

Universidad Politécnica de Madrid  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTA  
WEB PARA EVALUACIÓN DE METODOLOGÍAS DE  
LA ESTIMACIÓN DE CALIDAD PERCIBIDA POR  
LOS USUARIOS (QoE) A PARTIR DE PARÁMETROS  
DE RED/SERVICIO (QoS).**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**Jean Paul Izaguirre García**

2014

Universidad Politécnica de Madrid  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación

**Máster Universitario en  
Ingeniería de Redes y Servicios Telemáticos**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE  
HERRAMIENTA WEB PARA EVALUACIÓN  
DE METODOLOGÍAS DE LA ESTIMACIÓN  
DE CALIDAD PERCIBIDA POR LOS  
USUARIOS (QoE) A PARTIR DE  
PARÁMETROS DE RED/SERVICIO (QoS).**

Autor

**Jean Paul Izaguirre García**  
*Ingeniero en Telecomunicaciones*

Director

**Francisco González Vidal**  
*Doctor Ingeniero de Telecomunicación.*

Departamento de Ingeniería de Sistemas Telemáticos

2014

*Antes que nada agradezco a mi Dios que me ha dado la fuerza y salud para seguir esforzándome cada día para lograr mis objetivos.*

*Este libro está dedicado principalmente a mi hermana Joan que desde el cielo sé que nos sigues cuidando. A mis padres Carmen y John, a mis hermanos Jenny, Jimmy y John, a mi esposa Karla y a mis cuñados Karol y Guillermo. Personas que me han ayudado enormemente durante esta etapa de mi vida, sin ellos nada de esto hubiese sido posible.*

*Estos agradecimientos también se extienden a los Profesores del DIT de la ETSIT, que con dedicación día a día se esmeran por hacer de sus alumnos mejores profesionales. Entre ellos Paco, por su gran ayuda y comprensión. También al doctorando Joaquín por su gran colaboración en este trabajo, a ellos... Gracias!*

## Resumen

El siguiente trabajo fue realizado con la finalidad de diseñar una herramienta de acceso web, con la que se pudieran realizar experimentos para medir de una manera fácil, práctica, de bajo costo, en un ambiente semi-controlado y con trabajadores o evaluadores externos, estimaciones de calidad de experiencia (QoE) en servicios de vídeo OTT bajo diferentes metodologías, de estímulo simple, de doble estímulo, con interrupciones o sin ellas, comparables posteriormente mediante resultados que serían extraídos de los experimentos.

Para lograr esto se realizó una investigación y pruebas con herramientas existentes de código abierto disponibles en línea, resultando la QualityCrowd 2 la que mejor se adaptaba a las necesidades del trabajo. Esta fue modificada y adaptada para que de esta forma se pudieran realizar con ella experimentos de estimaciones de QoE de tal forma que se cumplieran los requisitos que se mencionan a continuación:

1. Debe ser una herramienta web.
2. Los vídeos a reproducir deben estar almacenados en un servidor. Esto implica la configuración de un servidor web.
3. La herramienta debe reproducir vídeos que puedan ser evaluados por un trabajador externo (crowdsourcing).
4. Los vídeos a reproducir deben ser transmitidos completamente al trabajador para no tener efectos de rebuffering ocasionados por las redes de transporte o conexiones a internet.
5. Se debe realizar un script para modificar algunos vídeos que simulen el efecto de rebuffering.
6. Los resultados obtenidos de la evaluación de cada trabajador deben ser almacenados en el servidor para luego trabajar con ellos.

Esto se logró configurando un servidor Apache en Ubuntu, instalándole el módulo de PHP 5.3, donde posteriormente se instaló el QualityCrowd 2 para luego realizarle todas las modificaciones necesarias. Un punto importante dentro de las modificaciones realizadas al QualityCrowd 2, fue la integración de un reproductor de vídeos externo llamado Sublime Video, reproductor HTML5 disponible en línea y de fácil configuración.

También se realizó un script para modificar una serie de vídeos de prueba que fueron integrados a la herramienta para evaluar el desempeño de la misma así como simular efectos de rebuffering o “cargando”, fallos que se presentan normalmente por fallas en los parámetros de calidad de servicio (QoS) en la red de transporte.

Dicho efecto de rebuffering fue logrado mediante la utilización de los programas Ffmpeg y Image Magick dentro de un script con el cual se realizó la modificación de un frame en específico de un fichero de vídeo, insertando en dicho frame una imagen animada en formato .gif, con la que fue posible generar un vídeo de duración ajustable por el usuario del script para simular el tiempo de rebuffering deseado y en el momento deseado dentro del fichero de vídeo.

Para realizar las pruebas localmente se diseñó un experimento donde se mostraron vídeos con y sin alteraciones, individualmente o en pares de vídeos para ser valorados por el “trabajador”, con una o varias interrupciones por “rebuffering”. También en dicho experimento se simuló la fuente de los vídeos OTT mediante vídeos almacenados en el mismo servidor web donde se alojó la herramienta de QoE, de modo que los vídeos de prueba funcionan como un servicio de vídeo bajo demanda (VoD).

Al final de las pruebas locales luego de probarla en varios sistemas operativos, navegadores y dispositivos móviles, se obtuvo el mejor desempeño de la herramienta de QoE en sistema operativo Windows con navegador Google Chrome.

## Abstract

The present work was done in order to design a web Access tool, with which they might be performed experiments to measure in an easy, practical, low cost, in a semi-controlled environment and with outsourced reviewers or workers, quality of experience estimations (QoE) in OTT video services under different methodologies, as single stimulus, double stimulus, with interruptions or without them, subsequently comparable with results that would be drawn from the experiments.

To achieve this, a research and some tests were made with open source tools available online, resulting that QualityCrowd 2 was the tool that best suited to the needs of the work. This was modified and adapted so that in this way it could perform experiments for QoE stimations in a way so that the requirements listed below were met:

1. It must be a web access tool.
2. The videos to play must be stored on a server. This involves setting up a web server.
3. The tool must playback videos that can be evaluated by an outsourced worker (crowdsourc).
4. The videos to play must be completely transmitted to the worker to avoid rebuffering effects caused by transport networks or internet connections.
5. A script must be done to modify some test videos to simulate a rebuffering effect.
6. Results obtained from the evaluation of each worker must be stored on the server to work with them later.

This has been accomplished by setting up an Apache Server on Ubuntu, installing a 5.3 PHP module on it, where after was installed the QualityCrowd 2 tool and then make all the necessary modifications to it. An important point in the modifications done to the QualityCrowd 2, was the embedding of an external video player called Sublime Video, a HTML5 video player that is available online and is very easy to set up.

After that, it was made the script to modify the test videos that were embedded into the web tool to evaluate its performance and to simulate the rebuffering effect, failures that occur normally due to faulty quality parameters of service (QoS) in the transmission network.

That rebuffering effect was accomplished by the use of the programs Ffmpeg and Image Magick inside of the script, in this way a specific frame modification of a test

video file was performed by inserting in that frame and animated image in \*.gif format, so it was possible to generate a video of user adjustable length for simulating the rebuffering effect for a desired time at the desired moment inside the video file.

To do tests locally, an experiment was designed where it was shown videos with or without alterations, individually or in pairs of videos, with one or with a few interruptions by the “rebuffering” effects, so they can be evaluated by the “worker”. In that experiment the source of the OTT videos was simulated by storing the test videos in the same server as the QoE tool, so the test videos behave like a video on demand (VoD) service.

At the end of local testing, and after testing on multiple operating systems, browsers and mobile devices, the best performance of the QoE tool was obtained in Windows operating system with the browser Google Chrome.

## Índice general

Resumen.....	i
Abstract .....	iii
Índice general .....	v
Índice de figuras.....	vii
Índice de tablas.....	viii
Siglas.....	ix
1 Introducción.....	1
1.1 Convenios y estructura del trabajo.....	1
1.2 Contexto.....	1
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 Objetivos principales.....	3
1.3.2 Objetivos secundarios .....	3
2 Estado del arte .....	4
2.1 Conceptos básicos.....	4
2.1.1 QoS: Calidad de servicio.....	4
2.1.2 QoE: Calidad de experiencia percibida .....	4
2.1.3 MOS: Nota media de opinión.....	5
2.1.4 Servicios OTT y/o VoD:.....	5
2.1.5 CDN: red de entrega de contenidos .....	5
2.2 Trabajos previos, investigaciones y documentos relevantes .....	6
2.2.1 Comparaciones de convertidores de vídeos.....	6
2.2.2 Comparación de metodologías de estimaciones subjetivas de calidad de vídeo. 6	
2.2.3 Difusión adaptativa de multimedia basado en métricas de QoE.....	7
2.2.4 Herramienta de Alcatel para medir QoE en difusión de vídeo con efecto de rebuffering .....	8
2.2.5 Red de distribución de servicios OTT .....	9
3 Pruebas preliminares .....	11
3.1 Consideraciones previas .....	11



3.1.1	Punto 1. Herramienta web.....	11
3.1.2	Punto 2. Servidor web.....	12
3.1.3	Punto 3. Reproductor de Vídeos.....	13
3.1.4	Punto 4. Transmisión completa para evitar pérdidas por la red. ....	15
3.1.5	Punto 5. Script con efecto de rebuffering (cargando).....	15
3.1.5.1	Codificador de video.....	21
3.1.5.2	Editor de imágenes.....	23
3.1.6	Punto 6. Resultados de evaluaciones.....	23
4	Diseño de herramienta web para evaluar QoE.....	25
4.1	Herramienta QoE.....	25
4.1.1	Configuración del reproductor de vídeos.....	27
5	Diseño de experimento para evaluar la herramienta web.....	32
6	Análisis de los resultados. ....	37
7	Conclusiones, recomendaciones y líneas de estudio.....	39
	Bibliografía.....	40
	ANEXOS.....	43
	ANEXO A. Script generador de efectos de rebuffering.....	43
	ANEXO B. Configuraciones de grabación de vídeos de prueba. ....	50
	ANEXO C. Código experimento de herramienta de QoE.....	51

## Índice de figuras

Figura 1. Aspectos de la Calidad de Servicio. [8] .....	5
Figura 2. Arquitectura básica de la herramienta inspección de Alcatel-Lucent .....	9
Figura 3. Funciones de diagnóstico que ofrece la herramienta de inspección de Alcatel-Lucent.....	9
Figura 4. Red de distribución de video OTT.....	10
Figura 5. Servidor HTTP Apache corriendo. ....	13
Figura 6. Módulo PHP corriendo. ....	13
Figura 7. Reproductor de vídeo en línea HTML5. [23].....	14
Figura 8. Imagen conceptual de inserción de efecto de rebuffering. ....	16
Figura 9. Diagrama de secuencia lógica del script Generador de efecto de rebuffering - 1.....	17
Figura 10. Diagrama de secuencia lógica del script Generador de efecto de rebuffering -2.....	18
Figura 11. Diagrama de secuencia lógica del script Generador de efecto de rebuffering -3.....	19
Figura 12. Generador de vídeos con efecto de rebuffering - 1.....	20
Figura 13. Generador de vídeos con efecto de rebuffering - 2.....	20
Figura 14. Generador con ruta insertada errónea 1.....	21
Figura 15. Generador de vídeos con efecto de rebuffering - 3. ....	21
Figura 16. VLC media player reproduciendo video con efecto de rebuffering. ....	21
Figura 17. loading-wheel.gif.....	23
Figura 18. Ejemplo de gráfica de resultados (Trabajadores por paso: Experimento de 3 pasos).....	24
Figura 19. Ejemplo de resultados en línea.....	24
Figura 20. Herramienta modificada 1.....	25
Figura 21. Herramienta modificada 2.....	25
Figura 22. Herramienta modificada 2.....	26
Figura 23. Sin mouse-over.....	27
Figura 24. Con mouse-over.....	27
Figura 25. Reproduciendo.....	27
Figura 26. Configuración básica del reproductor - 1.....	28
Figura 27. Configuración básica del reproductor - 2.....	28
Figura 28. Configuración básica del reproductor - 3.....	29
Figura 29. Configuración básica del reproductor - 4.....	29
Figura 30. Configuración básica del reproductor - 5.....	29
Figura 31. Configuración básica del reproductor - 6.....	30

Figura 32. Configuración básica del reproductor - 7.....	30
Figura 33. Configuración básica del reproductor - 8.....	31
Figura 34. Herramienta corriendo en ordenador 1 .....	33
Figura 35. Herramienta corriendo en ordenador 2. ....	33
Figura 36. Herramienta corriendo en ordenador 3 .....	34
Figura 37. Herramienta QoE (vista trabajador) en Android 4.1.2. ....	34
Figura 38. Herramienta QoE (vista trabajador) en Android 4.1.2 .....	35
Figura 39. Herramienta QoE (vista administrador) en Android 2.3.6. ....	36
Figura 40. Herramienta QoE (vista administrador) en Android 2.3.6. ....	36

## Índice de tablas

Tabla 1. Escala MOS de Calidad de la experiencia.....	5
Tabla 2. Resumen de compatibilidad de codificadores según SO [11]. ....	6
Tabla 3. Tabla de codificaciones y navegadores recomendados [26].....	22
Figura 36. Herramienta corriendo en ordenador 3 .....	34
Tabla 4. Funcionamiento de los vídeos modificados en diferentes navegadores.....	37
Tabla 5. Configuración de grabación vídeos de prueba - 1.....	50
Tabla 6. Configuración de grabación vídeos de prueba - 2.....	50
Tabla 7. Configuración de grabación vídeos de prueba - 3.....	50

## Siglas

QoE: Calidad de experiencia percibida (Quality of experience).

QoS: Calidad de servicio (Quality of service).

MOS: Nota media de opinión (Mean Opinion Score).

IP: protocolo de internet (Internet Protocol).

ISP: proveedor de servicios de internet (Internet Service Provider).

IPTV: televisión bajo protocolo de internet (Internet Protocol Television).

OTT: referido a la distribución de contenido de audio, video, datos sobre internet (Over the Top).

VoD: vídeo bajo demanda (Video on demand).

OVD: distribuidor de vídeo en línea (online video distributor).

CDN: red de distribución de contenido (content delivery network)

PC: ordenador personal (personal computer).

SO: sistema operativo.

HTTP: protocolo de transferencia de hipertexto (Hyper-Text Transfer Protocol).

FTP: protocolo de transferencia de ficheros (Files Transfer Protocol).

VQEG: grupo de expertos en calidad de video (Video Quality Experts Group).

RTSP: protocolo de difusión en tiempo real (real-time streaming protocol)

# 1 Introducción

En esta sección se describirá la estructura del presente trabajo así como algunos convenios en cuanto a redacción a utilizar para la un mejor entendimiento para el lector de este trabajo. De la misma forma en esta parte se intentará describir al lector el ámbito en el que se desarrolló la elaboración de este libro, mencionando algunos conceptos y antecedentes importantes que serán considerados a lo largo del trabajo así como la finalidad del mismo. Igualmente se abordarán los objetivos principales y secundarios del mismo.

## 1.1 Convenios y estructura del trabajo

La estructura del trabajo consta de siete (7) capítulos más el apartado de Anexos donde se intentará describir al lector de la mejor manera el desarrollo del trabajo, siempre con comentarios que resultan interesantes en cada sección del capítulo. De igual forma en su momento se presentarán enlaces donde se encuentran alojados los repositorios de las herramientas.

Durante la realización de este libro se utilizará el término “el Generador” para referirnos al script del Generador de Vídeos con efecto de rebuffering, encargado de modificar ficheros de vídeos de prueba que son mencionados en el Anexo 2 y que se encuentran alojados en el repositorio de ficheros, junto con el código fuente de las herramientas desarrolladas.

Un convenio utilizado es el estilo de texto de consola “Source Code Pro” el cual se aplica en algunos casos para hacer referencia a un fichero, aplicación o parte del código fuente de las herramientas.

## 1.2 Contexto

Ubicando el ámbito en que se desarrolló este trabajo se puede decir que en los últimos años los servicios de vídeo sobre internet se han convertido en la información predominante transmitida o difundida en la red. Esto tiene un gran impacto en los grandes operadores de redes de comunicaciones, ya que cada vez más y más empresas de servicios “over the top” (OTT) [1] obtienen grandes ingresos utilizando una red en la cual normalmente no invierten en gestión, mantenimiento, optimización, etc., lo que ha causado grandes batallas entre los “Netheads y Bellheads” [2].

Cuando se habla de servicios OTT [3], se refiere a la entrega de video, audio y/u otros medios utilizando el internet sin involucrar la utilización de sistemas de múltiples de operadores de red en el control o en la distribución del contenido.

El proveedor de servicios de internet (ISP) puede estar consciente del contenido de los paquetes del protocolo IP que transitan por su red, pero no es responsable por ellos

y no debería ser capaz de controlar las habilidades de visualización (si el usuario final está en derecho de ver el contenido o no), derechos de autor y/o en la redistribución del contenido.

En contraste, el servicio de IPTV, como el de Imagenio, Jazztelia, etc. en España se basan en una red IP gestionada por un ISP con calidad garantizada. OTT en particular se refiere al contenido que llega al usuario final desde compañías como NowTV, Netflix, Hulu, Crackle, y es entregada al usuario final dejando al ISP la única responsabilidad de ofrecer servicio de Internet.

Según la Federal Communications Commission (FCC), un distribuidor de vídeo en línea (OVD) se define como "cualquier entidad que ofrece contenido de video mediante internet o mediante cualquier otra ruta que haga uso del protocolo de internet (IP) de contenido proporcionado por una persona o entidad diferente al OVD." [4]

Los consumidores pueden acceder a contenidos OTT a través de dispositivos que se conectan a internet tales como ordenadores de escritorio, portátiles, teléfonos móviles inteligentes (iPhones, Android), set-top boxes como la Roku, Apple TV, Google TV, smart TVs y consolas de juego como la Nintendo Wii, PlayStation 3, 4, Xbox 360 y One. O mediante aplicaciones en tiendas de aplicaciones en línea de cada proveedor de servicios OTT (App Store, Marketplace, etc).

Ahora bien, teniendo en cuenta que existen una amplia variedad de servicios que son ofrecidos por empresas OVD-OTT, este trabajo se enfocará principalmente en el los servicios de vídeo, y más específicamente en la calidad de experiencia de los usuarios.

Cuando una empresa ofrece servicios de vídeo OTT, normalmente esta desea que dicho contenido sea recibido por el usuario final con la mejor calidad posible. Pero es bien conocido que la transmisión del contenido se realiza por un medio del cual no tiene ningún control como lo es el Internet.

En este caso para intentar asegurar una transmisión de extremo a extremo completa y efectiva, es utilizado el protocolo TCP para que los paquetes IPs lleguen al usuario correspondiente con la menor cantidad de errores posibles. Aun así pueden surgir muchas incógnitas sobre la calidad del vídeo recibido por el usuario final.

Actualmente existen modelos para realizar mediciones de la calidad de vídeo y la calidad de experiencia del usuario (QoE) en función de parámetros de la red, es decir, parámetros de calidad de servicio (QoS). Pero para este tipo de servicios OTT deben ser independientes de la red IP por la que son distribuidos.

Una alternativa para evaluar QoE pueden ser encuestas realizadas directamente a los usuarios finales, pero normalmente estos procesos son largos, costosos, tediosos y consumen mucho tiempo para obtener resultados.

