadiremos a continuación en la tabla 2 podemos ver las características de cada cámara en el momento de la grabación de las tomas de nuestro segundo ensayo:

	PANASONIC 160	SONY NX100	CANON 6D
FORMATO GRABACIÓN	AVCHD	AVCHD	MPEG-4 AVC/H.264
OBJETIVO	22X HD Zoom	Objetivo G Sony	EF 24-105mm f/4L IS USM
DISTANCIA FOCAL	33mm	57mm	105mm
DIAFRAGMA	f/8	f/8	f/8
OBTURACIÓN	1/60s	1/60s	1/60s
TEMPERATURA DE COLOR	6.900K	6.900K	6.900K

Tabla 2. Ensayo exterior

5. Primeros resultados

5.1 Análisis de resultados

Tras el análisis de los archivos y su posterior procesado mediante el *ffmpeg*, hemos podido comprobar como los formatos contenedores *.mts* y *.mov* trabajan de formas totalmente distintas, lo cual no nos sorprende, pero a pesar de ser previsible, no deja de ser importante e interesante hacer una introspección en lo que los datos obtenidos nos aportan. La calidad máxima, las diferencias de pesos y compresión son bastante remarcables. Así pues, hemos intentado igualar los formatos de compresión codificando los archivos a *.mkv*, *.avi* y *.mp4*, tres formatos contenedores populares dentro del sector digital, para así poder observar qué contenedor se adapta mejor a nuestra imagen en relación a la calidad que se extrae y el peso y el tiempo que tarda el *ffmpeg* en realizar la codificación. También creemos que es una buena forma de comparar los diferentes codecs con los que trabajan los formatos contenedores propuestos. En este caso, *.avi* ha sido procesado mediante mpeg 2 mientras que los archivos obtenidos en *.mp4* y *.mkv* han sido procesados por el codec H.264.

La operación para obtener los archivos la hemos realizado mediante el comando [17] de *ffmpeg* que mostramos a continuación:

```
ffmpeg -i entrada.mts -qscale 1 salida.mkv
```

En este caso, lo que se está ejecutando en el software es una orden que demanda la transformación del archivo de entrada en su formato original (*.mts* o *.mov* en nuestro caso), preservando la máxima calidad posible del archivo mediante el comando *qscale 1* y asignándole un nombre y formato contenedor a la salida (en nuestro caso *.mkv*, *.mp4* o *.avi*).

Una vez realizada la operación para cada uno de los archivos digitales obtenidos con la captura de nuestras cámaras de vídeo hemos comparado diversos parámetros que a

nuestro juicio son muy interesantes de analizar para con cada uno de los formatos contenedores dedicados. Así pues, entre estos valores, hemos comparado el peso del archivo digital obtenido, el porcentaje de compresión del archivo codificado al nuevo formato contenedor en relación a su archivo original, la velocidad de compresión del archivo por parte del *ffmpeg* para cada una de las codificaciones y por último, mediante el comando *ffprobe* hemos obtenido también el bitrate del archivo digital.

A continuación vamos a representar los datos obtenidos para cada cámara y formato contenedor en las siguientes tablas. El primer grupo de datos pertenecen al **primer ensayo** realizado en nuestro escenario interior:

En la tabla 3 que os mostramos a continuación hemos realizado una comparación de pesos obtenidos de los archivos resultantes tras la codificación en los tres formatos contenedores propuestos.

Peso	Panasonic 160	Sony NX100	Canon 6D
AVI	95,7 MB	72,3 MB	37,2 MB
MKV	10,8 MB	9,3 MB	8 MB
MP4	10,4 MB	8,9 MB	7,6 MB

Tabla 3. Comparación de pesos ensayo 1

Como podemos observar se produce una gran reducción del peso del archivo final, sobre todo en los archivos .mkv y .mp4. Ciertamente, los archivos .avi son de mayor tamaño final que los otros dos. Esto sucederá de una forma más clara en el segundo ensayo. Así pues en la gráfica relativa al peso de los archivos que mostramos en la figura 5, podemos comparar el peso de los archivos obtenidos, medido en MB, de cada cámara tras su posterior procesado. Pero este dato no es relevante *per se* sin analizar la relación directa entre el resto de parámetros que hemos trabajado y que a continuación detallaremos.

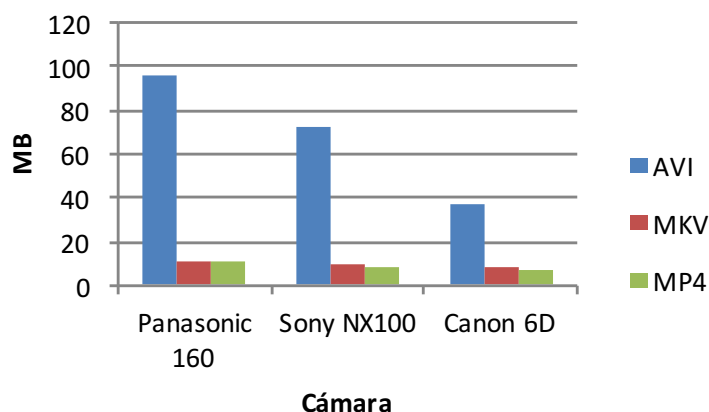


Figura 5. Pesos de archivo

El porcentaje de reducción del peso del archivo final sobre el original dispuesto en la tabla 4 que hay a continuación es un marcador que podemos considerar de verdadero interés para conocer como trabajan los formatos contenedores obtenidos a partir de la compresión de los archivos originales y en que grado afectan al peso final resultante.

Porcentaje	Panasonic 160	Sony NX100	Canon 6D
AVI	38,25 %	58,20 %	88,27 %
MKV	93,03 %	94,62 %	97,47 %
MP4	93,29 %	94,85 %	97,60 %

Tabla 4. Comparación compresión archivos ensayo 1

Como dato reseñable, cabe destacar la divergencia entre el archivo original y el peso final del archivo en el caso de la Canon 6D. Siendo la cámara que nos provee de un archivo nativo de mayor tamaño (.mov), al realizar el proceso de codificación a los formatos contenedores mencionados anteriormente, es la que porcentualmente más reduce ese tamaño. De hecho, y apoyándonos en la gráfica que presentamos a continuación en la figura 6, para analizar el porcentaje de compresión vemos como en los 3 casos, los archivos procesados de la Canon 6D alcanzan una reducción superior al

85% en el menor de los casos y por encima del 95% en los archivos .mkv y .mp4, mientras que por su parte, los archivos de la Panasonic y Sony no consiguen superar el 60% (38.25% en el primer caso y 58.20% en el segundo) en el formato .avi ni llegar al 95% en los .mkv y .mp4.

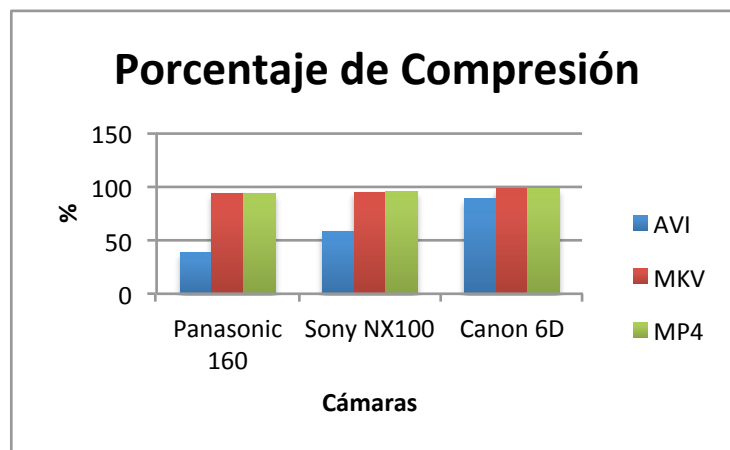


Figura 6. Porcentaje de compresión de archivos

Otro parámetro que consideramos interesante durante el procesado es el tiempo que emplea el *ffmpeg* en transformar el archivo a los formatos contenedores deseados. Durante el periodo de producción y postproducción, el tiempo empleado a la hora de elaborar los productos es un handicap que debe siempre paliarse.

De este modo, analizando los datos de la tabla 5 de tiempo de procesado, en la cual encontramos una relación interesante formato - tiempo de procesado, podemos llegar a obtener un archivo de buena calidad en un tiempo reducido de procesado para poder ser transmitido al público.

Como vemos, el tiempo de procesado está representado en una escala de 1. Esto es 1 como valor que simboliza la duración real del archivo. Por tanto, un tiempo de compresión igual a 1 representa que el *ffmpeg* tarda en procesar el vídeo la duración misma del archivo digital.

Tiempo	Panasonic 160	Sony NX100	Canon
AVI	2.89x	2,94x	3,95x
MKV	0.787x	0,865x	1,56x
MP4	0.774x	0,884x	1,55x

Tabla 5. Comparación tiempo de procesado

Todo lo que se sitúe por debajo de 1 estará siendo procesado más lentamente que la duración total del archivo, mientras que todo lo que se sitúe por encima de uno estará procesándose más rápido que la duración real del vídeo. Podemos verificar en la figura 7 que precede el resultado comparado de los tres formatos contenedores en relación a su tiempo de procesado.

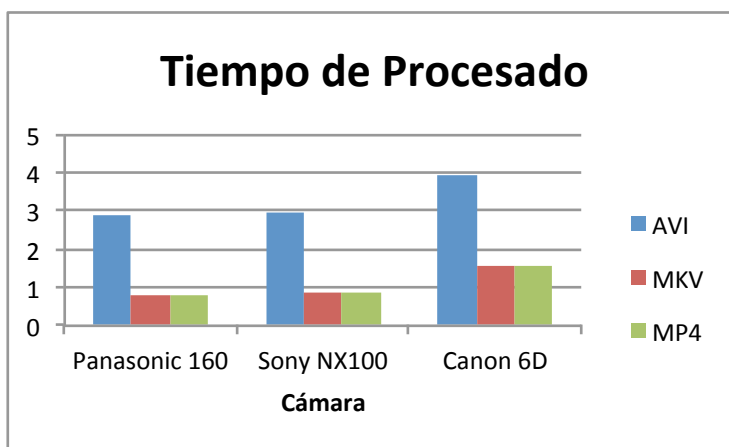


Figura 7. Tiempo de procesado

Se puede hacer una relación rápida entre el tiempo de procesado y el peso final del archivo. Encontramos una relación directa entre estos dos parámetros. Así pues, cuanto más veloz es el procesado mayor es el peso obtenido, o dicho de otra forma, menor será el porcentaje de compresión del archivo final en comparación al archivo original.

El último parámetro que queremos analizar de este ensayo es vital para nuestra transmisión de archivos vía IPTV: el bitrate. El bitrate, al cual ya hicimos referencia páginas atrás es el caudal de información que nuestro archivo expulsa por segundo, para

ser reproducido. En nuestro caso lo tenemos representado en kb/s en la tabla 6. El bitrate, por tanto, es el flujo de datos que van a viajar por la red del servidor al ordenador del cliente

Bitrate	Panasonic 160	Sony NX100	Canon
AVI	15174 kb/s	11043 kb/s	5079 kb/s
MKV	1712 kb/s	1416 kb/s	1223 kb/s
MP4	1654 kb/s	1357 kb/s	1162 kb/s

Tabla 6. Comparación bitrate archivos ensayo 1

Es interesante observar el comportamiento de los archivos procesados en .avi. En el caso de la Panasonic 160 y la Sony NX100, que trabajan con AVCHD (.mts), divergen en el bitrate, siendo la Panasonic la que genere un mayor flujo, como vemos en la figura 8, frente a la Sony NX100, la cual saca una mejor calidad de imagen visual.

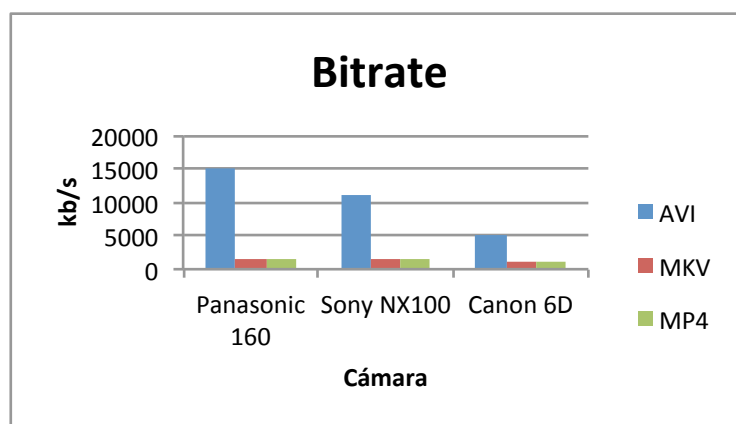


Figura 8. Bitrate

Por su parte, la Canon 6D es la que trabaja con el mejor bitrate de las tres. Cabe destacar que en este ensayo se ha capturado una escena con un fondo que se mantiene invariable con la salvedad de la presentadora. Por tanto, durante la compresión se aplican técnicas para evitar la evidente redundancia informativa.

A continuación detallamos los datos obtenidos durante el **segundo ensayo** de campo realizado, en este caso con luz natural y al aire libre:

Peso	Panasonic 160	Sony NX100	Canon 6D
AVI	981.3 MB	893.3 MB	173.3 MB
MKV	166.4 MB	146.2 MB	40.9 MB
MP4	166 MB	145.8 MB	40.6 MB

Tabla 7. Comparación de pesos archivos ensayo 2

Como vemos en la tabla 7, los pesos de los archivos difieren de forma excesiva con el cambio de formato contenedor. Es interesante observar la cantidad de información que genera el .avi en los tres casos, llegando a cuadruplicar o quintuplicar su peso original.

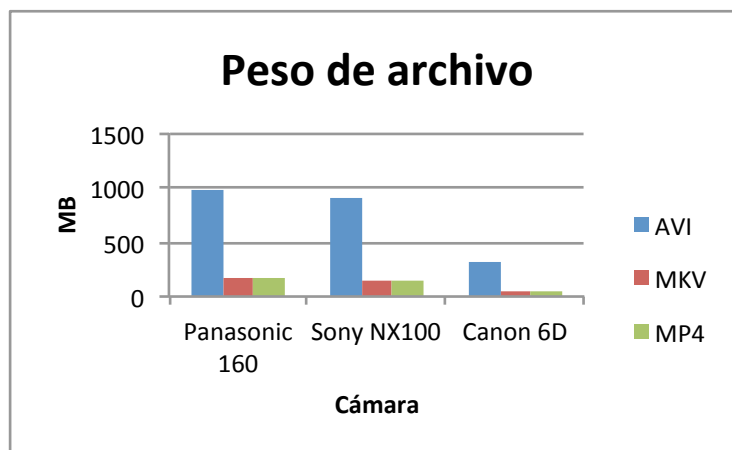


Figura 9. Pesos de archivo

Sin embargo cuando se trabaja con .mkv y .mp4 se consigue una reducción del peso considerable en relación tanto al peso original, como al peso del archivo .avi procesado tal y como se representa en la figura 9, pero nunca llegando a los niveles del ensayo anterior.