Otra manera de realizar trabajos o encuestas de una manera más rápida, eficaz, con un grupo de "usuarios finales" de una gran variedad, no polarizado, para evaluación de la calidad de experiencia de un servicio de video OTT mediante la web, es utilizando un concepto de Crowdsourcing, del inglés crowd (multitud) y outsourcing (externalización), que se podría traducir al español como "colaboración abierta distribuida" o "externalización abierta de tareas", este consiste en externalizar tareas que, tradicionalmente, realizaba un empleado o contratista, dejándolas a cargo de un grupo numeroso de personas o una comunidad, a través de una convocatoria abierta sobre la web. [5] Este concepto de externalización de actividades o crowdsource es utilizado actualmente por muchas compañías, una de las más famosas es el Mechanical Turk de Amazon. [6].

Bajo el contexto visto anteriormente se formula la siguiente interrogante, ¿Cómo se puede realizar la evaluación de la calidad de experiencia del usuario de un servicio de vídeo OTT de manera relativamente rápida, de bajo costo y de manera colaborativa?

Esta pregunta lleva a los objetivos del trabajo.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivos principales**

- Diseñar una herramienta web para evaluación de metodologías de estimación de calidad percibida por los usuarios (QoE) basada en crowdsource para servicios de video over the top (OTT).
- Comparar herramientas de código abierto para evaluación de calidad percibida por los usuarios (QoE) para servicios de vídeo over the top (OTT).
- Evaluar el funcionamiento de la herramienta web de estimación de calidad percibida por los usuarios (QoE) basada en crowdsource para servicios de video over the top (OTT).

### **1.3.2 Objetivos secundarios**

- Recopilar, revisar y analizar información disponible sobre técnicas de estimación de la calidad percibida por los usuarios (QoE) en servicios de video.
- Investigar sobre metodologías para la estimación de la calidad percibida por los usuarios (QoE) en servicios de video.
- Diseñar un experimento para la de evaluación de la herramienta web de estimación de calidad percibida por los usuarios (QoE) basada en crowdsource para servicios de video over the top (OTT).

## 2 Estado del arte

En este capítulo se darán a conocer conceptos básicos, trabajos previos, investigaciones o publicaciones relevantes que ayudaron a la realización de este trabajo y que han sido consideradas importante mencionar para el entendimiento del contenido cuando se hace referencia a estos términos durante el libro.

### 2.1 Conceptos básicos

Para el tema que se trata en este libro se deben considerar los siguientes términos como esenciales para el entendimiento del mismo. Aun así se espera que el lector esté familiarizado con temas relacionados con protocolos de transporte de información en internet, direccionamiento IP, hardware de ordenadores, redes de telecomunicaciones comunicaciones y las últimas tendencia en servicios y aplicaciones de vídeo sobre internet.

#### 2.1.1 QoS: Calidad de servicio

Existen muchas definiciones dependiendo el enfoque que se le quiera dar a este término, pero en lo que a este trabajo se refiere se puede decir que es la medida cuantitativa relacionada a la calidad de funcionamiento del servicio o de la red, cuyo valor puede determinarse a partir de medidas de parámetros objetivos [7]. Estos parámetros normalmente son medibles directamente del estado de la red de transporte de la información (red - IP), entre ellos se pueden mencionar:

- Tasa de bits: donde se presenta una necesidad mínima de esta para alcanzar una calidad visual de vídeo aceptable.
- Retardo: la difusión de vídeo en tiempo real requiere retardos con una variación máxima definida o limitada con la misma finalidad.
- Pérdidas: la tasa de pérdida de paquetes (Packet Loss Ratio, PLR) debe mantenerse por debajo de un estricto umbral para alcanzar una calidad visual de vídeo aceptable.

#### 2.1.2 QoE: Calidad de experiencia percibida

De igual forma, en el contexto de este trabajo se puede decir que la calidad de experiencia percibida por el usuario (QoE) es una medida que depende de factores subjetivos y la cual es mucho más importante que la calidad de funcionamiento de los servicios o las redes subyacentes [7], ya que es la que determina la fidelidad de los clientes a un servicio de vídeo contratado. Está íntimamente relacionada con la QoS y existen muchos modelos, aplicaciones donde se relacionan cuantitativamente bajo ciertos escenarios.

En la figura que se muestra a continuación se observan distintos aspectos de la calidad de servicio y la calidad de experiencia.



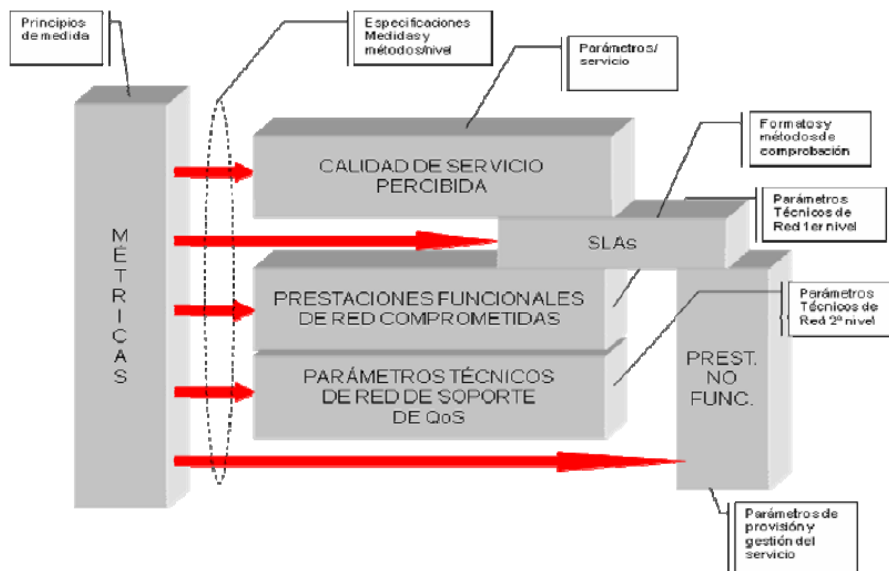


Figura 1. Aspectos de la Calidad de Servicio. [8]

### 2.1.3 MOS: Nota media de opinión

Este concepto se ha utilizado por décadas en el sector de redes de telefonía para obtener el punto de vista humano de la calidad de la red, del cual se presenta un modelo de determinación en [9]. Históricamente, se le conoce como una medida subjetiva donde los usuarios valoran o califican un servicio según como lo perciben. Una escala de valoraciones se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 1. Escala MOS de Calidad de la experiencia

Excelente	5
Buena	4
Regular	3
Mediocre	2
Mala	1

### 2.1.4 Servicios OTT vs IPTV:

En el capítulo 1 se presentó un concepto de servicios OTT, donde se observa que se pueden recibir audio, vídeo y datos mediante internet en el caso de VoD, se puede presentar en ambos casos, en OTT y en IPTV. Por ello este trabajo se enfocará principalmente en el servicio de difusión de vídeo (video streaming). El cual será simulado con experimentos de vídeos alojados en repositorios y funcionará como un servicio de vídeo bajo demanda. El cual no es más que un tipo de servicio que también involucra audio para el que se transmite el vídeo que se desee el usuario final.

### 2.1.5 CDN: red de entrega de contenidos

Una CDN es una red superpuesta de ordenadores que contienen copias de datos, colocados en varios puntos de una red con el fin de maximizar el ancho de banda para el acceso a los datos de clientes por la red. Un cliente accede a una copia de la información cerca del cliente, en contraposición a todos los clientes que acceden al mismo servidor central, a fin de evitar embudos cerca de ese servidor. [10]

## 2.2 Trabajos previos, investigaciones y documentos relevantes

En esta sección se mencionarán brevemente algunos trabajos, investigaciones y documentos de los cuales si el lector desea profundizar más por medio de los enlaces en la bibliografía se puede obtener más información al respecto.

### 2.2.1 Comparaciones de conversores de vídeos

Una breve pero muy ilustrativa comparación entre codificadores o conversores de vídeos está realizada en Wikipedia [11], dentro de la que se pueden observar los dos programas de código libre utilizados en este trabajo en el Generador, el Ffmpeg y el Handbrake. También se encuentran allí tablas con los formatos de entrada y salida para hacer codificaciones, donde los formatos \*.avi de entrada y \*.mp4 de salida es soportado por ambos. Más adelante será profundizado en cuanto al uso que se le dio a cada programa.

Tabla 2. Resumen de compatibilidad de codificadores según SO [11].

Video converter	Developer	Licensing scheme	Supported platform			Website
			Windows	Mac OS X	Linux	
<a href="#">Any Video Converter</a>	AVCLabs	Trialware	Yes	Yes	No	<a href="http://any-video-converter.com">any-video-converter.com</a>
<a href="#">Audials Tunebite 10 Platinum</a>	Audials	Shareware	Yes	Yes	No	<a href="http://audials.com">audials.com</a>
<a href="#">Dr. DivX</a>	DivX, Inc.	Free and open-source	Yes	Yes	No	<a href="http://labs.divx.com/DrDivX">labs.divx.com/DrDivX</a>
<a href="#">DVDVideoSoft Free Studio</a>	DVDVideoSoft	Ad supported freeware	Yes	No	No	<a href="http://dvdvideosoft.com">dvdvideosoft.com</a>
<a href="#">FFmpeg</a>	FFmpeg project	Free and open-source	Yes	Yes	Yes	<a href="http://ffmpeg.org">ffmpeg.org</a>
<a href="#">Format Factory</a>	Chen Jun Hao	Ad supported freeware	Yes	No	No	<a href="http://formatoz.com">formatoz.com</a>
<a href="#">Freemake Video Converter</a>	Freemake	Ad supported freeware	Yes	No	No	<a href="http://freemake.com">freemake.com</a>
<a href="#">HandBrake</a>	Handbrake Project	Free and open-source	Yes	Yes	Yes	<a href="http://handbrake.fr">handbrake.fr</a>
<a href="#">MediaCoder</a>	Stanley Huang	Ad supported Freeware	Yes	No	No	<a href="http://www.mediacoderhq.com">www.mediacoderhq.com</a>
<a href="#">MEncoder</a>	The MPlayer Project	Free and open-source	Yes	Yes	Yes	<a href="http://mplayerhq.hu">mplayerhq.hu</a>
<a href="#">OggConvert</a>	Tristan Brindle	Free and open-source	Experimental	No	Yes	<a href="http://oggconvert.tristanb.net">oggconvert.tristanb.net</a>
<a href="#">StaxRip</a>	Stax76	Free and open-source	Yes	No	No	<a href="http://staxmedia.sourceforge.net">staxmedia.sourceforge.net</a>
<a href="#">SUPER</a>	eRightSoft	Ad supported freeware	Yes	No	No	<a href="http://www.erightsoft.com">www.erightsoft.com</a>
<a href="#">Transcode</a>	Transcode Team	Free and open-source	No	No	Yes	<a href="http://transcoding.org">transcoding.org</a>
<a href="#">VirtualDubMod</a>	Avery Lee	Free and open-source	Yes	No	No	<a href="http://virtualdubmod.sourceforge.net">virtualdubmod.sourceforge.net</a>
<a href="#">XMedia Recode</a>	Sebastian Dörfler	Freeware	Yes	No	No	<a href="http://www.xmedia-recode.de">www.xmedia-recode.de</a>

### 2.2.2 Comparación de metodologías de estimaciones subjetivas de calidad de vídeo.

Un artículo muy interesante en el que se habla de algunas técnicas para realizar medidas sobre estimaciones subjetivas de calidad de vídeo siguiendo las recomendaciones de la ITU-R BT.500-11[19] es el presentado por M. Pinson y S. Wolf en [12].

En las pruebas realizadas en dicho artículo utilizan las técnicas de doble estímulo, donde los evaluadores califican la calidad o el cambio de calidad entre dos difusiones de vídeos (el video referencia y el deteriorado). Otra técnica utilizada es la de estímulo simple, donde los evaluadores califican la calidad de un solo vídeo (el deteriorado).

Dos ejemplos de la primera técnica es la de Escala de Calidad Continua en Doble Estímulo (double stimulus continuous quality scale, DSCQS) y la Escala de Comparación de Doble Estímulo (double stimulus comparison scale, DSCS). Un ejemplo de la segunda técnica es la de Escala Continua de Calidad en Estímulo simple (single stimulus continuous quality evaluation, SSCQE).

Cada una de las metodologías utilizadas presentó algunas ventajas. Por ejemplo, la DSCQS presenta menor sensibilidad en cuanto al contexto (ejemplo, las valoraciones subjetivas están menos influenciados por la gravedad y el orden de las deficiencias de los vídeos dentro de la sesión de pruebas). La SSCQE presenta valores de estimaciones de calidad más representativos para el monitoreo de aplicaciones.

El artículo considera datos de seis (6) experimentos de calidad subjetiva de video, realizadas con las metodologías SSCQE, DSCQS y DSCS. Un grupo de vídeos de los seis experimentos fueron combinados y evaluados en una segunda prueba subjetiva de SSCQE. Finalmente proponen un método para realizar pruebas de estímulo simple alcanzando valores con la fiabilidad relativa a DSCQS y DSCS utilizando SSCQE. También ponen en evidencia que los efectos de la memoria del humano para realizar estimaciones de calidad fiables, está limitada a unos 15 segundos.

Esto se tomó en cuenta para el diseño del experimento, el cual se describe en el capítulo 5, por lo que se utilizan vídeos de corta duración para evitar en lo posible la fatiga visual del evaluador.

### **2.2.3 Difusión adaptativa de multimedia basado en métricas de QoE**

Actualmente se encuentran muchos estudios bastante avanzados sobre las técnicas de difusión de contenido de vídeo con codificaciones adaptativas basados en métricas de QoE [13, 14, 15], entre ellos se ha elegido [13], un artículo que presenta un avance enfocado a la optimización en cuanto a calidad de experiencia de recursos para múltiples usuarios mediante la difusión dinámicamente adaptativa sobre http (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP, DASH) mediante redes inalámbricas de última generación.

El objetivo de dicho trabajo del artículo es mejorar la experiencia del usuario con difusiones adaptativas mediante http considerando de manera conjunta las características del contenido a difundir y las de las redes inalámbricas disponibles en el operador de red. Específicamente realizan un planteamiento de una QoE proactiva para reescribir las peticiones http del cliente hacia la red móvil. La ventaja de esa propuesta es la aplicabilidad a difusiones de contenido OTT ya que no requiere adaptaciones al contenido difundido por estos servicios.

En el artículo comparan su propuesta en difusiones tanto optimizadas por métricas de QoE reactivo como con un estándar-DASH para difusión sobre HTTP. Donde resultaron las siguientes contribuciones: 1) Se muestra que los servicios OTT-DASH estándares presentan un desempeño poco satisfactorio debido a que el planificador de ubicación de recursos del operador de red en LTE está lejos de ser óptimo, se puede alcanzar una clara mejora en la QoE cuando se consideran las características del contenido para el DASH. 2) Adicionalmente muestran que la re-escritura proactiva de las peticiones del cliente hacia el operador de red le entrega un mayor control al operador ya que él tiene mejor información que el cliente sobre la carga de datos y las condiciones de las celdas en las que está ubicado. Esto resulta en ganancias adicionales en cuanto a la calidad percibida de video.

Este artículo y los mencionados dan una idea de algunos avances de herramientas para la estimación de QoE, donde todos apuntan a pruebas en dispositivos móviles, de esta manera sirvieron para estimular la ampliación del diseño de la herramienta para que pudiera funcionar en dispositivos móviles y determinar el desempeño en los mismos en pruebas locales, posteriormente se realizarán comentarios sobre lo obtenido en los capítulos 5 y 6.

#### **2.2.4 Herramienta de Alcatel para medir QoE en difusión de vídeo con efecto de rebuffering**

Una herramienta que realiza estimaciones de calidad de vídeo es la ya desarrollada “Alcatel-Lucent video inspector tool” [16]. La cual tiene como finalidad principal monitorear la calidad de vídeo de un operador de red, pero lo hace de una manera en la que provee un análisis realizando un diagnóstico de la posible causa de una calidad de video no satisfactoria. Ofrece un análisis objetivo de las quejas de los usuarios y reduce el tiempo para analizar las incidencias de la red y resolverlas debido a que permite verificación simultánea de una gran cantidad de parámetros que pueden causar situaciones de deterioro o congelaciones en las tramas de vídeo.

La herramienta de inspección de videos es un componente del servicio de Valoración de Calidad de Experiencia de Vídeos que provee Alcatel-Lucent. Su principal ventaja es que se puede manejar, en una sola herramienta, la pluralidad de sistemas de entrega de vídeo existentes (por ejemplo, videos de YouTube, difusión de videos en el iPhone de Apple, y en difusiones mediante el protocolo RTSP en redes del 3GPP).

A continuación se muestra la arquitectura básica para la utilización de la herramienta de inspección así como funciones de diagnóstico que ofrece la herramienta de Alcatel-Lucent.

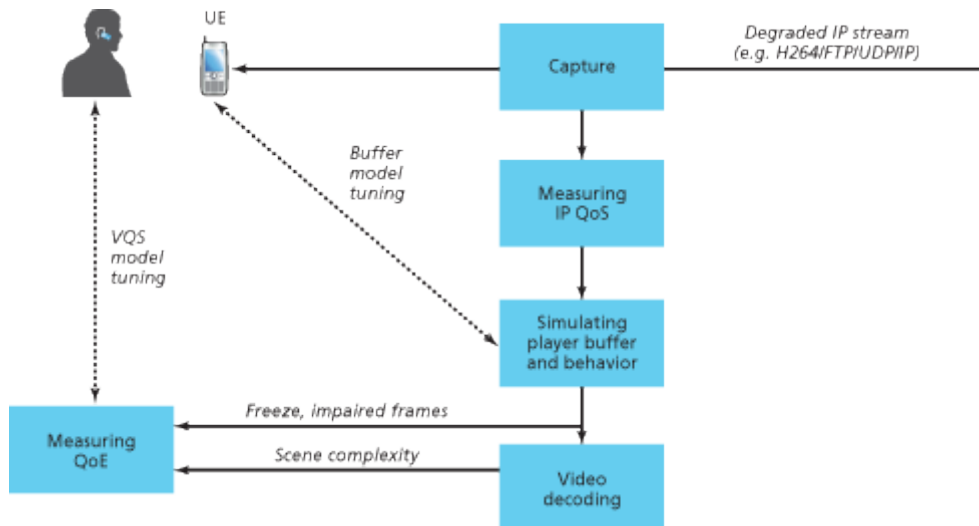


Figura 2. Arquitectura básica de la herramienta inspección de Alcatel-Lucent [16]

Se destaca principalmente la simulación de efectos de rebuffering para pruebas de estimación de calidad de experiencia por los usuarios, efecto que será simulado de igual forma en los experimentos para evaluación del desempeño de la herramienta desarrollada en este trabajo.