También encontramos diferencias importantes entre la transformación del .mts y del .mov a los formatos contenedores propuestos. La reducción de peso en .mov a .mkv

y .mp4 es más de diez veces superior en el caso del archivo generado por la Panasonic 160 y casi cuatro veces en el caso de la NX100 como se muestra en la tabla 8.

Porcentaje	Panasonic 160	Sony NX100	Canon 6D
AVI	-547,60 %	-461,41 %	59,61 %
MKV	7,14 %	24,48 %	90,46 %
MP4	7,36 %	24,69 %	90,53 %

Tabla 8. Comparación porcentaje de compresión ensayo 2

Cabe destacar la diferencia que hay entre el procesado del archivo original de la Panasonic y de la NX100. En el primer caso, la reducción del peso es imperceptible prácticamente (7,14% .mkv y 7,36% .mp4), mientras que la reducción del archivo de la Sony NX100 es de cerca de un cuarto del total del peso original.

Además, como observamos también en la figura 10 los archivos procesados en .avi aumentan de peso (en el caso del paso de .mts a .avi) y sólo en el caso del .mov a .avi encontramos una perceptible reducción de peso. Esto es debido a, tal y como hemos indicado antes, los codecs con los que trabajan ambos formatos contenedores. En el caso del .avi se trabaja en mpeg 2, un formato de mayor calidad pero que en contraposición necesita de un gran peso para traducir esa calidad en la imagen. Por su parte, tanto el .mp4 como el .mkv usan el codec H.264, que produce una compresión importante sobre el archivo pero que, como hemos observado en nuestras grabaciones, no tenemos una pérdida de calidad importante respecto al .avi.

Nos hemos planteado la posibilidad de desechar en este punto los archivos .avi puesto que no nos aportan ningún beneficio ni ventaja frente a los otros dos. Este hecho hace plantearnos si de verdad es útil trabajar con archivos .avi procesados en mpeg 2 ya que son una desventaja competitiva frente a los otros dos formatos, más ligeros. Sin embargo, creemos que es positivo seguir comparándolos para poder reforzar nuestra

argumentación de por qué creemos poco útil utilizar los archivos .avi después de observar su comportamiento en cuanto al peso y bitrate que hemos obtenido.

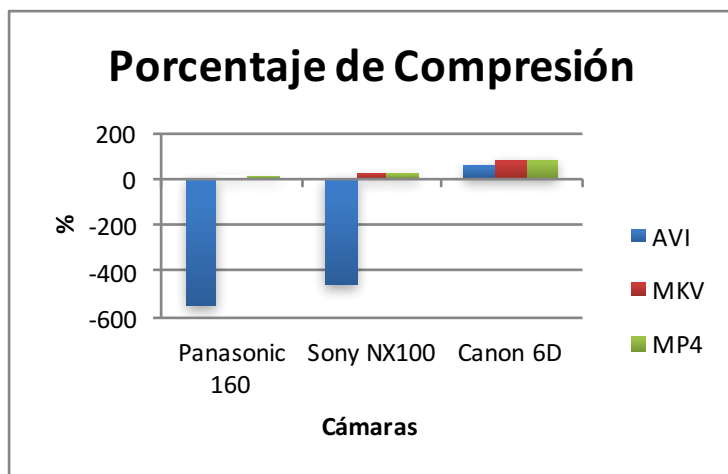


Figura 10. Porcentaje de compresión

Pese a todo, el tiempo de procesado sigue la misma lógica que en ensayo anterior. Es decir, los archivos cuyo formato contenedor es .avi tienen un tiempo de procesado menor que la duración original del archivo mientras que el procesado para .mkv y .mp4 es más lento como podemos comprobar en la tabla 9 mostrada a continuación.

Tiempo	Panasonic 160	Sony NX100	Canon 6D
AVI	1.98x	2.23x	2.59x
MKV	0.411x	0.421x	0.822x
MP4	0.426x	0.451x	0.828x

Tabla 9. Comparación tiempo de procesado ensayo 2

Aún así sigue habiendo una gran diferencia entre el paso de los archivos originales a .avi (siempre por encima de 1.9x) y el paso de los originales a .mkv o .mp4, que se encuentran siempre por debajo de 1, es decir, su procesado dura más que el tiempo real del archivo en cuestión. Por último, observando la figura 11, vemos que el archivo .mov

de Canon tiene un tiempo de procesado mayor a .mp4 mientras que en los archivos .mts de Sony y Panasonic el tiempo de procesado mayor se encuentra en el paso a .mkv.

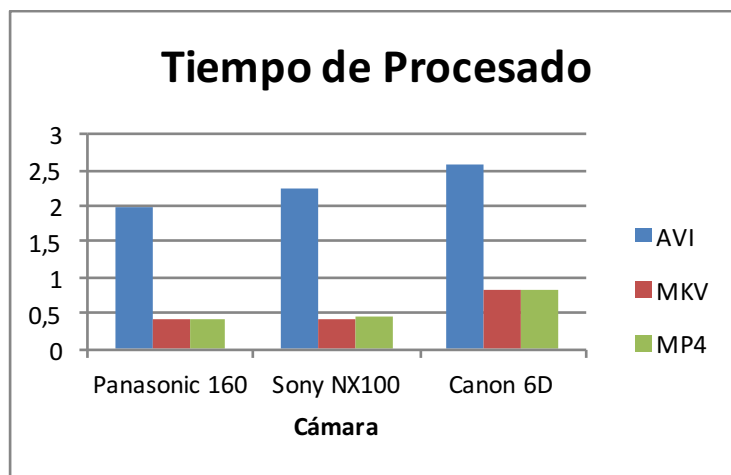


Figura 11. Tiempo de procesado

Analizando el último parámetro propuesto para este segundo ensayo, el bitrate, nos damos cuenta de la diferencia palpable con los archivos obtenidos en el primer ensayo. Se mantiene la correlación peso/bitrate que habíamos tratado anteriormente. Esto supone un grave problema para nuestra futura transmisión puesto que cuanto mayor sea el bitrate mayor información tendremos pero también un mayor tamaño de nuestro archivo y una más que probable saturación de nuestra red puesto que el ancho de banda de los usuarios es finito.

Bitrate	Panasonic 160	Sony NX100	Canon 6D
AVI	137259 kb/s	122954 kb/s	35797 kb/s
MKV	23290 kb/s	20138 kb/s	8463 kb/s
MP4	23223 kb/s	20074 kb/s	8399 kb/s

Tabla 10. Comparación bitrate archivos ensayo 2

En el caso de los archivos .avi resultantes para la Sony y Panasonic nos encontramos con archivos cuyo bitrate ronda los 35MB/s como podemos ver en la tabla 10 mientras que para la Canon 6D el bitrate resultante es de sólo 7MB/s aproximadamente sin una

perceptible pérdida de calidad aparente lo cual nos hace decantarnos sin duda por este último archivo ya que nos proporciona la misma calidad aparente con un gran ahorro de ancho de banda.

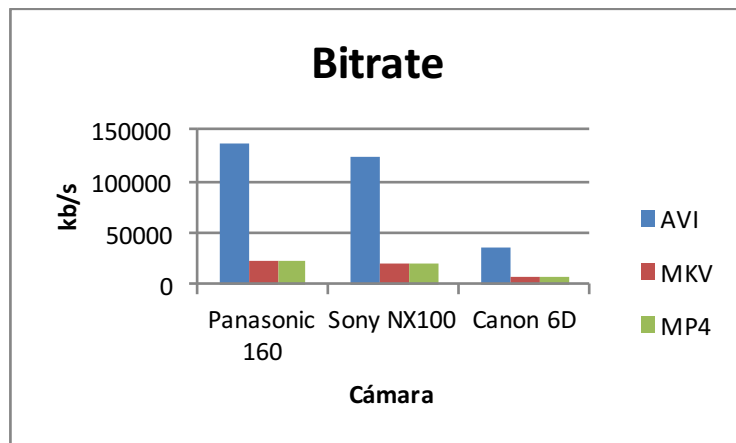


Figura 12. Bitrate

Para finalizar, podemos comprobar en la figura 12 como los bitrates de los diferentes archivos procesados a partir del original de la Canon 6D son más manejables con una calidad notable, lo cual nos ofrece una capacidad de trabajo y de transmisión superior a la NX100 y, sobre todo, a la 160 en relación a la calidad visual obtenida, al peso y al bitrate.

En una primera evaluación de resultados, podemos afirmar, sin ningún tipo de duda, que al transcodificar nuestros archivos a los anteriormente mencionados formatos contenedores no obtenemos una pérdida aparente de la calidad de imagen, con lo cual ya es un punto importante a tener en cuenta en nuestro objetivo de lograr la máxima calidad posible. Pero por otra parte, en situaciones en las cuales obtenemos archivos con poca redundancia informativa, como es el caso del ensayo dos en exterior, los archivos .avi aumentan de tamaño de forma importante en el caso de las videocámaras Sony y Panasonic, mientras que en el caso de la Canon 6D se mantiene con un aceptable rendimiento, pero nunca llegando al buen rendimiento obtenido por los .mkv y los .mp4.

También cabe señalar las diferencias palpables entre los archivos generados por la Panasonic 160 y la Sony NX100 frente al archivo de la Canon 6D. Entre otras características, llama poderosamente la atención la capacidad de adelgazar el peso del archivo .mov al convertirlo a cualquiera de los anteriores formatos contenedores analizados y, además, el *look* cromático que ofrece la Canon 6D se acerca más a un aspecto cinematográfico que a uno televisivo como es el de la Panasonic 160 o la NX100.

A tal efecto, y cerrando este primer punto de análisis, no encontramos una ventaja competitiva del .avi frente al .mkv o .mp4 en esta situación. Por tanto creemos oportuno descartar los archivos .avi, haciendo uso de las ventajas de peso y calidad que nos ofrecen los archivos .mkv y .mp4 comprimidos mediante el codec H.264. Entendemos que son las dos mejores opciones para realizar la transmisión y posterior evaluación de los espectadores teniendo en cuenta el ancho de banda estándar en España, dónde el grueso del mercado se encuentra en la franja de los 30Mbps [18] a pesar que cada vez más, gracias a las mejoras tecnológicas, se está encaminando el servicio hacia la banda ancha ultrarápida (100Mbps) e incluso se llega a ofrecer servicios de 300Mbps (Movistar +, entre otros).

5.2 Streaming

Una vez definidos ya los formatos en los cuales vamos a realizar la transmisión vía *streaming* debemos decidir las calidades en las cuales vamos a querer realizar ese envío. Así pues, hemos querido definir tres calidades que cumplen con los estándares de Full HD, HD y SD.

En este caso y dado que los archivos originales con los que estamos trabajando están en Full HD, nuestra función consiste en adaptarlos también a resoluciones menores (1280x720 y 720x576). Además, queremos que todos los vídeos tengan segmentos de la misma duración. Para ello, volvemos a hacer uso del *ffmpeg* y definimos mediante un comando la acción que queremos desarrollar:

Ej: `ffmpeg -i entrada.mp4 -filter:v scale=1280x720 -qscale 1 -vcodec libx264 -r 50 -ss 0 -t 15 salida.mp4`

La orden que estamos dando es la de convertir nuestro archivo de entrada (*entrada.mp4*) en una escala de 1280x720 (*-filter:v scale=1280x720*), manteniendo la calidad (*-qscale 1*), comprimida en H.264 (*-codec libx264*) y dándole un punto de entrada en el segundo 0 (*-ss 0*) y una duración de 15 segundos (*-t 15*).

A partir de esta orden el paso siguiente es obtener los archivos .mp4 y .mkv de cada cámara en las tres resoluciones propuestas en los dos escenarios en los que hemos trabajado: interior y exterior. Una vez tenemos ya clasificados los archivos, mediante el software VLC prepararemos el *streaming* de los vídeos.

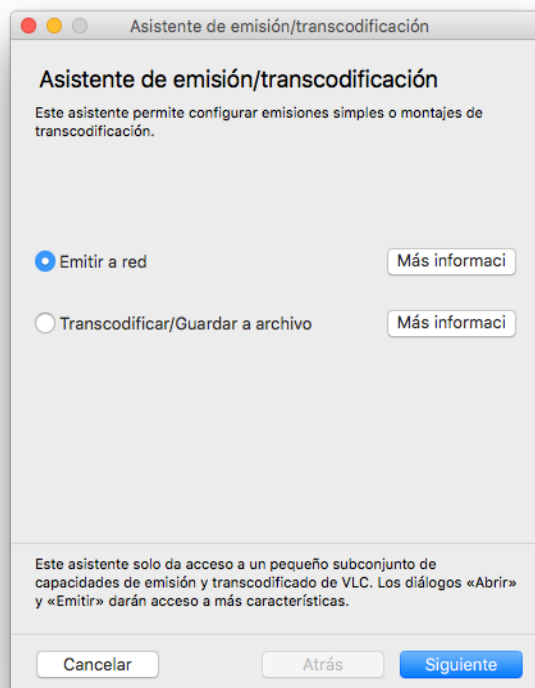


Figura 13. Asistente de emisión/transcodificación VLC

El proceso es realmente sencillo. Siguiendo los pasos que el profesor Jose Vicente Morro fue detallando en la asignatura de Taller de Dispositivos Periféricos Digitales del

Master en Postproducción Digital, mediante el VLC podemos realizar la emisión en streaming de nuestros vídeos, controlando la reproducción del mismo.

Iniciamos el proceso de *streaming* seleccionando el procedimiento necesario para transmitir en VLC y usando la opción “Asistente de emisión/exportación”. Posteriormente, como no tenemos la necesidad de transcodificar el archivo que vamos a transmitir seleccionamos la opción “Emitir a red” como os mostramos en la figura 13.

A continuación y siguiendo este sencillo proceso seleccionamos el archivo que queremos transmitir en el apartado “Seleccionar una emisión” mostrado en la figura 14 y en la siguiente ventana seleccionar el tipo de envío para nuestra emisión. En este caso seleccionamos HTTP entre las opciones que tenemos tal y como se detalla en la figura 15.