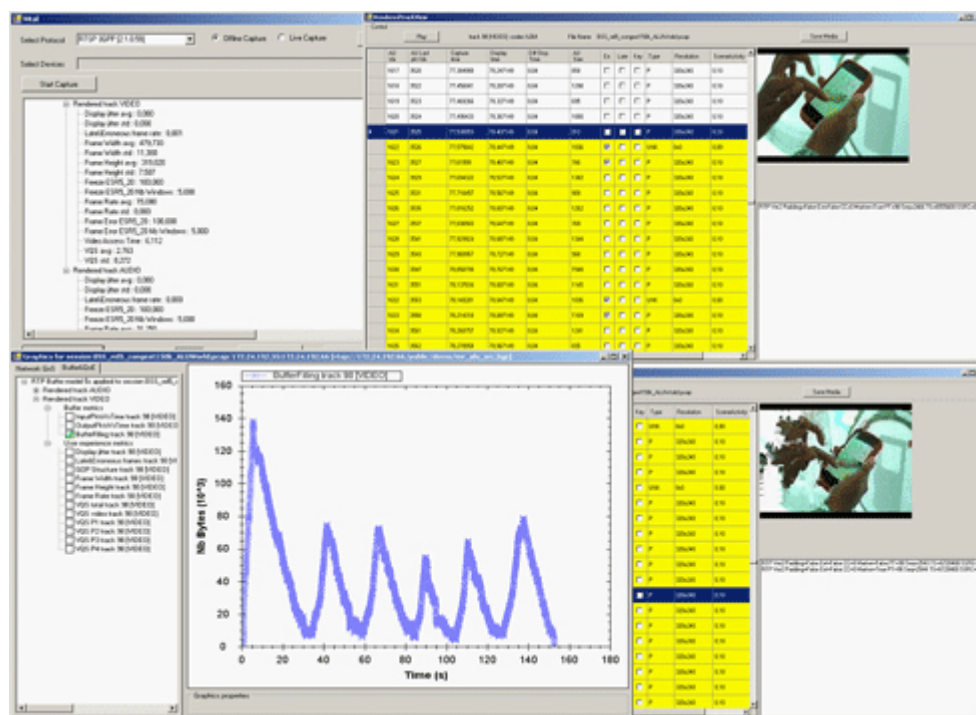


Figura 3. Funciones de diagnóstico que ofrece la herramienta de inspección de Alcatel-Lucent. [16]

### 2.2.5 Red de distribución de servicios OTT

Más allá de las aplicaciones a pequeña escala, la empresa Spirent Communications Inc. ha ido un poco más allá y han presentado una propuesta para operadores de red para intentar asegurar una calidad de experiencia para servicios de vídeo OTT mediante pruebas de simulación masiva de consumidores del servicio. En los documentos [17 y 18] se presenta imágenes de las arquitecturas de red actuales para

distribución de contenido OTT, así como de todos los requerimientos de hardware necesarios para poder llevar a cabo el aseguramiento de la red del operador de red y para intentar que cumpla con los indicadores claves de desempeño (KPI) del operador e intentar retener a los usuarios finales en los servicios del operador de red.

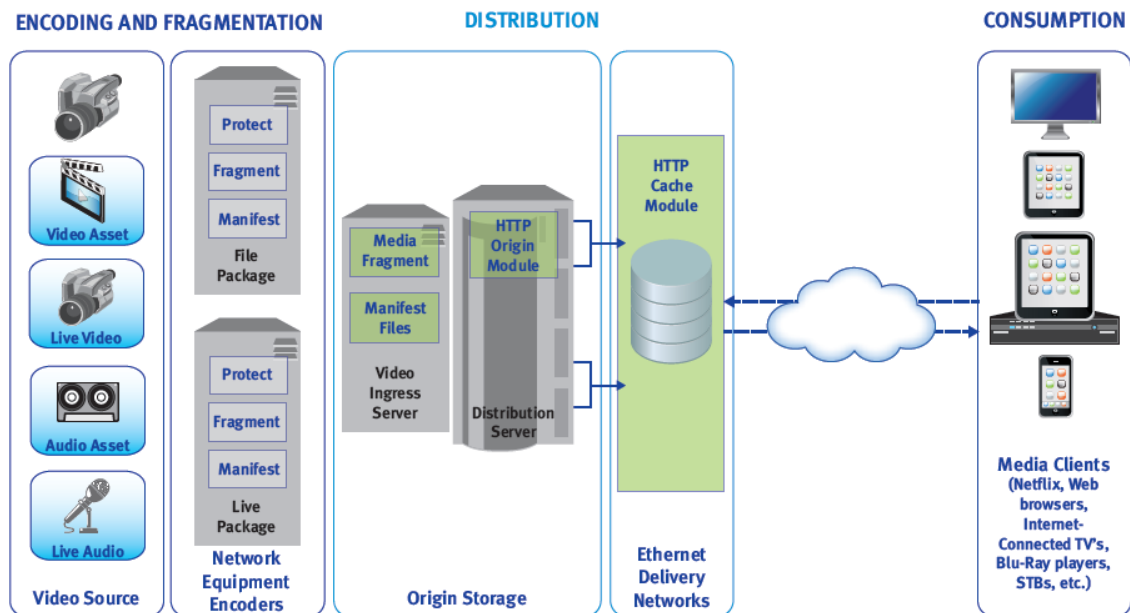


Figura 4. Red de distribución de video OTT.

Dentro de las características que presenta el combinado de herramientas de Spirent se encuentran los soportes para los siguientes métodos de difusión actual.

- Microsoft Smooth Streaming: una extensión del servicio de Microsoft Internet Information Server (IIS) que transmite videos sobre http hacia clientes compatibles con Microsoft Silverlight.
- Adobe HTTP Dynamic Streaming: un elemento de Adobe's Flash Media Server que provee difusión con tasa de bits adaptativa (Adaptive Bit Rate ABR) para Adobe Flash Player 10.1.
- Apple HTTP Live Streaming: un protocolo de difusión desarrollado por Apple para soportar dispositivos con QuickTime y iPhone/iPad.
- Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (DASH): mencionado anteriormente, un estándar propuesto por la industria y de una tecnología independiente del códec utilizado para transmisiones con ABR, el cual proviene del trabajo del Moving Picture Experts Group (MPEG).

### 3 Pruebas preliminares

En este capítulo se describirán todos los requerimientos y las pruebas realizadas previamente para complementar el funcionamiento de la herramienta QoE.

Para realizar las pruebas se dispuso de un ordenador personal (PC), una tablet, un teléfono móvil de los que a continuación se muestran las especificaciones, también se debe disponer de una conexión a internet.

Hardware disponible:

- Ordenador portátil: Marca Toshiba Satellite L855-11K. SO: Windows 7 Home Premium SP-1 64-bits, Procesador: Intel® Core™ i5-2450M, 4 núcleos, 2.5GHz, Memoria RAM: 16 Gb, 1333 MHz. Tarjeta de vídeo: AMD Radeon HD 7600 Series, 2Gb - DDR5.
- Tablet Samsung Galaxy Note 10.1 GT-N8010 Procesador ARM Cortex A9 Quad Core de 1.4 GHz, Memoria SDRAM 2Gb, SO: Android 4.1.2.
- Teléfono móvil Samsung Galaxy Ace GT-S5830i - Android 2.3.6.

#### 3.1 Consideraciones previas

A continuación se mencionan los siguientes puntos que se tomaron en cuenta previamente al diseño de la herramienta:

1. Debe ser una herramienta web.
2. Los vídeos a reproducir deben estar almacenados en un servidor. Esto implica la configuración de un servidor web.
3. La herramienta debe reproducir vídeos que puedan ser evaluados por un trabajador externo (crowdsourcing).
4. Los vídeos a reproducir deben ser transmitidos completamente al trabajador para no tener efectos de rebuffering ocasionados por las redes de transporte o conexiones a internet.
5. Se debe realizar un script para modificar algunos vídeos que simulen el efecto de rebuffering.
6. Los resultados obtenidos de la evaluación de cada trabajador deben ser almacenados en el servidor para luego trabajar con ellos.

##### 3.1.1 Punto 1. Herramienta web.

En este punto se consideró que la herramienta web preferiblemente fuese compatible con html5 para su desempeño y facilidad para los trabajadores de hacer las evaluaciones en dispositivos móviles, aunque esto no su objetivo principal.



Esta herramienta debía desarrollarse con la posibilidad de identificar a las personas que hicieran las evaluaciones, para de esta forma retribuirles su trabajo realizado, como lo es la práctica del crowdsourcing.

Para ello se revisaron varias herramientas de este tipo como la Mechanical Turk de Amazon.com [6], la QualityCrowd 2 [20, 21] y la Sensory Experience Lab [22] que luego de varias pruebas con ella fue descartada. Se pensó en la utilización de software libre, el cual se pudiera modificar para realizar las pruebas necesarias para así intentar cumplir con los objetivos de este trabajo.

QualityCrowd 2 es una herramienta web desarrollada por en el Departamento de Procesamiento de Datos de la Facultad de Electrotecnia e Informática de la Universidad Politécnica de Múnich. Basada en la arquitectura del Model View Controller (MVC) de CakePHP, desarrollada con HTML5, JavaScript y CCS. Por ello necesita de un servidor HTTP con PHP version 4.3.2 o superior y un servidor de base de datos como puede ser MySQL. Si se desea integrarle con la interfaz de comandos en línea del Mechanical Turk de Amazon para su interacción, dicha página provee un API para su ejecución, para ello también requiere un entorno de ejecución Java en el servidor web.

Esta herramienta está destinada principalmente para realizar valoraciones subjetivas de calidad de video trabajando con crowdsourcing con un API del Mechanical Turk de Amazon, la misma puede ser modificada y se le pueden agregar scripts personalizados para realizar las pruebas deseadas por el investigador, recreando un ambiente más controlado al estilo a un laboratorio, pero siempre colocando “la fuerza de trabajo” en el internet.

Las características que presenta Quality Crowd 2, permiten que se ajuste dentro de las necesidades del presente trabajo para estimaciones de QoE mediante una herramienta web.

### **3.1.2 Punto 2. Servidor web.**

Ahora para poder hacer funcionar la herramienta web y la QualityCrowd 2, se siguieron las recomendaciones que ofrece el artículo [20] por lo que se configuró un servidor web HTTP Apache así como el módulo de MySQL y PHPMyAdmin desde cero en una máquina virtual con Ubuntu, dado a que ofrecen buena estabilidad para el mismo. Luego se observó que no era necesaria la instalación de MySQL o PHPMyAdmin por las facilidades de los scripts de PHP para generar ficheros \*.csv exportables a Excel para comparar resultados.

Es muy importante destacar la configuración que se debe hacer a la máquina virtual en cuanto a su dirección IP y en la red que va a trabajar. Las pruebas realizadas



normalmente se ejecutaban en una red propia con el ordenador Host de la máquina virtual. En otros casos se logró hacer pruebas en una LAN y hasta con dispositivos móviles.

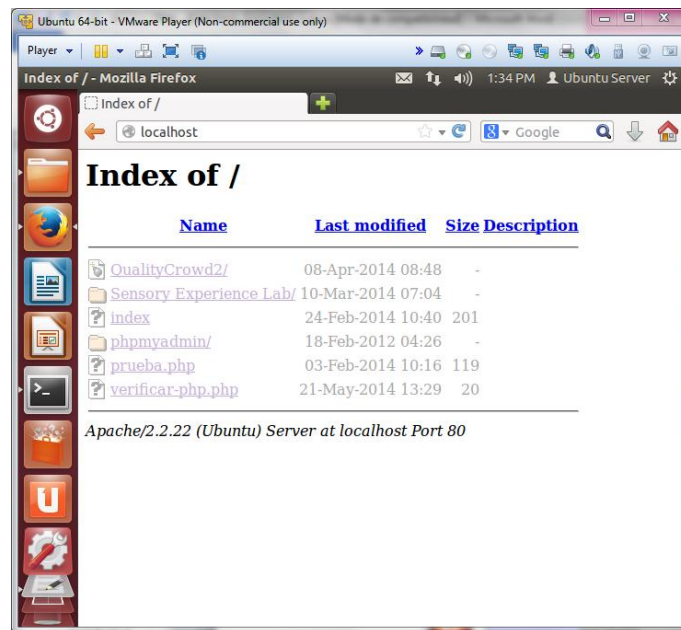


Figura 5. Servidor HTTP Apache corriendo.

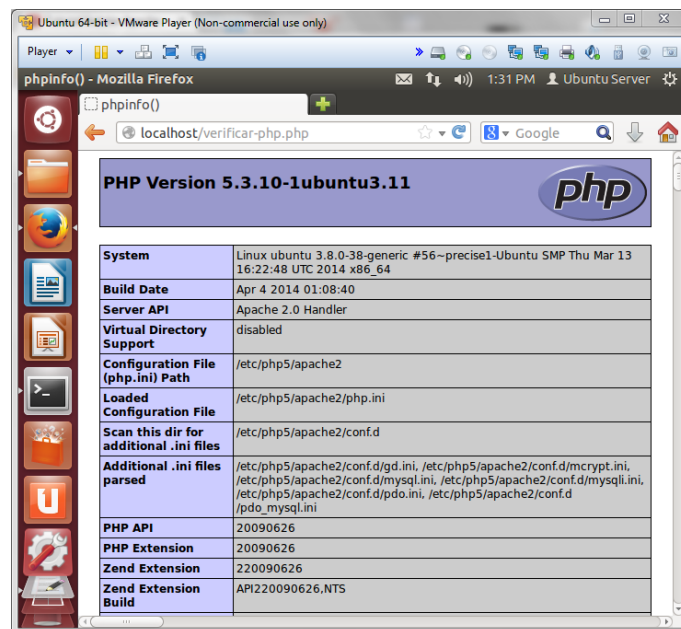


Figura 6. Módulo PHP corriendo.

Las imágenes han sido ligeramente modificadas para difuminando contenido que será resaltado más adelante en el trabajo.

### 3.1.3 Punto 3. Reproductor de Vídeos.

Luego de haber seleccionado la herramienta QualityCrowd 2, se hicieron varias pruebas con la misma donde se observó que presentaba un reproductor Flash propio compatible con el Adobe Flash Player, y sabiendo que este es el que comúnmente

funciona con la mayoría, si no todos los exploradores existentes, se pensó en utilizarlo. Pero aun así, luego de varias pruebas este no funcionó con los vídeos de prueba disponibles.

Para solucionar esto la herramienta también permite la integración de reproductores externos en línea, por lo que se revisaron algunos reproductores HTML5, siendo el Sublime Video Player [23] el reproductor elegido para integrar a la herramienta, por su fácil integración y configuración, buena compatibilidad con los navegadores más utilizados, sus foros de recomendaciones para codificación de vídeos, la capacidad de configuración de reproducción de vídeo automáticamente cuando se haya cargado el vídeo de prueba en el destino (ordenador del evaluador) y algunas funciones adicionales que quedan a la elección del investigador para integrar o no para realizar las pruebas.



Figura 7. Reproductor de vídeo en línea HTML5. [23]

Es sumamente importante mencionar la configuración que se debe realizar en este reproductor html5 en la página web de Sublime Video para realizar pruebas (<https://my.sublimevideo.net/sites/isdszo2v/edit>). Donde se deben habilitar las direcciones IP desde donde se estén realizando pruebas locales (por ejemplo: localhost, 127.0.0.1, 192.168.xxx.xxx, etc.) ya que sin estas configuraciones simplemente no funciona el reproductor. En el capítulo 4 se mostrarán capturas de pantalla de la configuración del reproductor en su página web.

Un punto importante en la integración de este reproductor es el ingreso de un “token” suministrado por la página de Sublime Video dentro del javascript de vídeo a utilizar en la herramienta web, el cual identifica el usuario de Sublime Video, esto lo utiliza la página para sus estadísticas de utilización y para identificar si el usuario tiene una cuenta válida.

Para el registro en la página de Sublime Video se ha creado una cuenta en Gmail con el usuario y contraseña iguales en ambas cuentas:

- Enlace: <https://my.sublimevideo.net/login>
- Correo: [herramienta.qoe@gmail.com](mailto:herramienta.qoe@gmail.com)
- Clave: herramientaqoe2014
- El token utilizado en la herramienta de prueba es: isdszo2v

En el capítulo 4 se profundizará en la descripción de la configuración realizada al reproductor para su funcionamiento con la herramienta.

### **3.1.4 Punto 4. Transmisión completa para evitar pérdidas por la red.**

Dentro de las consideraciones a tomar en cuenta en cuando al desempeño que debe tener la herramienta para que sea válida está que se debe intentar simular un entorno controlado o parecido al de un laboratorio en el sentido de que el vídeo de prueba enviado al trabajador o evaluador final no debe ser afectado por la red de transmisión.

En este sentido la herramienta QualityCrowd 2 fue desarrollada pensada para evaluar QoE, pero también para transmisiones de vídeo sin pérdidas a través de una red IP, lo que permite realizar pruebas de nuevos codificadores o realizar transmisiones sin compresiones adicionales al empaquetado en IP.

También el Sublime Video Player por su fácil configuración se le puede indicar que envíe el fichero antes de que empiece a reproducirlo, para de esta forma asegurar que no se presenten los efectos de “cargando” introducidos por la red de transmisión que afectan a la QoE. Dicho efecto de “cargando” será simulado mediante la alteración de los vídeos de prueba disponibles.

### **3.1.5 Punto 5. Script con efecto de rebuffering (cargando).**

La idea principal con este punto es que en pruebas posteriores al alcance de este trabajo y mediante el uso de la herramienta de QoE se pueda evaluar el impacto del efecto de rebuffering o “cargando” sobre la QoE de los usuarios en determinados escenarios, por ejemplo, cuando el vídeo se interrumpe por una cierta cantidad de tiempo, cuanto influye en la QoE del usuario final.

La manera en que fue pensada realizar este script fue tomar un fichero de vídeo de una fuente “confiable”, con la menor cantidad de defectos posibles con la que se pudieran hacer pruebas libremente en un ambiente de investigación.

Para ello se utilizaron vídeos descargados del servidor FTP del Video Quality Experts Group (VQEG) [24]. Para los que se deseó modificar directamente un frame específico del vídeo y simular el efecto de “cargando” mediante la superposición de dicho frame y una imagen de una “ruedita” que simulara el efecto.

En la imagen conceptual que se muestra a continuación se describe la idea. En “1” se observa el fichero de vídeo compuesto de frames consecutivos, en “2” se observa el fichero separado en 2 partes y se extrae el último frame de donde se desea insertar el efecto de “cargando”. En “3” se observa el proceso de superposición de las imágenes, en “4” el proceso de duplicación de las imágenes superpuestas por un período de tiempo a simular el efecto y por último en “5” la inserción en de los frames modificados en el fichero de vídeo.

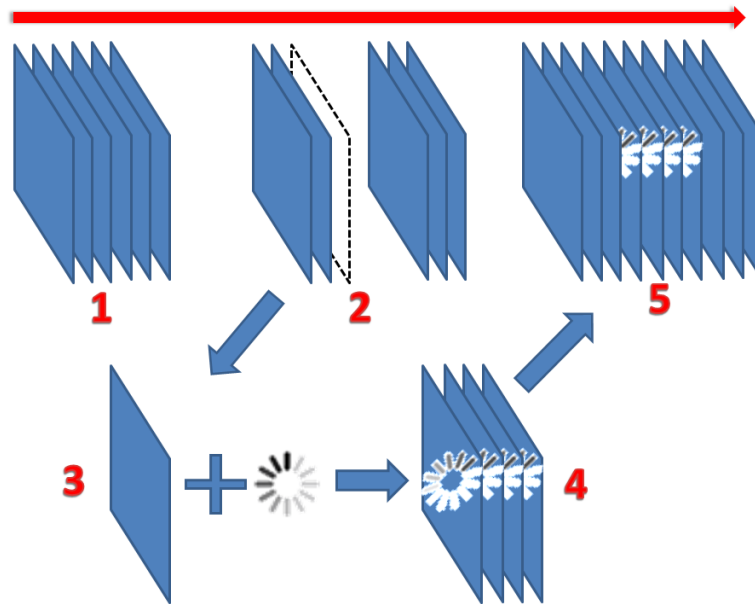


Figura 8. Imagen conceptual de inserción de efecto de rebuffering.