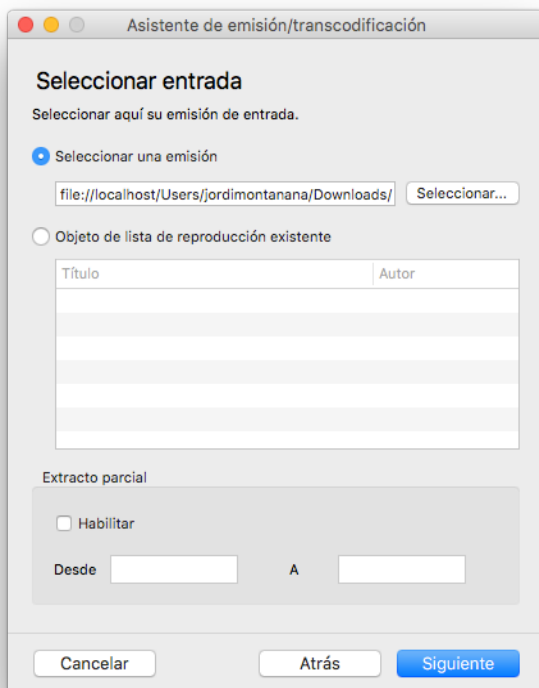


Figura 14. Selección de archivo VLC

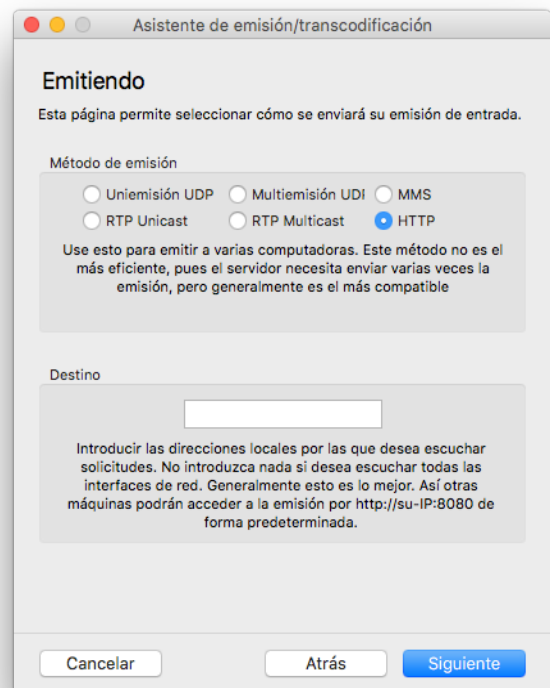


Figura 15. Selección de emisión VLC

Una vez iniciamos nuestro streaming debemos facilitarle al espectador nuestra dirección IP para que pueda reproducir en su dispositivo el vídeo que estamos reproduciendo:

<http://nuestraIP:8080>

Con estos sencillos pasos ya estamos utilizando nuestro ordenador como servidor y transmisor de los vídeos que hemos grabado. A partir de aquí, nuestro siguiente objetivo radica en realizar tests sobre población, sobre su percepción sobre los vídeos y la transmisión de los mismos y para analizar posteriormente los resultados obtenidos enfrentándolos con los primeros resultados ya analizados en este mismo apartado.

6. Muestra poblacional

Para realizar este apartado del trabajo de investigación vamos a regirnos por la recomendación ITU.T P.800 [19], por la cual, mediante un estudio MOS (Mean Opinion Score) se determina la calidad de un servicio a partir del punto de vista del usuario. El MOS nos proporciona una indicación numérica de la calidad percibida desde la perspectiva de los usuarios después de la compresión y/o transmisión multimedia [20]. Este estudio cualitativo se mide en intervalos entre 1 y 5 siendo 1 la calidad más baja, mientras que el 5 determina una excelente calidad.

En nuestro caso, una muestra de 16 personas, conocidos de ahora en adelante como espectadores, visualizaron todos los casos propuestos, desde los vídeos a máxima calidad como los de una calidad menor y compararon la percepción visual que tuvieron con cada uno, teniendo en cuenta las restricciones de la red.

Mediante una encuesta presentada en la figura 16, los espectadores respondieron después de cada caso a la percepción visual que recibieron en la escala MOS antes propuesta, en valores de 1 a 5 y, además, indicaron su sexo, edad, conocimiento y uso de la IPTV y relación con el sector de la comunicación para poder obtener una mayor información de la muestra poblacional que estamos estudiando.

Como detallamos a continuación en la tabla 11, nuestra muestra está compuesta principalmente por usuarios habituales de las plataformas VoD y servicios de streaming entre los que se encuentran *Netflix*, *RTVE a la carta* o *Nubeox*. Se ha intentado homogeneizar la muestra entre hombres y mujeres para obtener un número similar de espectadores de ambos sexos.

Otro dato a destacar de la muestra es el alto nivel de conocimientos a nivel de comunicación y redes de los espectadores de nuestros ensayos. Entre los espectadores encontramos técnicos audiovisuales y estudiantes de Comunicación Audiovisual principalmente ya que cuanto más experta sea la muestra, mayor capacidad para detectar errores tendrán y más completo podrá ser el posterior análisis de resultados con las aportaciones realizadas por nuestros espectadores.

		Espectadores
		16
Edad		
	18-24 años	6
	25-34 años	4
	35-44 años	3
	> 45 años	3
Sexo		
	Hombre	10
	Mujer	6
Usuario IPTV		
	Si	10
	No	6
Relación sector telecomunicaciones y la comunicación audiovisual		
	Muy Alto	7
	Alto	3
	Medio	4
	Bajo	2
	Muy Bajo	0

Tabla 11. Datos de la muestra

6.1 Análisis de la muestra

A continuación analizamos los resultados obtenidos y, además, gracias a las puntualizaciones aportadas por los espectadores ponemos en común muchos de los problemas que han tenido a la hora de visualizar los vídeos.

Los resultados obtenidos mediante la encuesta MOS nos aportan dos conclusiones rápidas: la primera de ellas hace referencia a la recepción de los vídeos por parte de la muestra. Aquellos vídeos que fueron transmitidos a mayor calidad fueron percibidos como tal por los espectadores. Sin embargo, y no menos importante, la calidad también implicaba de forma irregular algunas alteraciones en la imagen que detallaremos a continuación, pero que no alteraron en exceso la QoE del espectador.

Partiendo de la base que nos arrojan los resultados obtenidos, queda claro que aquellos archivos emitidos en alta resolución (1920x1080) obtenían una mayor valoración por parte de los espectadores frente a los de media y baja resolución (1280x720 y 720x576).

Inicialmente, analizando los resultados obtenidos en el primer caso, el que hace referencia a las grabaciones en interior queda clara la preferencia de los espectadores por aquellos archivos procesados por la Sony NX100. Estos son los más valorados tanto en el formato contenedor .mkv como en el formato contenedor .mp4. Hay que recordar que ambos formatos contenedores están codificados en H.264 y por tanto las diferencias son mínimas. Por ello, si uno de los dos formatos contenedores nos ofrece un menor peso, por ligera que sea la diferencia, a igual calidad, optaremos por esa opción.

Como observamos en la gráfica de Valoración MOS para los archivos .mkv de la figura 17, salvo en el caso de la máxima resolución, siempre saca un resultado mejor la Sony NX100, e incluso en el caso de la máxima resolución propuesta, la NX100 alcanza un alto grado de satisfacción entre los espectadores. También en los archivos .mp4 presentados en la figura 18 es la NX100 quien recibe las mejores valoraciones por parte de nuestros espectadores.

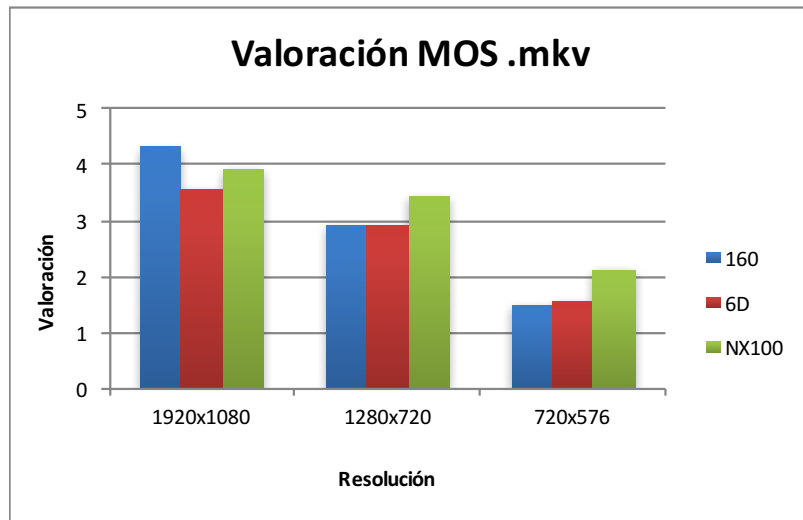


Figura 17. Valoración MOS .mkv ensayo interior

Las puntualizaciones aportadas por nuestros espectadores hacen hincapié sobre todo en la capacidad que tienen estos archivos para poder ser emitidos en HD sin mayores complicaciones que el ancho de banda. Este obstáculo conseguimos superarlo gracias al poco peso de los archivos, tal y como analizamos en el capítulo 5 de este trabajo. Además, la falta de movimiento en la escena favorece que no haya errores en la definición de la presentadora.

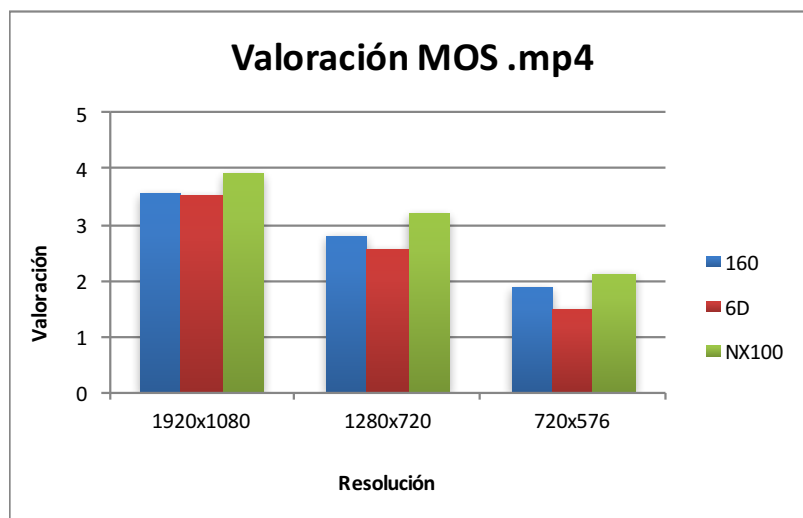


Figura 18. Valoración MOS .mp4 ensayo interior

Sin embargo, conforme vamos reduciendo la calidad, se aprecian errores en los contornos de los labios o el contorno de la figura de la presentadora. También los espectadores nos han aportado información en cuanto al tono de la imagen. Según su valoración, el tono cálido ayuda a camuflar las imperfecciones pero los tonos fríos aportan una mayor sensación de calidad. Por último, el ruido en general aparece en las imágenes más comprimidas, siendo palpable su presencia en las zonas oscuras de la camiseta de la presentadora.

En relación a las tres cámaras utilizadas para este ensayo, queda claro la preferencia de los usuarios por la NX100, a la cual la valoran como la que mayor definición y calidad aporta en las tres resoluciones propuestas, mientras que la Canon 6D es la que peor valoración obtiene, estando siempre por debajo en la valoración en cada una de las resoluciones.

Sin embargo y como observamos en los datos extraídos de las encuestas realizadas para el ensayo exterior, es ahora la Canon 6D quien obtiene una mayor valoración por parte de los usuarios como se puede comprobar tanto en las siguientes gráficas presentadas a continuación en las figuras 19 y 20.

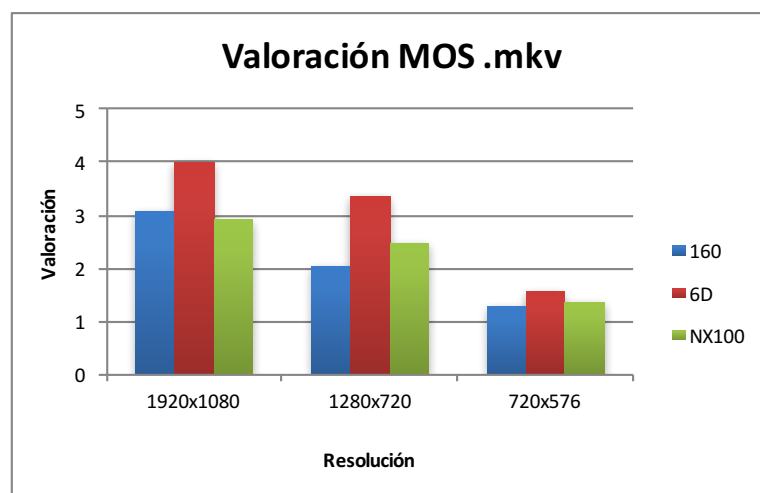


Figura 19. Valoración MOS .mkv ensayo exterior

Como podemos ver, la valoración de la Canon 6D es prácticamente igual para los dos supuestos en este caso. La reducción de valoración es consecuente con la reducción de la calidad emitida y, al mismo tiempo, siempre se muestra mejor valorada que las videocámaras de Panasonic y Sony.

Mientras que Canon nos ofrece unos archivos que no tienen prácticamente variación entre formatos, la NX100 y la 160 se muestran más cambiantes de un formato contenedor a otro. Mientras que a máxima resolución están muy parejas en cuanto a valoración ambas cámaras, sin embargo, cuando hay una reducción de calidad, la valoración de la 160 es inferior a la que obtiene la NX100 pero siempre lejos del gran rendimiento que obtiene la Canon 6D frente a sus competidoras.

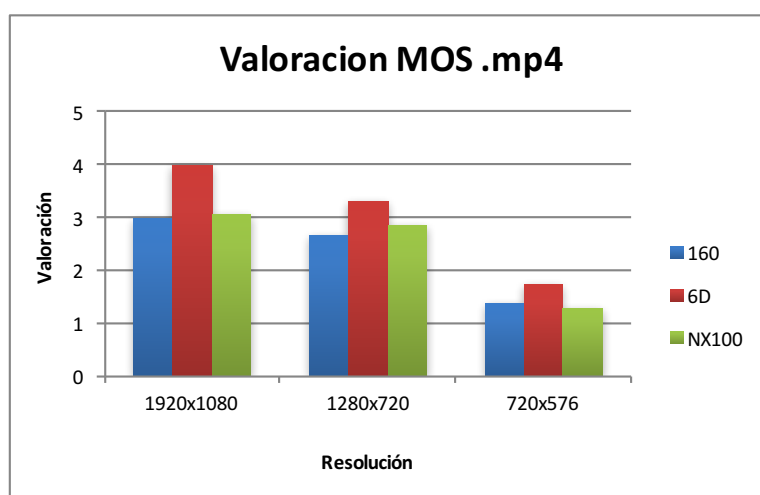


Figura 20. Valoración MOS .mp4 ensayo exterior

En este punto y gracias al aporte de nuestros espectadores, entendemos que el factor diferencial que ayuda a que la valoración de la Canon 6D sea superior al resto radica en el peso del archivo. Como analizábamos en el capítulo 5, la Canon 6D obtenía los archivos de menor peso una vez comprimidos tanto a .mkv como a .mp4. Esto facilitaba la labor de transmisión frente a las otras dos cámaras. Los espectadores han sufrido congelaciones de la imagen o tardanza a la hora de escalarse el archivo a la máxima calidad en los supuestos de las videocámaras de Sony y Panasonic, mientras que en el

caso de la Canon 6D no ha sido así ya que los usuarios han podido disfrutar de la máxima calidad desde prácticamente el segundo uno. Esta interrupción del servicio cuando se pretende visualizar a máxima calidad provoca incomodidad en el espectador.