En el Anexo 1, y en el material en digital entregado con este trabajo se observa el código del script realizado para modificar los vídeos de prueba que desee el investigador. Dicho script tiene el nombre `generador.bat`.

El "generador" fue realizado con un fichero Batch para consola de Windows el cual hace los llamados correspondientes a las aplicaciones utilizadas, siguiendo la misma idea conceptual vista anteriormente y la cual se encuentra mucho más detallada en el diagrama de lógica que se muestra más adelante, el cual fue utilizado para su ejecución.

En el diagrama de lógica del script se observa que el Generador en un principio hace las consultas del fichero a modificar. Donde el usuario debe introducir la ruta completa de la ubicación de dicho fichero. Aquí se verifica la existencia del fichero y luego se pregunta al usuario si la dirección es correcta. Si se responde que no es la ruta correcta se invita al usuario a introducir nuevamente la dirección del fichero a modificar. Esto hasta un máximo de 3 veces, al introducir incorrectamente las rutas o al indicar que la ruta es incorrecta 3 veces el Script finaliza.

Luego se solicita al usuario la introducción del nombre del fichero final luego de modificado y al igual que en la consulta anterior se verifica la existencia del fichero destino y si se desea reemplazar o no. Si se responde incorrectamente 3 veces el script finaliza.

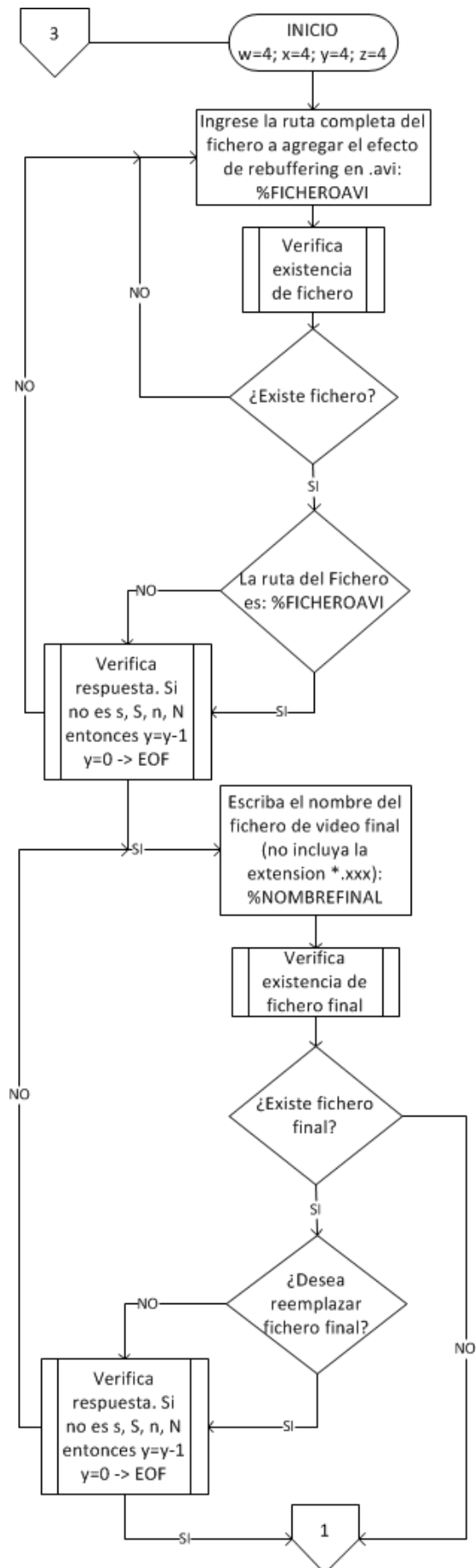


Figura 9. Diagrama de secuencia lógica del script Generador de efecto de rebuffering - 1

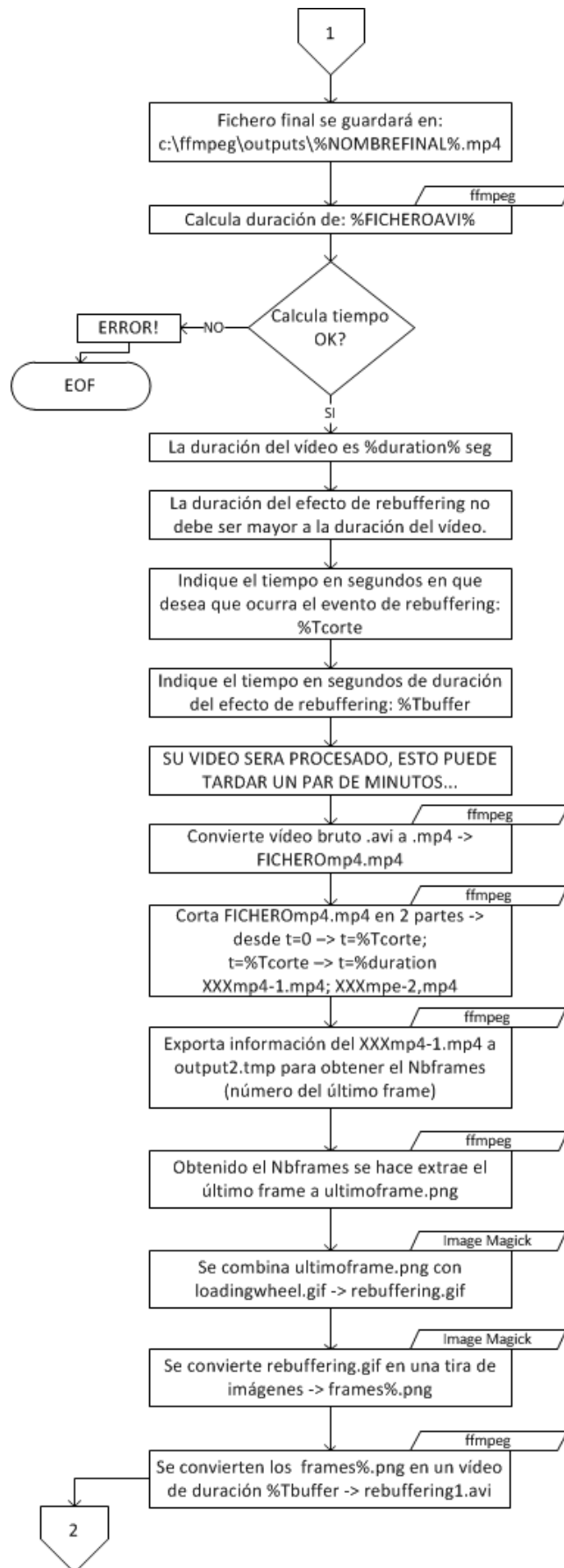


Figura 10. Diagrama de secuencia lógica del script Generador de efecto de rebuffering -2

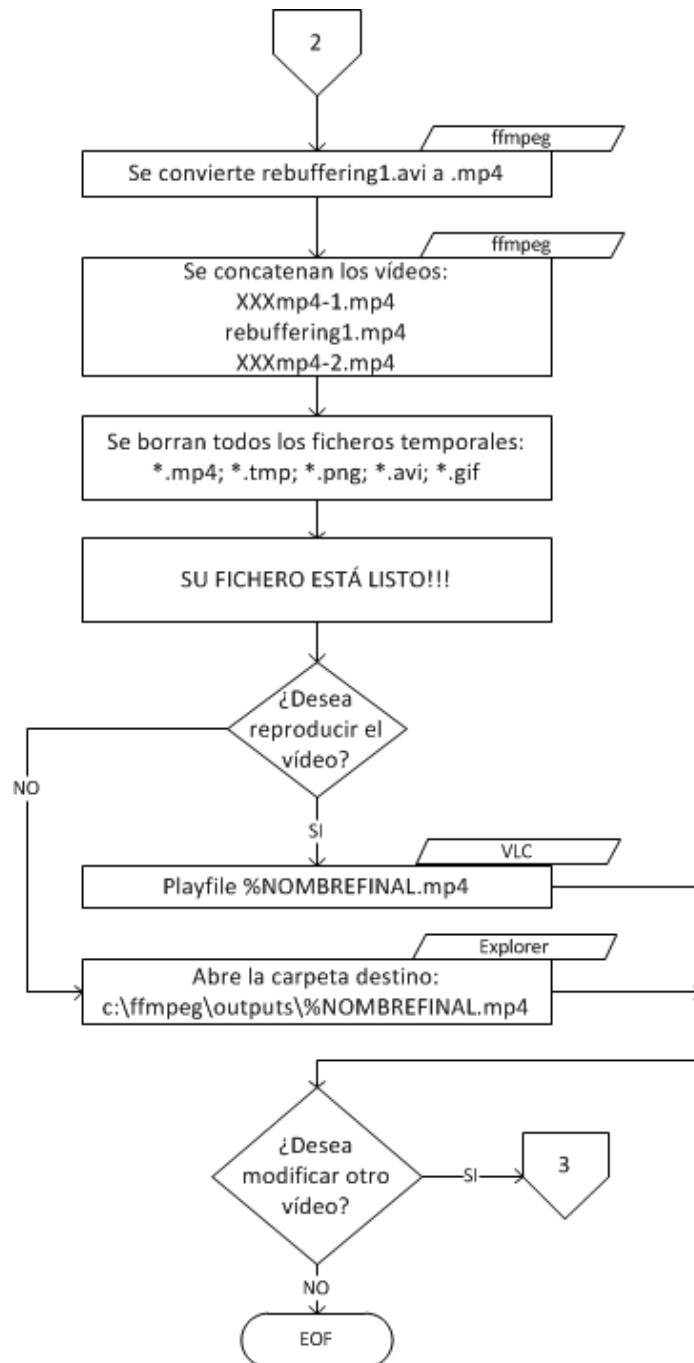


Figura 11. Diagrama de secuencia lógica del script Generador de efecto de rebuffering -3

Luego se realiza el cálculo de la duración del fichero .avi en “bruto”, se le muestra al usuario y luego se le solicita el momento en que desea que ocurra el efecto de rebuffering y cuánto debe durar el mismo. Aquí se empieza a procesar el fichero.

El script realiza los llamados a los programas Ffmpeg e Image Magick 6.8.8. Primero se utiliza Ffmpeg para convertir el fichero de \*.avi a \*.mp4. Luego se utiliza el mismo para cortar el fichero \*.mp4 en dos partes XXXmp4-1.mp4 y XXXmp4-2.mp4. A continuación se extrae información del XXXmp4-1.mp4 con el ffmpeg (dependencia del Ffmpeg) para obtener el parámetro nbFrames, dicho parámetro indicará el número

del último frame de dicho fichero y de esta forma obtener una imagen del último frame, resultando en ultimo-frame.png.

Luego con la ayuda del Image Magick se procede a superponer el ultimo-frame.png con la “ruedita” loading-wheel.gif y hacer una serie de imágenes correspondientes a las variaciones de la imagen en \*.gif. Luego de nuevo con el ffmpeg se realiza la unión de la serie de imágenes creadas anteriormente de manera consecutiva, que al reproducirse generan el efecto de la “ruedita girando”. Este video rebuffering1.avi tendrá la duración que le haya introducido el usuario.

Ya para finalizar nuevamente se convierte rebuffering1.avi a \*.mp4 con ffmpeg y se realiza la concatenación de XXXmp4-1.mp4, rebuffering1.mp4 y XXXmp4-2.mp4. Se borran los ficheros temporales generados en el proceso, se le notifica al usuario que ya ha finalizado la modificación del fichero y se le pregunta si desea reproducirlo (en este caso lo abre con VLC media player), en caso negativo abre la carpeta destino donde se guarda el fichero modificado (c:\ffmpeg\outputs\%NOMBREFINAL%.mp4) y luego pregunta si se desea modificar otro fichero de vídeo, en caso negativo finaliza el script.

A continuación se muestran algunas capturas de pantalla de la corrida en frío del “generador” y la posterior ejecución del vídeo modificado en el VLC media player:

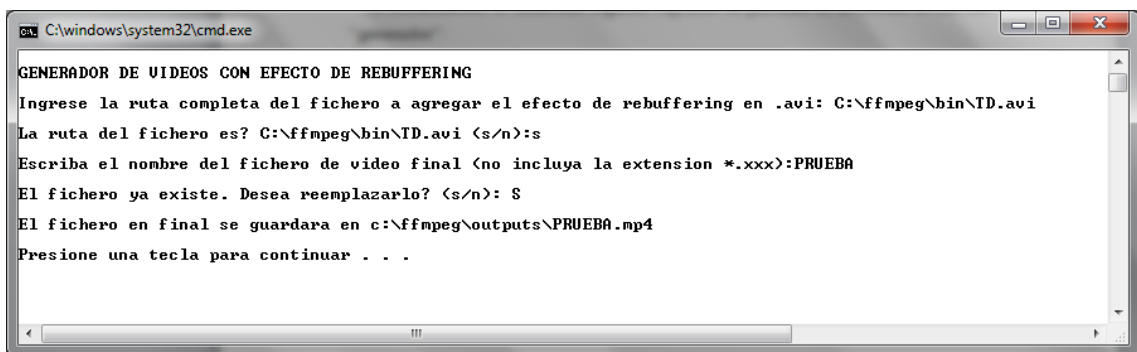


Figura 12. Generador de vídeos con efecto de rebuffering - 1.

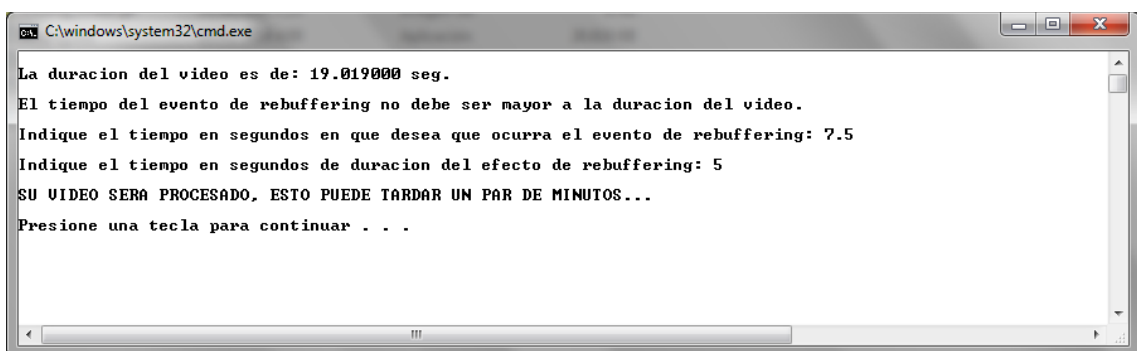


Figura 13. Generador de vídeos con efecto de rebuffering - 2.



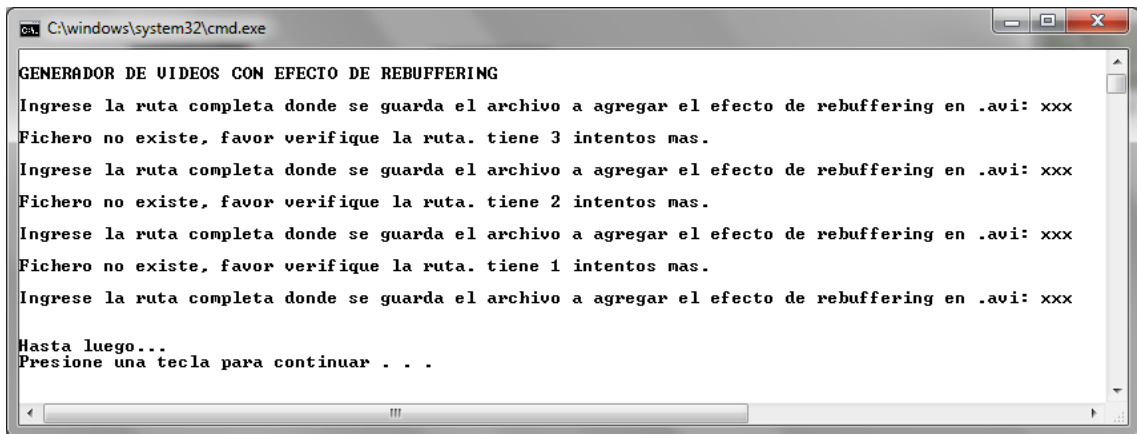


Figura 14. Generador con ruta insertada errónea 1.

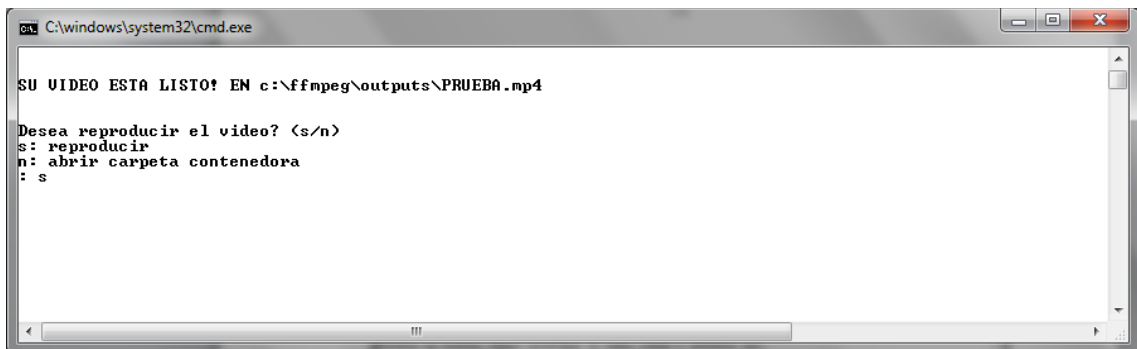


Figura 15. Generador de vídeos con efecto de rebuffering - 3.

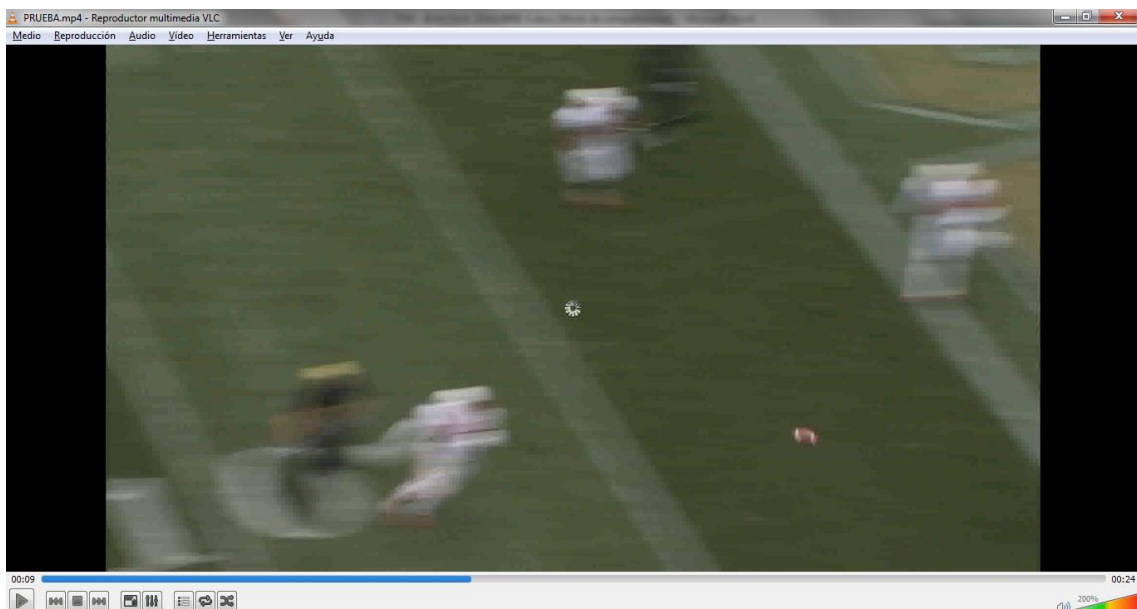


Figura 16. VLC media player reproduciendo video con efecto de rebuffering.

### 3.1.5.1 Codificador de video

Como se mencionó anteriormente los vídeos utilizados para realizar las pruebas fueron descargados del VQEG. Dichas secuencias son propiedad de la NTIA/ITS, una agencia del Gobierno Federal de los EEUU. Fueron creados bajo el Proyecto Número 3141012-300, Video Quality Research, en el 2008. Dicho reporte indica que los vídeos

pueden ser utilizados para únicamente para investigación. Se pueden usar, modificar, copiar y redistribuir bajo el reconocimiento de propiedad de los vídeos por parte de la NTIA/ITS en el presente trabajo así como en las investigaciones derivadas de los resultados de este.

En el Anexo B se observan los métodos de grabación y las especificaciones de las cámaras utilizadas para la captura de los mismos.

La página de Sublime Video recomienda las siguientes codificaciones a realizar en los vídeos dependiendo del tipo de navegador a utilizar:

**Tabla 3. Tabla de codificaciones y navegadores recomendados [26]**

<b>Formato de vídeo / códec</b>	<b>HTML5 soporte nativo</b>
MP4 / H.264	Chrome, IE9-10, Safari
WebM / VP8	Chrome, Firefox, Opera
Ogg / Theora	Chrome, Firefox, Opera

De entre estos formatos y códecs se decidió trabajar con ficheros mp4 debido a la facilidad de probar los vídeos en varias plataformas como ordenadores portátiles, tablets o móviles. Para ello se realizaron las codificaciones de los vídeos en H.264 conservando su resolución de 1920x1080p y el audio en AAC a 320k. En el capítulo 6 se analizarán los resultados de las pruebas realizadas en los navegadores Chrome, Firefox e Internet Explorer, así como de los dispositivos móviles disponibles.

Durante la realización de script del Generador de vídeos con efecto de rebuffering se hicieron pruebas con dos codificadores de vídeos, el Hand Brake y el Ffmpeg.

**El HandBrake** [25] es un codificador de código abierto que es recomendado por la sección de ayuda y foro de la página de Sublime Video, el cual ofrece una buena compatibilidad con el reproductor. El cual resultó muy bueno en las pruebas iniciales con codificaciones sencillas de los vídeos en bruto hacia h.264 para realizar las pruebas iniciales del reproductor de vídeo dentro de la herramienta web.

Posteriormente cuando se integró el codificador al script del Generador se observó que el vídeo modificado resultante en todos los casos no simulaba correctamente el efecto de rebuffering, ya que se introducía un ruido extremadamente molesto en la sección de rebuffering o no se introducía sonido del todo, así como desfases de audio-vídeo no deseadas en la etapa posterior al efecto “cargando”. Por ello este codificador fue descartado.

**El Ffmpeg** [27] es otro codificador recomendado por la página de Sublime Vídeo el cual posee una extensa documentación disponible en su página web. Este codificador en un principio presentó problemas de compatibilidad con el reproductor Sublime

Video en la herramienta web con los videos sin modificar. Pero luego de varias pruebas de modificaciones de parámetros de codificación y el uso de librerías específicas se consiguió que luego de la integración con el script Generador la simulación del efecto de rebuffering se diera de una manera satisfactoria.

### 3.1.5.2 Editor de imágenes

El **Image Magick-6.8.8** es la herramienta de código abierto con interfaz de línea de comandos que hace la “magia” en el efecto de rebuffering. Con ella se realiza la superposición entre el `ultimo-frame.png` y la `loading-wheel.gif` y luego genera la tira de imágenes que luego junto con el `ffmpeg` genera el vídeo del efecto de rebuffering.



Figura 17. `loading-wheel.gif`

### 3.1.6 Punto 6. Resultados de evaluaciones.

Para este punto la herramienta QualityCrowd2 tiene varios módulos, librerías y programas integrados que complementan su funcionamiento, sin embargo, es importante resaltar aquí el JpGraph y el PhpExcel los cuales ayudan mucho para los resultados de las evaluaciones.

JpGraph: es una librería orientada a objetos para versiones de PHP igual o superiores a 5.1. La librería está completamente escrita en php y lista para ser usada en los scripts php. Esta se usa para mostrar las gráficas resultados de las cantidades de trabajadores que han realizado correctamente que pasos del experimento de la herramienta de estimación de QoE.

PhpExcel: tiene la capacidad de crear y exportar a ficheros `*.csv` o `*.xlsx` los resultados introducidos por los trabajadores, que posteriormente pueden ser utilizados para su análisis.

A continuación se observan dos figuras que ilustran estos casos.

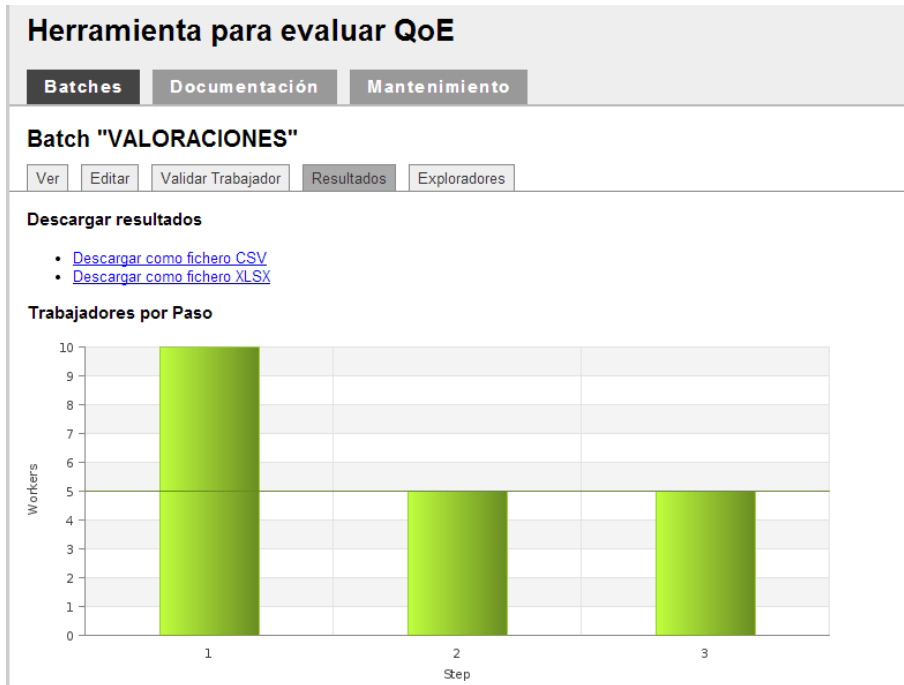


Figura 18. Ejemplo de gráfica de resultados (Trabajadores por paso: Experimento de 3 pasos).

**Consolidar resultados**

<b>1</b>	<b>page</b>	
	<b>Trabajadores</b>	10
	<i>Promedio</i>	16:20:39
	<b>Duración</b>	<i>Máximo</i> 163:22:50 <i>Mínimo</i> 00:00:02
<b>2</b>	<b>video</b>	Prueba.mp4
	<b>Pregunta</b>	Por favor calificar la calidad visual del vídeo 1
	<b>Respuestas</b>	5: 5 - Excelente; 4: 4 - Buena; 3: 3 - Aceptable; 2: 2 - Regular; 1: 1 - Pésima
	<b>Trabajadores</b>	5
	<b>Duración</b>	<i>Promedio</i> 00:02:58 <i>Máximo</i> 00:11:20 <i>Mínimo</i> 00:00:30
<b>3</b>	<b>video</b>	conejo.mp4 Prueba.mp4
	<b>Pregunta</b>	Por favor calificar la calidad visual del vídeo 2
	<b>Respuestas</b>	5: 5 - Excelente; 4: 4 - Buena; 3: 3 - Aceptable; 2: 2 - Regular; 1: 1 - Pésima
	<b>Trabajadores</b>	5
	<b>Duración</b>	<i>Promedio</i> 00:00:42 <i>Máximo</i> 00:01:04 <i>Mínimo</i> 00:00:24

Usuario: admin

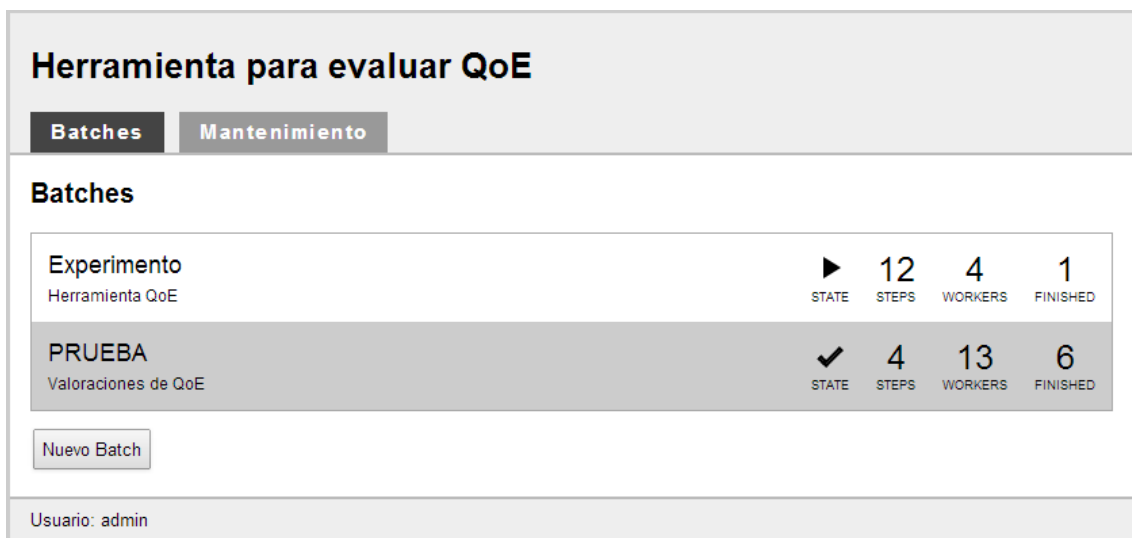
Figura 19. Ejemplo de resultados en línea.

## 4 Diseño de herramienta web para evaluar QoE

En este capítulo se describen todas las modificaciones realizadas a la herramienta de QualityCrowd2 para adaptarla a las necesidades del trabajo actual.

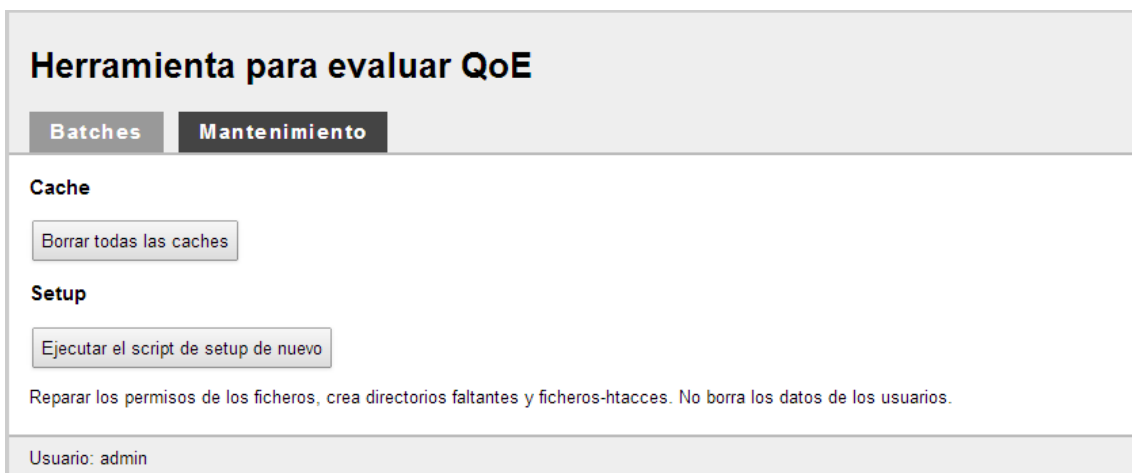
### 4.1 Herramienta QoE.

Como se ha mencionado en los capítulos anteriores la herramienta de QoE desarrollada se basa en la herramienta QualityCrowd 2. La modificación principal realizada a esta herramienta fue el idioma ya que esta se encontraba desarrollada enteramente en inglés por lo que muchos de los scripts php fueron modificados para traducirlos a español, como se puede observar en las siguientes imágenes. Otra modificación realizada es que la herramienta estaba programada para funcionar solo con Chrome, dicha sección fue eliminada del código fuente para poder realizar pruebas con varios navegadores.



Herramienta para evaluar QoE	
Batches	Mantenimiento
<b>Batches</b>	
Experimento Herramienta QoE	▶ 12 4 1 STATE STEPS WORKERS FINISHED
PRUEBA Valoraciones de QoE	✓ 4 13 6 STATE STEPS WORKERS FINISHED
<input type="button" value="Nuevo Batch"/>	
Usuario: admin	

Figura 20. Herramienta modificada 1.



Herramienta para evaluar QoE	
Batches	Mantenimiento
<b>Cache</b>	
<input type="button" value="Borrar todas las caches"/>	
<b>Setup</b>	
<input type="button" value="Ejecutar el script de setup de nuevo"/>	
Reparar los permisos de los ficheros, crea directorios faltantes y ficheros-htaccs. No borra los datos de los usuarios.	
Usuario: admin	

Figura 21. Herramienta modificada 2

## Herramienta para evaluar QoE

**Batches** **Mantenimiento**

### Batch "Experimento"

Ver Editar Validar Trabajador Resultados

**Información**

Title	Herramienta QoE
Description	Experimento evaluación Herramienta QoE
Workers	-1
Timeout	00:10:00
Estado	Active
URL del Trabajador	http://192.168.0.30/QualityCrowd2/Experimento/<worker id>

**Pasos**

1	<b>page</b>		<a href="#">Previsualizar</a>
	delay	0	
	text	El siguiente experimento es parte de un trabajo para evaluar una herramienta de...	
	title	Bienvenido	
2	<b>video</b>	Video1.mp4	<a href="#">Previsualizar</a>
	answermode	discrete	
	answers	5: 5 - Excelente; 4: 4 - Buena; 3: 3 - Aceptable; 2: 2 - Regular; 1: 1 - Pésima	

Figura 22. Herramienta modificada 2

De la misma forma fueron modificados o deshabilitados varios de los javascripts dentro los scripts php como ajustes a las necesidades de la herramienta de QoE. Las modificaciones más importantes fueron comentadas dentro del código de la herramienta. Dicho código, el generador, el ffmpeg, el Image Magick y los vídeos modificados se almacenarán temporalmente en el siguiente enlace:

<https://www.dropbox.com/sh/kums2ifs5y1g633/AABuB1kh8xwV66LdbPQy3F6ya>

Es importante retomar en esta sección los módulos de la herramienta de los que se hacen uso para dar forma a la herramienta de QoE, entre ellos Code Mirror y Markdown.

**Code Mirror:** es un componente JavaScript que provee a un editor de código dentro del navegador. Cuando el modo está disponible en los lenguajes que se estén introduciendo código, lo modificará añadiéndole colores, y opcionalmente para proporcionar ayuda con la estructura de programación llevada a cabo. Este módulo se usa en la herramienta para mostrar el código utilizado en el experimento de la herramienta de estimación de QoE el cual se encuentra en el Anexo 3.

**Markdown:** es una herramienta de conversión de texto plano a HTML para los escritores web. Permite escribir un texto plano de fácil comprensión y de un sencillo formato para a continuación, convertirlo a XHTML estructuralmente válido (o a

HTML). "Markdown" es en realidad dos cosas: una sintaxis de marcado de texto sin formato, y una herramienta de software, originalmente escrito en Perl, que convierte el texto plano a código de etiquetas HTML. Este módulo se usa dentro de la herramienta para escribir el código del experimento. Para darle una mejor apariencia el módulo CodeMirror lo colorea.

#### 4.1.1 Configuración del reproductor de vídeos.

Otra de las modificaciones importantes fue la desactivación del uso del reproductor nativo de la herramienta y la integración del Sublime Video como fue mencionado en capítulos anteriores. Es importante mencionar aquí que la herramienta presenta funciones y botones propios que fueron desactivados para aprovechar la utilidad del reproductor seleccionado. Luego de las configuraciones respectivas esta es la versión final de cómo se observa el reproductor integrado en la herramienta. En la figura "Configuración básica del reproductor - 8" se observa la que se considera la configuración más importante, la de las direcciones IP desde donde el investigador realizará las pruebas locales.

Algo detectado luego de muchas pruebas, es que al agregar una nueva dirección IP desde donde se estén haciendo pruebas en la lista de direcciones, es que dicha dirección no es habilitada por Sublime Video para que funcione el reproductor inmediatamente, hay que esperar un tiempo que puede ser de 30 minutos, horas e incluso hasta 1 día en el peor de los casos.