Los usuarios tuvieron una mejor aceptación de los vídeos en una resolución de 1280x720 en los casos de las videocámaras, ya que no presenciaron incidentes durante la reproducción tal y como les sucedió con la máxima resolución.

Las valoraciones positivas recibidas por la Canon 6D versaban en la gran definición del archivo en dos de sus tres resoluciones, siendo obvia la bajada de calidad en la de menor resolución. El color aportado por los archivos de la Canon 6D se muestran más vivos e intensos que los de la Panasonic 160 o la NX100 que parecen más desaturados. Además, los espectadores se han indicado una falta de definición en los momentos de mayor movimiento de la escena en los supuestos de media y baja calidad de la Panasonic y Sony.

6.2 Conclusiones de la muestra

Queda claro pues, que el peso y el bitrate juegan un papel fundamental en la transmisión de los vídeos y por tanto debemos intentar usar en la medida de lo posible archivos de vídeo cuyo tamaño sea reducido siempre y cuando nos brinden una calidad visual aceptable.

Asimismo, gracias a las respuestas de los tests y las aportaciones que nos ofrecieron nuestros espectadores, pudimos constatar que para el caso uno, en el cual se plantea la grabación de interior, la cámara que mejor funcionaba era la NX100 frente a las otras dos, mientras que para el caso dos, el cual se grababa en exteriores y con luz natural, la cámara mejor valorada era la Canon 6D.

El resultado del caso uno nos ayuda a poder optimizar la realización de informativos, ya que con la NX100 obtenemos unos resultados muy interesantes de calidad, con un peso

muy limitado gracias también a la gran cantidad de redundancia informativa que teníamos en el cuadro que facilitarían su transmisión.

En el caso del ensayo exterior, sin embargo, optaríamos por usar la Canon 6D con su look cinematográfico que nos brinda colores más vivos para entornos de naturaleza y son ideales para la grabación de paisajes y documentales con un peso inferior que el obtenido con las otras dos cámaras. Encontramos interesante la apreciación del público en cuanto al tono y al color de los vídeos ya que es uno de los objetos de estudio de este trabajo. Esta apreciación del público valorando mejor los vídeos con colores vivos frente a aquellos más desaturados, refuerzan la argumentación del objetivo que se pretende alcanzar en este trabajo: encontrar el mejor formato de compresión de los archivos de vídeo sin perder calidad ni alterar la experiencia de visualización del usuario final basándonos, sobre todo, en la percepción del color por parte del espectador

Así pues, tenemos dos cámaras que, igualando todas las características de grabación como la apertura de diafragma, shutter, temperatura de color, calidad de grabación y posteriormente comprimiéndolas con el mismo codec en dos formatos contenedores diferentes, .mkv y .mp4, se adaptan mejor a uno de los dos escenarios planteados.

7. Conclusiones finales

7.1.- Cumplimiento del objetivo. Explicar si se han conseguido los objetivos del proyecto y como.

El objetivo planteado en este proyecto, ser capaces de elegir el mejor formato de compresión de archivos vídeo digital para su posterior transmisión a través de Internet Protocol Television, se ha logrado cumplir dentro de unas limitaciones técnicas reales y palpables.

Tal y como propusimos en el capítulo 1 de nuestro trabajo se ha logrado elegir el mejor formato de compresión entre aquellos formatos elegidos previamente para analizar.

En el capítulo 2 y sus correspondientes apartados presentamos los principales problemas y características que se debían abordar en el entorno digital y en la transmisión de archivos digitales, además de valorar los parámetros de QoE y QoS implicados en la IPTV.

En el capítulo 3 del mismo, realizamos una selección de cámaras digitales de vídeo y llevamos a cabo un análisis exhaustivo de sus características y posteriormente se realizaron las grabaciones en dos escenarios tal y como se explica en el capítulo 4.

Tal y como se desarrolla en el apartado 5.1 iniciamos un proceso mediante el cual comprimimos los archivos digitales obtenidos en las grabaciones a los formatos propuestos mediante el ffmpeg y en el 5.2 explicamos el proceso a través del cual efectuamos la transmisión mediante la herramienta VLC.

Por último elaboramos un estudio poblacional en el capítulo 6 y analizamos los resultados obtenidos y las conclusiones que extraemos de ellos en el apartado 6.1 y 6.2.

7.2.- Conclusiones sobre el proyecto.

Las conclusiones que se pueden extraer de este proyecto van desde el análisis del comportamiento del usuario hasta el análisis técnico de los formatos utilizados y las consecuencias y resultados obtenidos por cada uno.

En el primero de los casos, es interesante observar el comportamiento dispar y las necesidades que tiene cada usuario de los servicios IPTV. Por ello, a lo largo del trabajo hemos analizado todos aquellos factores que influyen de forma directa o indirecta en la recepción de los vídeos por parte de los usuarios de los servicios IPTV. Hemos analizado las características de la QoE y la QoS. Hemos analizado la capacidad de la red, el ancho de banda, los problemas que aporta el tener una limitación para enviar un flujo determinado de información y lo que debemos hacer para limitarla en nuestros archivos, para ofrecer un servicio.

A partir de los vídeos grabados con las tres cámaras que propusimos y analizamos, utilizamos la herramienta FFmpeg para codificar y recortar nuestros archivos para posteriormente compararlos y transmitirlos a través de la herramienta VLC a partir de la cual obtuvimos los resultados y fuimos conscientes de los problemas que ocasionaba la transmisión vía red: la limitación del ancho de banda. Por ello tuvimos la precaución de analizar previamente los archivos codificados y tras su comparación descartar aquellos que tuvieran un gran tamaño y no nos aportasen una calidad diferencial frente a aquellos cuyo tamaño era menor. Por eso descartamos desde un primer momento los archivos codificados en mpeg2 y continuamos nuestros ensayos con aquellos codificados en H264.

Mediante las encuestas realizadas a nuestros espectadores hemos evaluado la calidad de los vídeos emitidos de forma subjetiva y gracias a los datos obtenidos hemos conseguido analizar qué cámara es más adecuada para según que escenario y, sobre todo, confirmar que el uso del codec H264 en cualquiera de los dos formatos contenedores, en especial en los archivos .mp4 en los cuales se obtenía el menor peso y

una gran valoración, es imprescindible a la hora de obtener grandes resultados en relación a la calidad-peso de nuestros archivos.

Como mencionábamos anteriormente hemos sido capaces de poder elegir la mejor cámara, dentro de las opciones que teníamos, para cada uno de los escenarios. Por ello, esta información puede extrapolarse a casos reales en los cuales, por necesidades de la producción puedan necesitar un tipo de cámara u otro para un tipo de proyecto concreto: informativos, cine, documental, programas de entretenimiento.

También hemos conseguido entender el proceso de codificación de archivos digitales y su utilidad para el futuro. En el entorno de la postproducción encontramos muy útil la posibilidad de trabajar con archivos de gran calidad y con un reducido peso para que durante todos los procesos del workflow de trabajo se optimice el rendimiento de los equipos y la velocidad de producción entre fases del proyecto.

7.3.- Problemas encontrados y cómo se han solucionado.

En cuanto a los problemas encontrados podemos decir que la mayoría de ellos han tenido que ver con el procesado de los archivos. El planteamiento teórico inicial no ha supuesto un problema, pero sí que lo ha sido el seleccionar un tipo de cámaras en concreto y, sobre todo, el uso del FFMpeg.