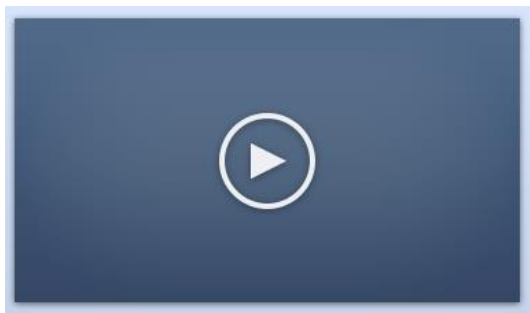


Figura 23. Sin mouse-over



Figura 24. Con mouse-over

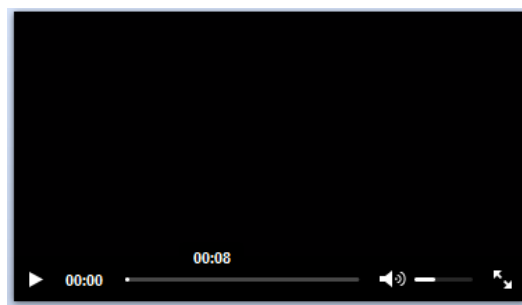


Figura 25. Reproduciendo

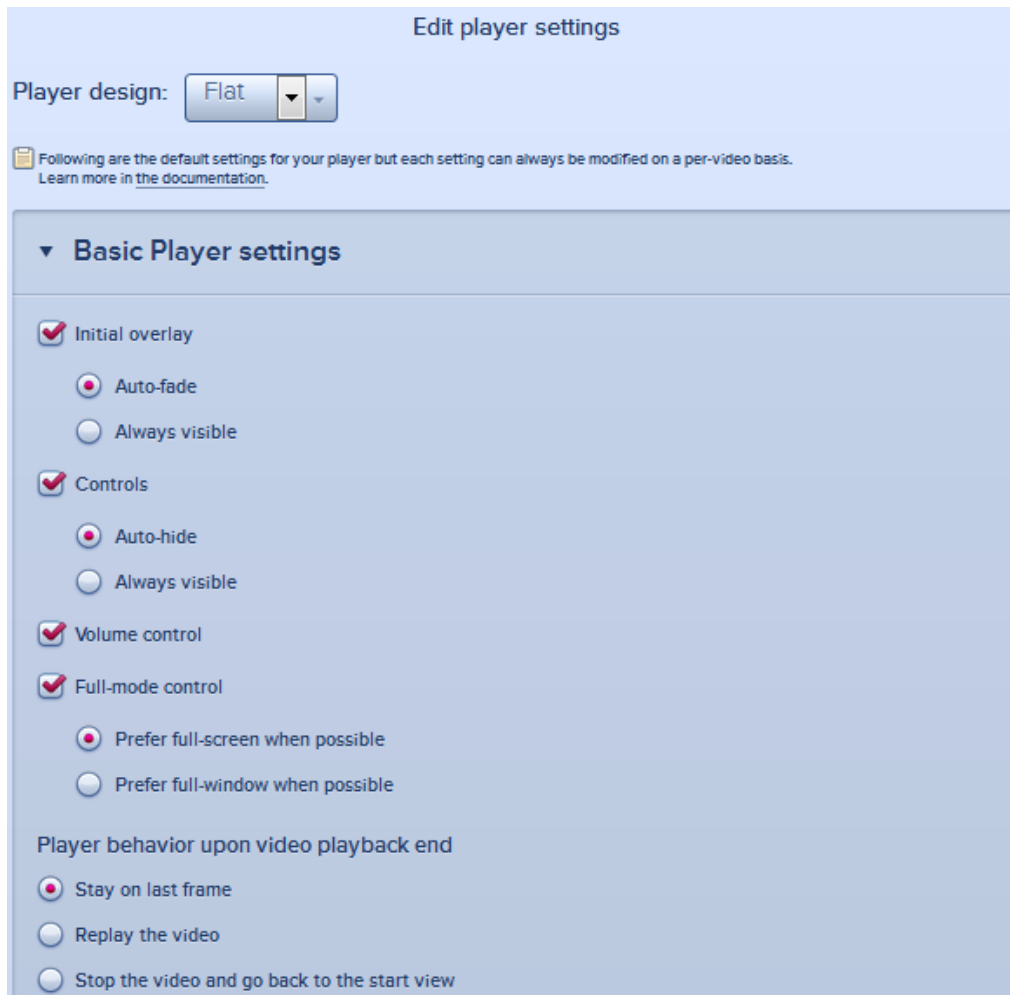


Figura 26. Configuración básica del reproductor - 1

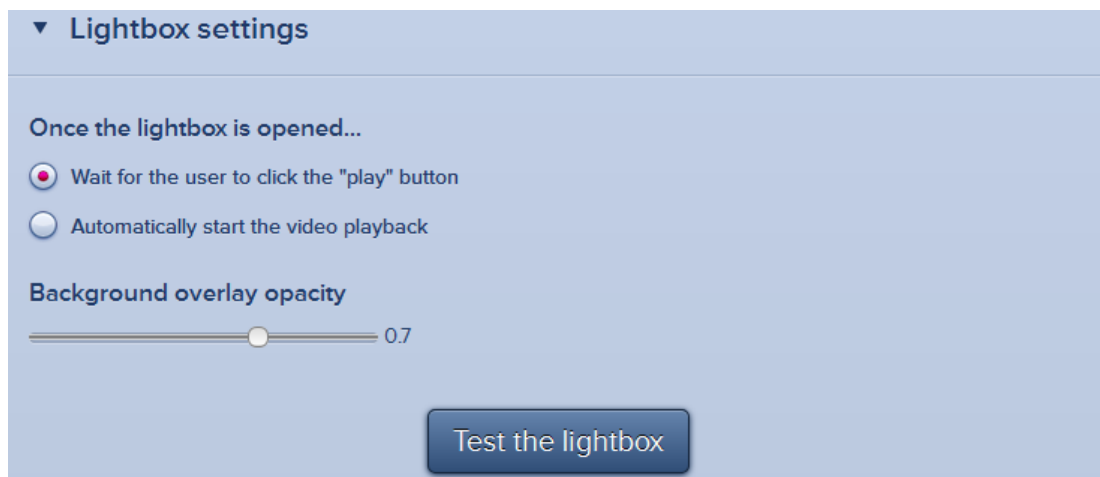


Figura 27. Configuración básica del reproductor - 2



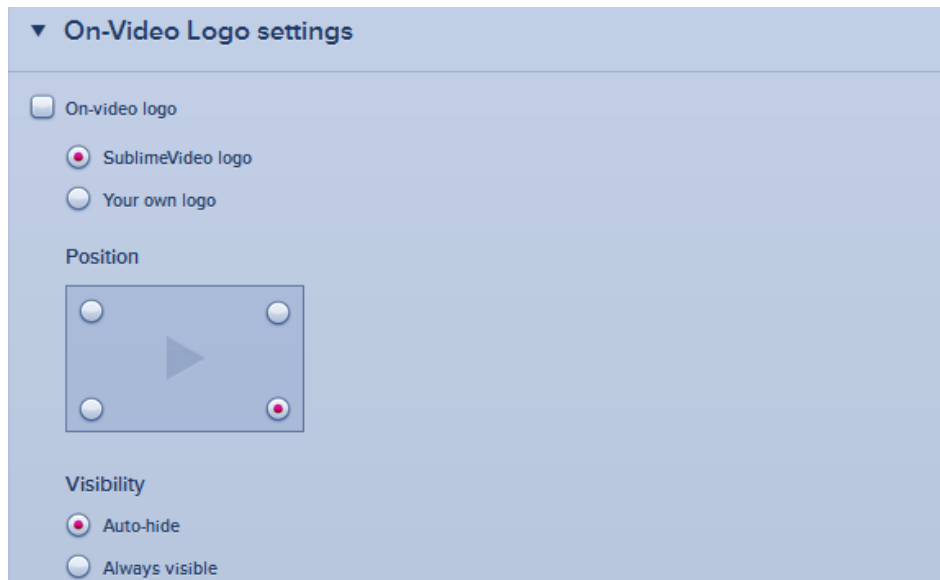


Figura 28. Configuración básica del reproductor - 3

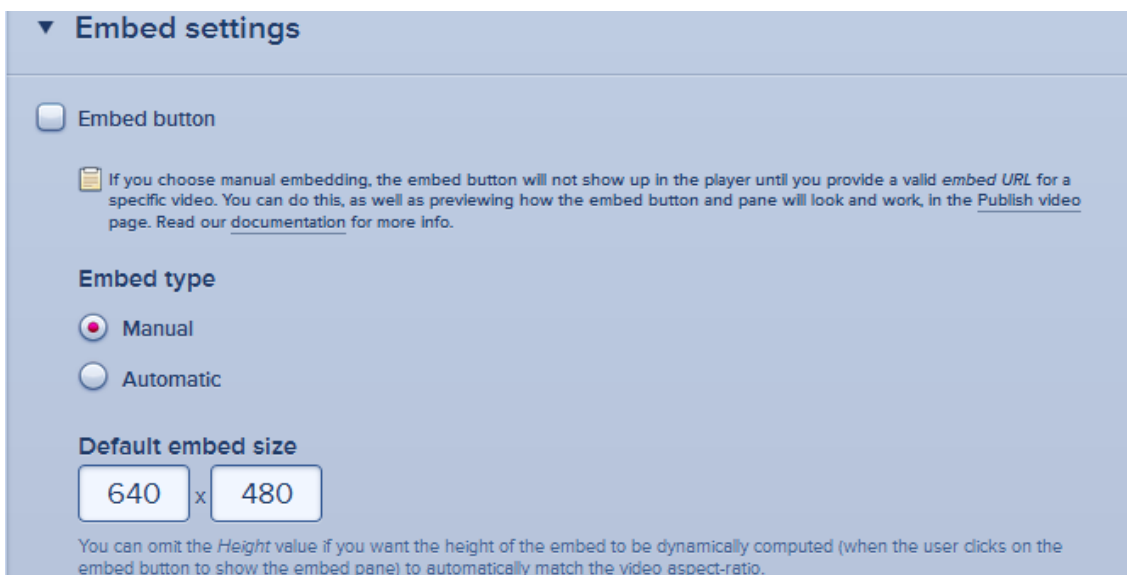


Figura 29. Configuración básica del reproductor - 4

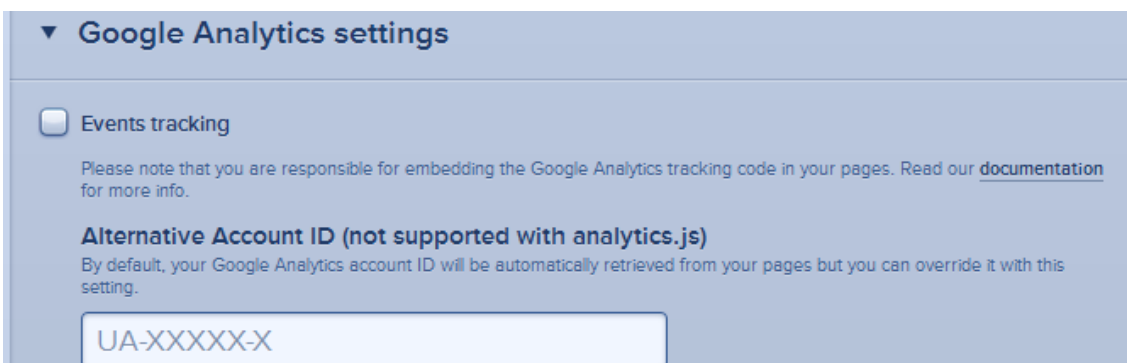




Figura 30. Configuración básica del reproductor - 5.

▼ **Sharing settings**

Sharing button



Sharing icon



Default sharing URL

If you want to test the sharing button in the player preview above, you need to provide a value for this field (at least temporarily).

Sharing buttons

Drag and drop buttons to enable and order them.

Sharing message image

Automatic

Video poster frame

You can provide a link to a specific image in the [Publish video](#) page. Read our [documentation](#) for more info.

Twitter "via" username

Show link field

Figura 31. Configuración básica del reproductor - 6

**Edit site settings**

**Production domains**

**Main domain**

Use this field to specify the main domain on which you're using SublimeVideo. You can also enter a subdomain (e.g.: *blog.mydomain.com*).

**Alias domains**

Use this field to specify extra domains (e.g.: *mydomain.fr, mydomain.ch*) separated by commas. These domains are meant to be used **exclusively** for multiple domains leading to the same or translated content. [Learn more](#).

Figura 32. Configuración básica del reproductor - 7

### Staging and development domains

#### Staging domains

Use this field to specify staging domains (e.g.: *staging.mydomain.com*, *mydomain-staging.com*) separated by commas. [Learn more.](#)

#### Development domains

Use this field to specify local development domains (e.g.: *mydomain.local*, *mydomain.dev*) separated by commas. [Learn more.](#)

---

#### Advanced settings

Wildcard (\*.yourdomain.com)  
Extend your SublimeVideo license to any subdomains of the domains above.

#### Custom path

Use this to restrict your player to a specific path. [Learn more.](#)

Figura 33. Configuración básica del reproductor - 8

## 5 Diseño de experimento para evaluar la herramienta web.

En este capítulo se describirá el experimento diseñado para evaluar el funcionamiento de la herramienta de QoE. En un principio se recomienda el uso del navegador Chrome para tener una mejor experiencia en las pruebas. Para poder utilizar la herramienta de QoE, el administrador debe enviarle al trabajador el siguiente enlace:

[http:// IP-MaquinaVirtual/QualityCrowd2/Experimento/<id-trabajador>](http://IP-MaquinaVirtual/QualityCrowd2/Experimento/<id-trabajador>)

En dicho enlace el trabajador debe colocar su nombre para identificarse dentro de símbolos de “mayor que” y “menor que”, por ejemplo: <MI-DNI>

Posteriormente aparece la pantalla de Bienvenida con un temporizador para realizar las pruebas. Si el tiempo del temporizador acaba, con recargar la página puede reiniciarse. En el anexo C se observa el pseudo código utilizado dentro de herramienta de QoE el cual tiene los pasos que debe seguir el trabajador para completar el experimento. Previamente han sido modificados los vídeos de prueba con el “Generador”. A continuación se muestra el esquema del experimento:

- **PASO 1:** BIENVENIDA
- **PASO 2:** Video1 sin efecto de rebuffering – evaluación MOS 1-5.
- **PASO 3:** Video1-1 video con un solo efecto de rebuffering de 1 segs. – evaluación MOS 1-5.
- **PASO 4:** Video 2, Video 2-2. Dos videos al mismo tiempo, uno sin rebuffering y el otro con un solo efecto de rebuffering 3 segs. – evaluación MOS 1-5.
- **PASO 5:** Video 3. Un video con un solo efecto de rebuffering 5 segs. – evaluación MOS 1-5.
- **PASO 6:** Video 4. Un video con un solo efecto de rebuffering 2 segs. – evaluación MOS 1-5.
- **PASO 7:** Video5. Un video con un solo efecto de rebuffering 4 segs. – evaluación MOS 1-5.
- **PASO 8:** Video6. Un video con un solo efecto de rebuffering 3 segs. – evaluación MOS 1-5.
- **PASO 9:** Video7. Un video con un solo efecto de rebuffering 2 segs. – evaluación MOS 1-5.
- **PASO 11:** Video8-8. Un video con dos efectos de rebuffering el primero de 1 seg. el segundo de 3 segs.
- **PASO 12:** Video9-9. Un video con dos efectos de rebuffering el primero de 5 seg. el segundo de 2 segs.
- **PASO 13:** FINAL – TOKEN

Posterior a las evaluaciones realizadas por los trabajadores, se guardan los resultados dentro del servidor web, separados en carpetas con los nombres de cada trabajador. Luego el administrador puede acceder en cualquier momento acceder a la interfaz de administrador en el siguiente link y el **Usuario: admin. Clave: password.**

<http://IP-MaquinaVirtual/QualityCrowd2>

Con los que podrá abrir la pestaña de resultados y exportar el fichero \*.cvs o \*.xlsx para trabajar con los resultados obtenidos de una manera más fácil mediante las hojas de cálculo. A continuación algunas capturas para ilustrar el experimento, se incluyen capturas realizadas con dispositivos móviles.

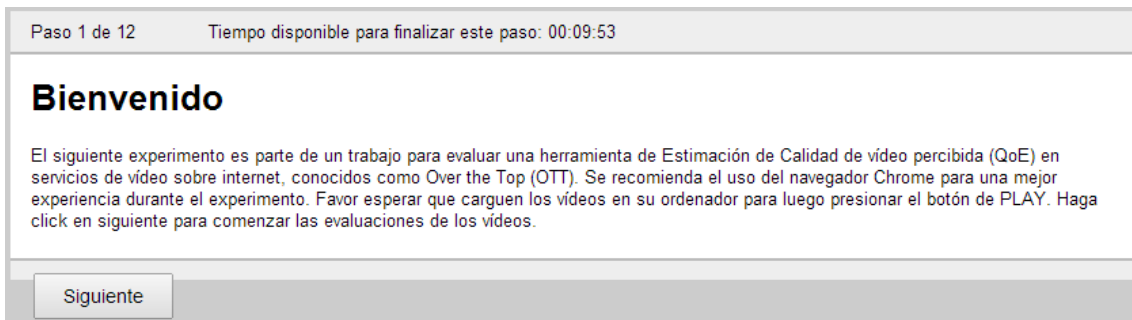


Figura 34. Herramienta corriendo en ordenador 1



Figura 35. Herramienta corriendo en ordenador 2.

## Evaluar la calidad del vídeo



Por favor calificar la calidad visual del vídeo 2

- 5 - Excelente
- 4 - Buena
- 3 - Aceptable
- 2 - Regular

Figura 36. Herramienta corriendo en ordenador 3

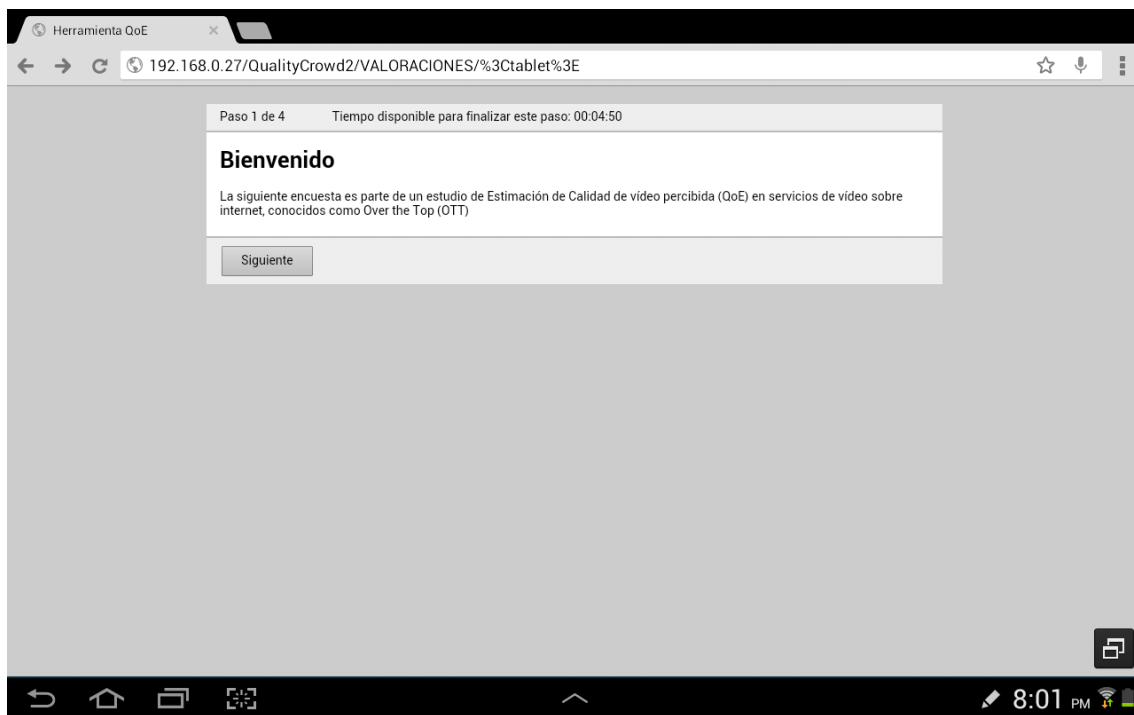


Figura 37. Herramienta QoE (vista trabajador) en Android 4.1.2.