Yendo por partes, la elección de las cámaras viene determinada por aquellas que teníamos al alcance desde un primer momento. Gracias a la cesión de material por parte del Laboratorio de Comunicación (LABCOM) de la Universidad Jaume I, hemos podido elegir dos de las tres cámaras mediante las cuales realizamos los ensayos. La tercera, la Canon 6D, es la cámara que ya teníamos en propiedad y no ha supuesto un problema su uso.

En cuanto al uso de la herramienta FFmpeg sí que ha habido una mayor problemática en cuanto a su desarrollo en el proyecto. Inicialmente tuvimos problemas en la instalación

porque se trata de una herramienta que tiene que trabajarse desde la consola propia del ordenador y no es una aplicación ejecutable como otras que ya conocíamos como podía ser el MPEG Streamclip o el Video Converter Ultimate.

Una vez superado el primer paso de la instalación gracias a los consejos y ayuda de Laura García, Jaime Lloret y Jose Miguel Jiménez Herranz, el siguiente problema que nos surgió con el FFmpeg era el correcto uso de los comandos y las órdenes que queríamos darle a los archivos para codificarlos y acortarlos. En un primer momento quisimos hacer una codificación directa transformando los archivos dándole una entrada y una salida sin mayor información que esa, pero se perdía demasiada calidad en todos los vídeos. Así que explorando otras instrucciones que nos aportaba el programa y realizando pruebas encontramos el camino correcto para mantener la máxima calidad de los archivos mientras realizábamos la codificación.

El siguiente problema en la fase de trabajo surgió a la hora de realizar la transmisión de los archivos. Planteamos la opción de transmitir los archivos utilizando la herramienta VLC. El problema que se nos planteó era que sí conseguíamos hacer la transmisión en una red local, pero no conseguíamos emitir la señal fuera de esa red. El problema se resolvió abriendo los puertos del módem para encaminar la transmisión a partir de esos puertos.

Ciertamente es en estos dos últimos puntos en los cuales se perdió más tiempo y se tuvo que repetir una y otra vez el proceso hasta dar con el camino correcto. Sin embargo, a pesar de estos problemas, se consiguieron resolver y continuar con el desarrollo del trabajo.

7.4.- Aportaciones personales.

Sin duda ha sido un trabajo costoso pero al mismo tiempo interesante para mi formación académica. El descubrimiento y uso de nuevas herramientas de trabajo como el FFmpeg han sido muy provechosas para mi y para mi desarrollo profesional de cara al futuro. El

conocimiento de nuevas herramientas me permite tener la capacidad para poder usarlas en situaciones de producción en las cuales se requiera este tipo de software.

También me he esforzado en usar el pensamiento analítico para ir superando todos los problemas que me iban surgiendo a lo largo del trabajo. De esta forma, de un problema global en algún apartado en concreto del trabajo, como ha podido ser la codificación o uso del FFmpeg, he ido solventando uno a uno los problemas individuales que componían el problema general y eso me ha ayudado a avanzar en mi tarea. Esto también me ha obligado a la búsqueda de alternativas para solucionar dichos problemas y ha ampliado mi capacidad de conocimiento y de resolución de casos.

Por último he sido capaz de poder realizar transmisiones mediante la herramienta VLC, una acción que anteriormente nunca había planteado usar y que ahora encuentro de gran utilidad de cara al futuro.

7.5.- Futuras líneas de trabajo.

Sin duda este tipo de trabajos de investigación tienen una vida muy corta puesto que la tecnología avanza a pasos agigantados. Sin embargo, puede ser un punto de inicio este trabajo para en el futuro poder comparar diversas herramientas de codificación y como trabajan cada una de ellas y los resultados obtenidos.

También se puede realizar un estudio enfocado a nuevos tipos de formatos contenedores y codecs que vaya surgiendo en el mercado y que sean válidos para poder aplicarse en un entorno digital para la transmisión mejorando su rendimiento al máximo y preservando la mayor calidad posible.

Por último, una nueva línea de investigación versaría sobre el comportamiento de codecs de gran calidad como el mpeg 2 y entender como administran la información y por qué generan un flujo de datos muy superior a los obtenidos mediante el codec H264.

8. Bibliografía

- [1] Disponible en: http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/155/cd/modulo_1_Iniciacionblog/concepto_de_web_20.html
- [2] J. Lloret Mauri, M. García Pineda, F. Boronat Seguí, IPTV: la televisión por internet, Publicaciones Vértice, Enero 2009
- [3] D. Castrillo, O. Estupiñán, M. L. García Guardia, El impacto del vídeo on-line en la industria de televisión de pago en España, Derecom, No. 7. Septiembre–Noviembre, 2011
- [4] J. M. Huidobro, IPTV, la televisión a través de Internet, ACTA, No. 43, Diciembre, 2012
- [5] L. Ciangiulli, R. Mestric, Transformar la red para Triple Play. Enriching Communications, Volumen 1, numero 1, p 50 - 55, 2007.
- [6] A. Los Santos Aransay, Estado del arte en IPTV, Universidad de Vigo: Multimedia e Internet, Junio, 2009.
- [7] J.M. Jiménez Herranz, Estudio de la variación de QoE en Televisión IP cuando varían los parámetros de QoS, Universidad Politécnica de Valencia, Gandía, 2014.
- [8] Yang Xiao, Xiaojiang Du, Jingyuan Zhang, IPTV The Killer Application for the Next-Generation Internet, IEEE Communications Magazine, Noviembre, 2007.
- [9] J. M. Jimenez, A. Canovas, J. R. Diaz, J. Lloret, Estudio de QoS y QoE y Propuestas de Sistemas para la Mejora de los Servicios Multimedia e IPTV, Octubre, 2015.

[10] V. Llorens, Fundamentos tecnológicos de vídeo y televisión, Paidós, Papeles de Comunicación 13, Barcelona, 1995.

[11] Disponible en: <http://www.grc.upv.es/docencia/tdm/practicass/P2.pdf>

[12] J.C. Guerri Cebollada, Sistemas de compresión de vídeo, Universidad Politécnica de Valencia

[13] J. Watkinson, Compresión en vídeo y audio, IORTV, Madrid, 1996

[14] A. Bartolomé Pina, Vídeo Digital, Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación, No. 21, p. 39-47, 2003.

[15] Jose M. Jiménez, Juan R. Diaz, Sandra Sendra, Jaime Lloret, Choosing the Best Video Compression Codec Depending on the Recorded Environment, Communications Software, Services and Multimedia Symposium, Globecom, 2014

[16] M.F. López, S.G. Rodríguez, J.P. Ortiz, V.G. Ruiz, and I. García. Técnicas para la codificación escalable de vídeo, Actas de las XV Jornadas de Paralelismo, Computación de Altas Prestaciones, p. 408–413, Septiembre, 2004, Almería.

[17] J. V. Álvarez Martín., Manual básico del comando FFmpeg, 2011

[18] Disponible en: <http://www.minetur.gob.es/telecomunicaciones/banda-ancha/cobertura/Documents/Cobertura-BA-1Trimestre2016.pdf>

[19] UIT-T, Métodos de determinación subjetiva de la calidad de transmisión, Métodos de evaluación objetiva y subjetiva de la calidad, Agosto, 1996

[20] Alejandro Cánovas Solbes, Diseño y Desarrollo de un Sistema de Gestión Inteligente integrado de servicios de IPTV estándar, estereoscópico y HD basado en QoE, Universidad Politécnica de Valencia, Gandía, 2013