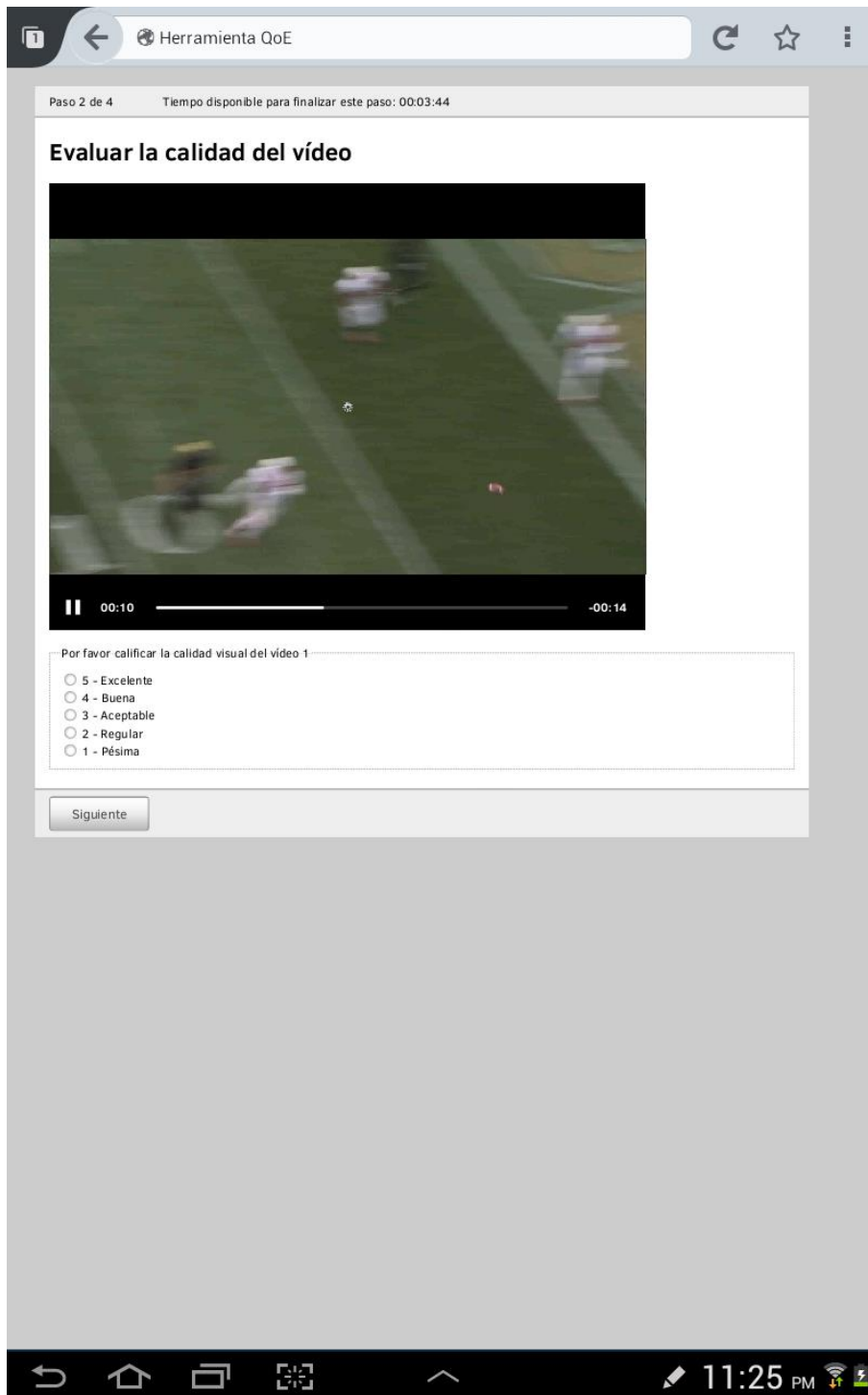


Figura 38. Herramienta QoE (vista trabajador) en Android 4.1.2

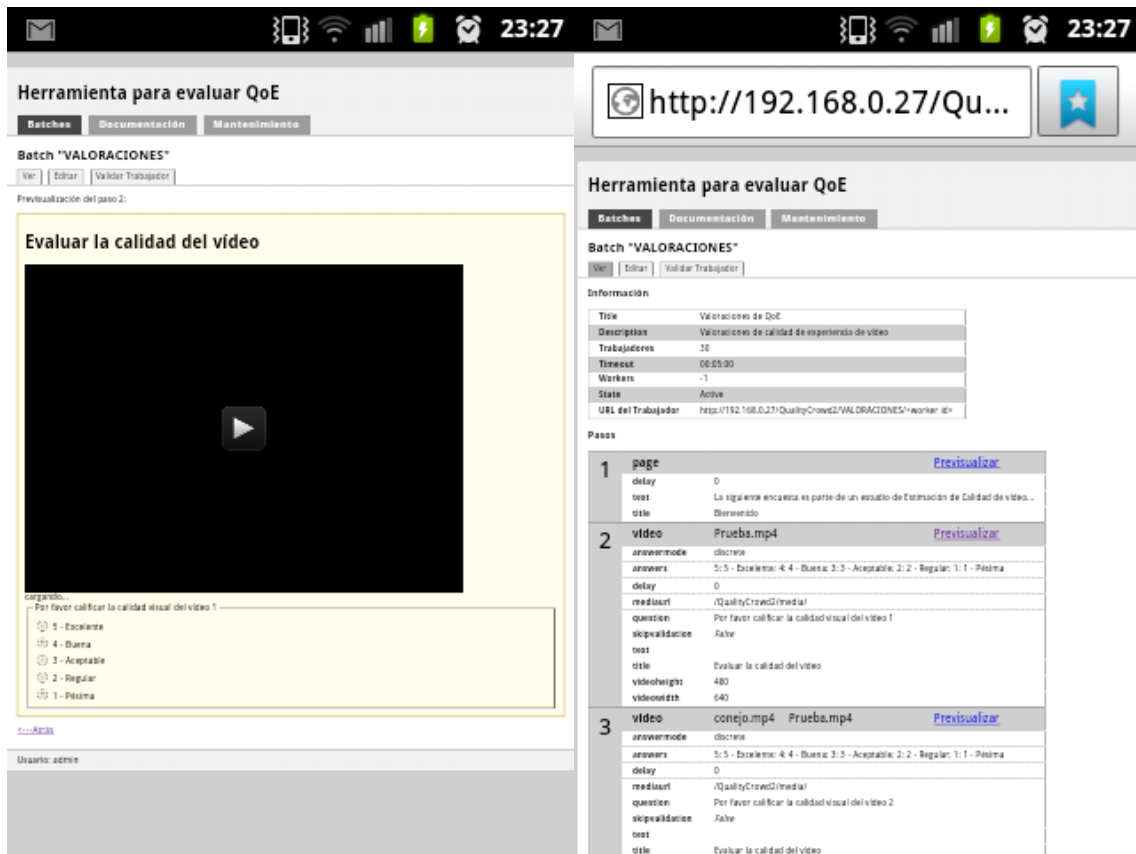


Figura 39. Herramienta QoE (vista administrador) en Android 2.3.6.

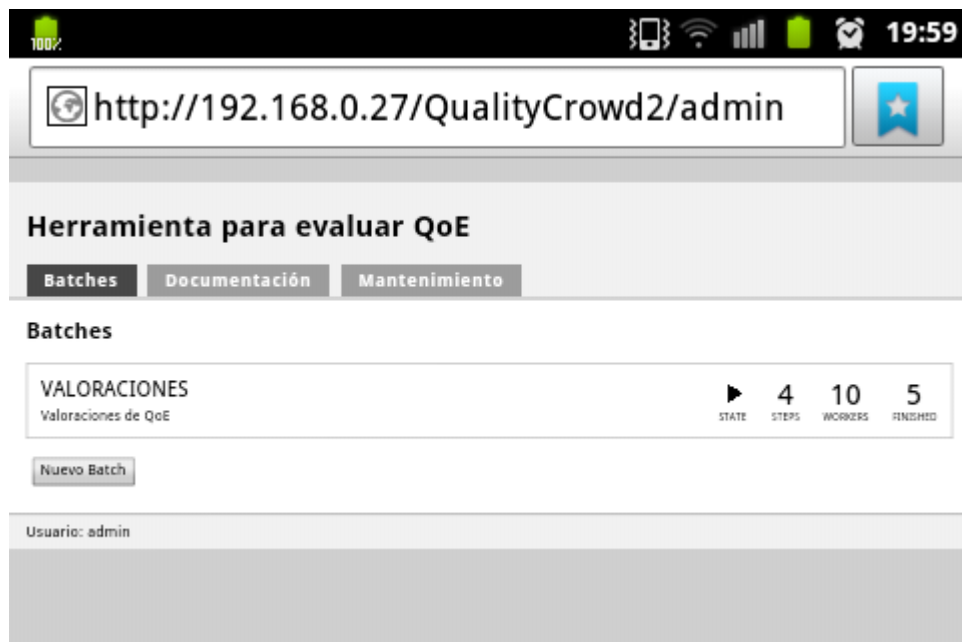


Figura 40. Herramienta QoE (vista administrador) en Android 2.3.6.



## 6 Análisis de los resultados.

En este capítulo se analizará el comportamiento observado luego de las pruebas locales realizadas tanto del script Generador de efecto de rebuffering como de la herramienta de QoE.

Es importante mencionar que debido a que los vídeos de prueba brutos son de alta resolución (1080p) no se pudieron reproducir con el ordenador disponible. Solo se pudieron reproducir con un buen desempeño luego de codificarlos a \*.mp4.

Luego de usar el script de Generador de videos con efecto de Rebuffering y utilizar los vídeos de prueba modificados directamente con el VLC Media Player los efectos en los vídeos son los esperados, es decir, se logra simular el efecto de rebuffering sin problemas. En las pruebas locales se le reprodujo el vídeo a compañeros de trabajo sin saber que el vídeo estaba modificado y comentaron que esperara que “cargara” el vídeo. Lo que indica que se logró el efecto deseado.

Pero cuando son reproducidos en la herramienta de QoE, se presentan varios defectos principalmente en el audio variando los según el navegador utilizado. Como era de esperarse por la recomendación de la página de Sublime Video sobre formatos y códecs que se observa en tabla 1. A continuación los resultados obtenidos en cuanto al funcionamiento de los vídeos con el reproductor de la herramienta.

**Tabla 4. Funcionamiento de los vídeos modificados en diferentes navegadores.**

<b>Navegador en SO - Windows</b>	<b>Vídeo sin rebuffering</b>	<b>Vídeo con rebuffering</b>	<b>Audio</b>
<b>Chrome</b>	Sin defectos	Sin defectos*	Sin defectos*
<b>Firefox</b>	Sin defectos	Sin defectos*	Errores aleatorios*
<b>Internet Explorer</b>	Sin defectos	Sin defectos*	Sin defectos*

\* Entre los fallos comunes y errores aleatorios observados durante las pruebas locales se pueden mencionar los siguientes:

- Ruido no deseado durante el efecto de rebuffering
- Desincronización de Audio-Vídeo.
- Disminución drástica de la calidad del vídeo luego de la modificación.
- Un ligero tick en el audio luego de la codificación.
- En ocasiones la función “preload” del reproductor no funciona correctamente. Lo que genera que se empiece a reproducir el vídeo sin que

haya cargado completamente y se generen efectos de rebuffering no deseados por la red de transmisión.

- En Firefox: en ocasiones reproduce el audio luego del efecto de rebuffering, en otras no, sin un patrón lógico detectable desempeño.
- En Sistema operativo Ubuntu, con navegadores Chrome o Firefox no funcionan los vídeos con efecto desde que empieza el efecto de rebuffering.

En general los fallos tanto del vídeo como del audio se solucionaron en gran medida realizando ajustes en la línea de comandos ajustando los parámetros de codificación, aumentando la tasa de muestreo de los streams de audio (320k) y video (10000k) hasta obtener resultados aceptables en cuanto al desempeño de los vídeos.

En cuanto al desempeño de a herramienta de QoE se realizaron muchas pruebas localmente hasta obtener un desempeño aceptable, siendo en el navegador Chrome donde se obtuvo el mejor rendimiento para hacer experimentos con la herramienta QoE.

Es importante mencionar que en las pruebas realizadas con dispositivos móviles se presentaron varios fallos significativos, principalmente el de retrasos por la red. Un error obtenido en la Tablet es el siguiente “This page cannot be loaded via the chrome data compression proxy”. El “proxy de compresión de datos” [28] es un plugging de Chrome para móviles que mejora tanto la compresión de las páginas web como la carga y descarga de los datos en dispositivos móviles. Este se desactivó en la Tablet para poder ejecutar el experimento. El cual debido al tamaño de los vídeos (hd) provocó que se presentaran efectos no deseados de rebuffering debidos a la red, hasta el punto que no se reproducían. Para el teléfono móvil los videos simplemente no se reproducían.

Estos fallos en los dispositivos móviles pueden ser solucionados bajando las resoluciones de los vídeos a resoluciones menores, adaptadas a las pantallas de los mismos, ocupando menos ancho de banda para su transmisión y reduciendo el riesgo de efectos de rebuffering provocado por la red.

## 7 Conclusiones, recomendaciones y líneas de estudio.

En este capítulo se realizará un breve análisis y comparación con los objetivos planteados inicialmente y de esta forma confirmar que se han cumplido o no. Así como conclusiones personales y estimación de algunas líneas de investigación futuras que pueden surgir a partir de este trabajo.

Comparando con los objetivos principales se puede decir que luego de la finalización de las pruebas locales, a pesar de los fallos encontrados en la herramienta QoE que posteriormente luego de varios ajustes fueron solucionados, en general se cumple con el objetivo principal en cuanto al diseño. Ya que gracias a las muchas cualidades que posee QualityCrowd 2, se pudo ajustar esta herramienta a las necesidades requeridas en el capítulo 3. Características que no pudieron ser obtenidas con la Sensory Experience Lab ya que esta se enfocaba principalmente en mejorar la QoE del usuario final mediante la estimulación sensorial externa al ordenador, por ejemplo con viento, vibraciones o modificaciones de luz, características no consideradas a evaluar en este trabajo. En este sentido se complementa el objetivo de comparaciones de herramientas de código abierto

Posteriormente con el diseño del experimento para la de evaluación del desempeño de la herramienta QoE. Se observó que el mismo era aceptable ya que se pueden mostrar uno o dos vídeos al mismo tiempo aplicar métodos diferentes de evaluación de QoE (de estímulo simple, estímulo doble, etc.) lo que hace que se cumpla de igual forma con este objetivo.

Es importante resaltar el método utilizado para la simulación del efecto de rebuffering el cual modifica directamente uno de los frames de un fichero de vídeo de alta resolución. Se resalta debido a que con el script utilizado se pueden agregar otros efectos adicionales de rebuffering haciendo pasar el fichero ya procesado nuevamente por el "Generador". De este punto se pueden desprender varias líneas de investigación donde una de ellas es las variaciones de la QoE (en MOS) dependiendo de las duraciones de los efectos de rebuffering en vídeos de alta resolución. O si se desea, se puede modificar el Generador para que las codificaciones sean en resoluciones diferentes para evaluar el comportamiento de la QoE para vídeos en definición estándar o para dispositivos móviles.

Si bien es cierto que las herramientas están diseñadas para reproducir vídeos almacenados en un repositorio, las herramientas de QualityCrowd 2, pudiera ser modificada para que la fuente sea una difusión en directo desde una red de distribución de contenidos (CDN) de manera que sea evaluado en directo un contenido OTT, pero en este sentido el Generador se volvería inútil, por lo que se requeriría de un nuevo modelo de simulación de efectos de rebuffering.

## Bibliografía

1. Wikipedia. "List of Internet television providers". Última vez consultado 15/05/2014. [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_Internet\\_television\\_providers](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Internet_television_providers)
2. T. M. Denton Consultants, con François Ménard y David Isenberg. "Netheads versus Bellheads: Research into Emerging Policy Issues in the Development and Deployment of Internet Protocols"
3. Wikipedia. "Over-the-top content". Última vez consultado 15/05/2014. [http://en.wikipedia.org/wiki/Over-the-top\\_content](http://en.wikipedia.org/wiki/Over-the-top_content)
4. Federal Communications Commission FCC 13-99, traducción pág. 4. 22-07-2013. Última vez consultado 15/05/2014. [http://hraunfoss.fcc.gov/edocs\\_public/attachmatch/FCC-13-99A1.pdf](http://hraunfoss.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-13-99A1.pdf)
5. Wikipedia. "Crowdsourcing". Última vez consultado 15/05/2014. <http://es.wikipedia.org/wiki/Crowdsourcing>
6. "Amazon Mechanical Turk". Última vez consultado 15/05/2014. <https://www.mturk.com/mturk/welcome>
7. Pedro de la Cruz Ramos, Tesis doctoral, "Contribución a los modelos y metodologías para la estimación de la calidad percibida por los usuarios (QoE) a partir de parámetros de calidad de red/servicio (QoS) en servicios convergentes multimedia (triple-play)". Cap. 2. Pág. 39. 2012.
8. DIT/UPM: Estudio sobre Metodologías para la Evaluación y Seguimiento de la Calidad de Servicio en la Prestación de Nuevos Servicios de Telecomunicaciones y Servicios de Internet. Departamento de Ingeniería de Sistemas Telemáticos (DIT), Universidad Politécnica de Madrid (UPM). 2004.
9. IUT-T. P-800. "Métodos de determinación subjetiva de la calidad de transmisión". Última vez consultado 15/05/2014. <http://www.itu.int/rec/T-REC-P.800-199608-I/en>
10. Wikipedia. "Red de entrega de contenidos". Última vez consultado 15/05/2014. [http://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_de\\_entrega\\_de\\_contenidos](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_entrega_de_contenidos)
11. Wikipedia. "Comparison of video converters". Última vez consultado 13/06/2014. [http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison\\_of\\_video\\_converters](http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_video_converters)
12. Margaret H. Pinson; Stephen Wolf. "Comparing subjective video quality testing methodologies". Proc. SPIE 5150, Visual Communications and Image Processing 2003, 573 (Junio 16, 2003); doi:10.1117/12.509908. Última vez consultado 13/06/2014. <http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=767931>
13. A. El Essaili, D. Schroeder, D. Staehle, M. Shehada, W. Kellerer y E. Steinbach. "Quality-of-experience driven adaptive HTTP media delivery". Communications

- (ICC), 2013 IEEE International Conference, pp.2480, 2485, 9-13 Junio 2013 doi: 10.1109/ICC.2013.6654905. Última vez consultado 13/06/2014.  
<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=6654905&query=Text%3Dott+qoe>
14. Seppanen, J., Varela, M. "QoE-driven network management for real-time over-the-top multimedia services," Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2013 IEEE, pp.1621, 1626, 7-10 April 2013 doi: 10.1109/WCNC.2013.6554806. Última vez consultado 13/06/2014.  
[http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=6554806](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6554806)
  15. Julius Rückert, Osama Abboud, Thomas Zinner, Ralf Steinmetz, David Hausheer "Quality Adaptation in P2P Video Streaming Based on Objective QoE Metrics". 11th International IFIP TC 6 Networking Conference, Prague, Czech Republic, May 21-25, 2012, Proceedings, Part II. pp 1-14. doi: 10.1007/978-3-642-30054-7\_1. Última vez consultado 13/06/2014.  
[http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-30054-7\\_1](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-30054-7_1)
  16. Alcatel-Lucent. Pascal Hubbe, Sylvaine Kerboeuf, Yann Leprovost, Yacine Mahfoufi. "An Innovative Tool for Measuring Video Streaming QoE". Última vez consultado 13/06/2014. <http://www2.alcatel-lucent.com/techzine/an-innovative-tool-for-measuring-video-streaming-qoe/>
  17. Spirent Communications, Inc. "Assuring quality of experience with over-the-top video, realistic Adaptive Bit Rate Testing at Production Scale", Junio 2012. Última vez consultado 13/06/2014.  
[http://www.toyo.co.jp/file/pdf/spirent/Assuring\\_Quality\\_Of\\_Experience\(QoE\)\\_with\\_Over-The-Top\\_Video.pdf](http://www.toyo.co.jp/file/pdf/spirent/Assuring_Quality_Of_Experience(QoE)_with_Over-The-Top_Video.pdf)
  18. Spirent Communications, Inc. "Http adaptive bitrate streaming (ABR) with video quality analysis", 2013. Última vez consultado 13/06/2014.  
[http://www.spirent.com/~media/Datasheets/Broadband/PAB/Avalanche/Avalanche\\_Streaming\\_Video\\_Test\\_Solution\\_datasheet.pdf](http://www.spirent.com/~media/Datasheets/Broadband/PAB/Avalanche/Avalanche_Streaming_Video_Test_Solution_datasheet.pdf)
  19. Rec. ITU-R BT.500-11. Última vez consultado 13/06/2014.  
[https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.500-11-200206-S!!PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.500-11-200206-S!!PDF-E.pdf)
  20. C. Keimel, J. Habigt, C. Horch, and K. Diepold, "QualityCrowd - A Framework for Crowd-based Quality Evaluation," in Picture Coding Symposium 2012 (PCS 2012), May 2012, pp. 245-248. Última vez consultado 15/05/2014.  
<https://mediatum.ub.tum.de/doc/1098076/1098076.pdf>
  21. C. Keimel, J. Habigt, C. Horch, and K. Diepold. "QualituCrowd 2". Última vez consultado 15/05/2014. <https://github.com/ldvpublic/QualityCrowd2>

22. Sensory Experience Lab. "Enhancing the Quality of Multimedia Experience through Sensory Effects". Última vez consultado 15/05/2014.  
<http://selab.itec.aau.at/index.php>
23. Sublime Video Player. Última vez consultado 15/05/2014.  
<http://www.sublimevideo.net/features>
24. Video Quality Experts Group. Última vez consultado 15/05/2014.  
<http://www.its.bldrdoc.gov/vqeg/vqeg-home.aspx>
25. Hand Brake. "The Open souce video transcoder". Última vez consultado 15/05/2014. <http://handbrake.fr/>
26. Sublime Video Player. "Encode videos for the Web and HTML". Última vez consultado 15/05/2014. <http://docs.sublimevideo.net/encode-videos-for-the-web>
27. Ffmpeg. Última vez consultado 15/05/2014. <http://ffmpeg.org/>
28. Google. "Data Compression Proxy". Última vez consultado 15/05/2014.  
<https://developer.chrome.com/multidevice/data-compression>

## ANEXOS

### ANEXO A. Script generador de efectos de rebuffering

```
::GENERADOR DE VIDEO CON EFECTO DE REBUFFERING

@echo off

:start
::Declaro variables globales
set /a w=4
set /a x=4
set /a y=4
set /a z=4
::se borran todos los temporales para evitar que quede alguno de
pruebas anteriores
del "c:\ffmpeg\temporales\*.mp4"
del "c:\ffmpeg\temporales\*.tmp"
del "c:\ffmpeg\temporales\*.png"
del "c:\ffmpeg\temporales\*.avi"
del "c:\ffmpeg\temporales\*.gif"
del "c:\ffmpeg\bin\*.mp4"
del "c:\ffmpeg\bin\*.tmp"
del "c:\ffmpeg\bin\*.png"
cls
cd\
echo.
echo GENERADOR DE VIDEOS CON EFECTO DE REBUFFERING

::Solicito la ruta completa del fichero a agregarle el efecto de
rebuffering
:marca
echo.
set /p FICHEROAVI= Ingrese la ruta completa del fichero a
agregar el efecto de rebuffering en .avi:
set FICHEROAVI2="%FICHEROAVI%"
if EXIST %FICHEROAVI2% goto marca1
echo.
set /a z=z-1
if %z%==0 goto trolexit
echo Fichero no existe, favor verifique la ruta. tiene %z%
intentos mas.
goto marca

:marca1
echo.
set /p PREGUNTA1= La ruta del fichero es? %FICHEROAVI% (s/n):

:NOMBREFICHERO
```

```

if %PREGUNTA1%==s goto PREGUNTA2
if %PREGUNTA1%==S goto PREGUNTA2
if %PREGUNTA1%==n goto no
if %PREGUNTA1%==N goto no
set /a x=x-1
if %x%==0 goto trolexit
echo Opcion incorrecta (verifique "s/n,S/N"), tiene %% intentos
mas.
goto marca1

:PREGUNTA2
echo.
set /p NOMBREFINAL= Escriba el nombre del fichero de video final
(no incluya la extension *.xxx):
if EXIST c:\ffmpeg\outputs\%NOMBREFINAL%.mp4 goto marca4
goto marca2

:marca2
echo.
set/p PREGUNTANOMBRE=Es "%NOMBREFINAL%" el nombre final deseado?
(s/n):
if %PREGUNTANOMBRE%==s goto si
if %PREGUNTANOMBRE%==S goto si
if %PREGUNTANOMBRE%==n goto marca3
if %PREGUNTANOMBRE%==N goto marca3
set /a y=y-1
if %y%==0 goto trolexit
echo Opcion incorrecta (verifique "s/n,S/N"), tiene %% intentos
mas.
goto marca2

:marca3
echo.
set /a y=y-1
if %y%==0 goto trolexit
echo Favor corrija el nombre del fichero final, tiene %%
intentos mas.
goto PREGUNTA2

:marca4
echo.
set /p PREGUNTA3= El fichero ya existe. Desea reemplazarlo?
(s/n):
if %PREGUNTA3%==s goto reemplazar_archivo
if %PREGUNTA3%==S goto reemplazar_archivo
if %PREGUNTA3%==n goto marca3
if %PREGUNTA3%==N goto marca3
set /a y=y-1
if %y%==0 goto trolexit
echo Opcion incorrecta (verifique "s/n,S/N"), tiene %% intentos

```



```

mas.
goto marca4

:reemplazar_archivo
set /a jp=1
goto inicio_gen

:si
set /a jp=2
:inicio_gen
echo.
echo El fichero en final se guardara en
c:\ffmpeg\outputs\%NOMBREFINAL%.mp4
echo.
pause
cd\
cd ffmpeg\bin

::1.1.-calculamos duracion del video
ffprobe -show_streams -i %FICHEROAVI2% >
c:\ffmpeg\temporales\output.tmp
cls
::1.2.-buscamos la duraci3n del video
for /f "skip=1 tokens=2 delims='=' " %%i in ('FINDSTR "duration"
c:\ffmpeg\temporales\output.tmp') do (if not defined duration
set duration=%%i
goto calculatiempo
)
echo.
echo ERROR!
pause
goto trolexit

:calculatiempo
echo.
echo La duracion del video es de: %duration% seg.

:back
echo.
echo El tiempo del evento de rebuffering no debe ser mayor a la
duracion del video.
echo.
set /p Tcorte= Indique el tiempo en segundos en que desea que
ocurra el evento de rebuffering:
echo.
set /p Tbuffer= Indique el tiempo en segundos de duracion del
efecto de rebuffering:
echo.
echo SU VIDEO SERA PROCESADO, ESTO PUEDE TARDAR UN PAR DE
MINUTOS...

```

```
echo.  
pause
```

```
::1.-convierte video bruto .avi a .mp4 con 29.97fps audio a 320k  
y tasa de muestreo de video a 10000k  
ffmpeg -i %FICHEROAVI2% -acodec libvo_aacenc -b:a 320k -vcodec  
libx264 -b:v 10000k -r 29.97 -flags +aic+mv4 -pix_fmt yuv420p -y  
-f mp4 c:\ffmpeg\temporales\FICHEROmp4.mp4  
cls
```

```
:GENERADOR  
::2.-cortamos el video en dos partes  
cd\  
cd ffmpeg\bin\  

```

```
ffmpeg -i c:\ffmpeg\temporales\FICHEROmp4.mp4 -acodec  
libvo_aacenc -b:a 320k -vcodec libx264 -b:v 10000k -r 29.97 -  
flags +aic+mv4 -pix_fmt yuv420p -ss 0 -t %Tcorte% -y -f mp4  
c:\ffmpeg\bin\XXXmp4-1.mp4
```

```
ffmpeg -i c:\ffmpeg\temporales\FICHEROmp4.mp4 -acodec  
libvo_aacenc -b:a 320k -vcodec libx264 -b:v 10000k -r 29.97 -  
flags +aic+mv4 -pix_fmt yuv420p -ss %Tcorte% -t %duration% -y -f  
mp4 c:\ffmpeg\bin\XXXmp4-2.mp4
```

```
cls
```

```
::3.-obtenemos info del video para sacar ultimo frame  
ffprobe -show_streams -i c:\ffmpeg\bin\XXXmp4-1.mp4 >  
c:\ffmpeg\temporales\output2.tmp  
cls
```

```
::3.1.-buscamos nb_frames  
for /f "tokens=2 delims='='" %%a in ('FINDSTR "nb_frames"  
c:\ffmpeg\temporales\output2.tmp') do if not defined nbFrames  
set nbFrames=%%a
```

```
::3.2.-sabiendo el "nb_frames=" se utiliza dentro del siguiente  
comando para obtener una imagen .png del ultimo frame  
ffmpeg -i c:\ffmpeg\bin\XXXmp4-1.mp4 -vf  
"select='eq(n,%nbFrames%-1)'" -vframes 1 -y  
c:\ffmpeg\temporales\ultimo-frame.png
```

```
::4.-unimos el ultimo frame con una imagen.gif que simula la  
ruedita de rebuffering  
cd\  
cd ImageMagick-6.8.8  
convert c:\ffmpeg\temporales\ultimo-frame.png null: (  
c:\ffmpeg\bin\loading_wheel.gif -coalesce ) -gravity center -  
layers Composite -layers Optimize
```

```
c:\ffmpeg\temporales\rebuffering-1.gif
cls
```

```
::4.1.-se divide el rebuffering-1.gif en una serie de imágenes
para luego convertirlas en vídeo
```

```
convert -coalesce c:\ffmpeg\temporales\rebuffering-1.gif
c:\ffmpeg\temporales\frames%.png
cls
```

```
cd\
```

```
cd ffmpeg\bin
```

```
::5.-convertimos a video la serie de imágenes con un tiempo -t
de 5seg (efecto rebuffering 5seg)
```

```
ffmpeg -f lavfi -i aevalsrc=0 -loop 1 -f image2 -i
C:\ffmpeg\temporales\frames-%%d.png -t %Tbuffer% -map 0:0 -map
1:0 -acodec libvo_aacenc -b:a 320k -vcodec libx264 -b:a 320k -r
29.97 -flags +aic+mv4 -pix_fmt yuv420p -y -f mp4
C:\ffmpeg\temporales\rebuffering1.avi
```

```
::ojo guion y doble% "-%%d" en final del nombre de frames para
que funcione truco
```

```
cls
```

```
::6.-convertimos rebuffering1.avi a .mp4
```

```
ffmpeg -i C:\ffmpeg\temporales\rebuffering1.avi -acodec
libvo_aacenc -b:a 320k -vcodec libx264 -b:v 10000k -r 29.97 -y
c:\ffmpeg\bin\rebuffering1-mp4.mp4
cls
```

```
cd\
```

```
cd ffmpeg\bin
```

```
::8.-concatenamos los videos
```

```
if %jp%==1 goto concatenar
```

```
ffmpeg -f concat -i c:\ffmpeg\bin\videolistaFFMPEG.txt -c copy
c:\ffmpeg\outputs\%NOMBREFINAL%.mp4
goto borrar_temporales
```

```
:concatenar
```

```
ffmpeg -f concat -y -i c:\ffmpeg\bin\videolistaFFMPEG.txt -c
copy c:\ffmpeg\outputs\%NOMBREFINAL%.mp4
goto borrar_temporales
```

```
:borrar_temporales
```

```
::9.-se borran todas las imágenes generadas para hacer el vídeo
```

```
del "c:\ffmpeg\temporales\*.mp4"
del "c:\ffmpeg\temporales\*.tmp"
del "c:\ffmpeg\temporales\*.png"
del "c:\ffmpeg\temporales\*.avi"
del "c:\ffmpeg\temporales\*.gif"
del "c:\ffmpeg\bin\*.mp4"
```

```

del "c:\ffmpeg\bin\*.tmp"
del "c:\ffmpeg\bin\*.png"
cls

echo.
echo.
echo SU VIDEO ESTA LISTO! EN c:\ffmpeg\outputs\%NOMBREFINAL%.mp4
goto FINAL
:-----fin generador

:no
echo.
echo Favor corrija la ruta a del archivo a modificar
pause
goto start

:FINAL
echo.
echo.
echo Desea reproducir el video? (s/n)
echo s: reproducir
echo n: abrir carpeta contenedora
set /p PREGUNTAFINAL=:
echo.
if %PREGUNTAFINAL%==s goto playfile
if %PREGUNTAFINAL%==S goto playfile
if %PREGUNTAFINAL%==n goto openfolder
if %PREGUNTAFINAL%==N goto openfolder
goto marca5

:playfile
start "" "C:\Program Files (x86)\VideoLAN\VLC\vlc.exe"
"c:\ffmpeg\outputs\%NOMBREFINAL%.mp4"
goto menu_final

:openfolder
start %windir%\explorer.exe "c:\ffmpeg\outputs"
goto menu_final

:menu_final
cls
echo.
set /p PREGUNTA_MENU= Desea modificar otro archivo? (s/n):
if %PREGUNTA_MENU%==s goto start
if %PREGUNTA_MENU%==S goto start
if %PREGUNTA_MENU%==n goto EOF
if %PREGUNTA_MENU%==N goto EOF
goto marca6

:marca5

```

```
set /a w=w-1
if %w%==0 goto trolexit
echo Opcion incorrecta (verifique "s/n,S/N"), tiene %% intentos
mas.
goto FINAL

:marca6
set /a w=w-1
if %w%==0 goto trolexit
echo Opcion incorrecta (verifique "s/n,S/N"), tiene %% intentos
mas.
goto menu_final

:EOF
exit

:trolexit
echo.
echo Hasta luego...
pause
exit
```

## ANEXO B. Configuraciones de grabación de vídeos de prueba.

Tabla 5. Configuración de grabación vídeos de prueba - 1

Escenas:	Aspen, RedKayak y WestWindEasy
Estándar del video	1080p 30fps; Nativo
Especificaciones de la cámara:	Panasonic AJ-HDX-900, guardado en una cinta DVCPPro.
Edición	19 segundos de videoclip, con la intención de remover los primero 2 y los últimos 2 segundos.

Tabla 6. Configuración de grabación vídeos de prueba - 2

Escenas:	RushFieldCuts, SnowMnt y TouchdownPass – velocidad del obturador: 30; SpeedBag – velocidad del obturador: 60; – shutter speed 30
Estándar del video	1080p 30fps; Nativo
Especificaciones de la cámara:	Panasonic P2HD AJ-HPX3000G; Lente Fujinon TV Lens HA22x7.8 BERM-M48. Grabación en H.264 con codificación entre-frames a 100 Mbps.
Edición	19 segundos de videoclip, con la intención de remover los primero 2 y los últimos 2 segundos.

Tabla 7. Configuración de grabación vídeos de prueba - 3

Escenas:	ControlledBurn
Estándar del video	1080p 30fps; Nativo
Especificaciones de la cámara:	The camera was a Sony HVR-Z1U (HDV format) which was converted to SMPTE 292M (high definition 1080i format) and recorded onto a Panasonic HD-D5.
Edición	19 segundos de videoclip, con la intención de remover los primero 2 y los últimos 2 segundos.

Notas: el video del fuego fue tomado de un incendio controlado en una casa de metanfetaminas.

## ANEXO C. Código experimento de herramienta de QoE.

```
meta title "Herramienta QoE"
meta description "Experimento evaluación Herramienta QoE"

var fivepoints "5: 5 - Excelente; 4: 4 - Buena; 3: 3 -
Aceptable; 2: 2 - Regular; 1: 1 - Pésima"

set mediaurl "/QualityCrowd2/media/"
set skipvalidation

# PASOS DE LA EVALUACIÓN

set title "Bienvenido"

set text "El siguiente experimento es parte de un trabajo para
evaluar una herramienta de Estimación de Calidad de vídeo
percibida (QoE) en servicios de vídeo sobre internet, conocidos
como Over the Top (OTT). Se recomienda el uso del navegador
Chrome para una mejor experiencia durante el experimento. Favor
esperar que carguen los vídeos en su ordenador para luego
presionar el botón de PLAY. Haga click en siguiente para
comenzar las evaluaciones de los vídeos."
page

set answermode discrete
set answers $fivepoints
set question "Por favor calificar la calidad visual del vídeo 1"
set title "Evaluar la calidad del vídeo"
set text ""
set videowidth 640
set videoheight 480
video Video1.mp4

set answermode discrete
set answers $fivepoints
set question "Por favor calificar la calidad visual del vídeo 1-
1"

set title "Evaluar la calidad del vídeo"
set text ""
set videowidth 640
set videoheight 480
video Video1-1.mp4

set answermode discrete
set answers $fivepoints
set question "Por favor calificar la calidad visual del vídeo 2"
set title "Evaluar la calidad del vídeo"
set text ""
```

```
set videowidth 320
set videoheight 240
video Video2.mp4 Video2-2.mp4
```

```
set answermode discrete
set answers $fivepoints
set question "Por favor calificar la calidad visual del vídeo 3"
set title "Evaluar la calidad del vídeo"
set text ""
set videowidth 640
set videoheight 480
video Video3.mp4
```

```
set answermode discrete
set answers $fivepoints
set question "Por favor calificar la calidad visual del vídeo 4"
set title "Evaluar la calidad del vídeo"
set text ""
set videowidth 640
set videoheight 480
video Video4.mp4
```

```
set answermode discrete
set answers $fivepoints
set question "Por favor calificar la calidad visual del vídeo 5"
set title "Evaluar la calidad del vídeo"
set text ""
set videowidth 640
set videoheight 480
video Video5.mp4
```

```
set answermode discrete
set answers $fivepoints
set question "Por favor calificar la calidad visual del vídeo 6"
set title "Evaluar la calidad del vídeo"
set text ""
set videowidth 640
set videoheight 480
video Video6.mp4
```

```
set answermode discrete
set answers $fivepoints
```

```
set question "Por favor calificar la calidad visual del vídeo 7"
set title "Evaluar la calidad del vídeo"
set text ""
set videowidth 640
set videoheight 480
video Video7.mp4
```



```
set answermode discrete
set answers $fivepoints
set question "Por favor calificar la calidad visual del vídeo 8-8"
set title "Evaluar la calidad del vídeo"
set text ""
set videowidth 640
set videoheight 480
video Video8-8.mp4
```

```
set answermode discrete
set answers $fivepoints
set question "Por favor calificar la calidad visual del vídeo 9-9"
set title "Evaluar la calidad del vídeo"
set text ""
set videowidth 640
set videoheight 480
video Video9-9.mp4
```

```
set title "Listo"
set text "Usted ha terminado las tareas!"
showtoken
```