

Universidad Politécnica de Madrid  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación



**ANÁLISIS DE LOS SERVICIOS Y  
TECNOLOGÍAS DE VÍDEO *OVER THE TOP*  
PARA MÓVILES**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**Diego Puga Placencia**

2013



Universidad Politécnica de Madrid  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación

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

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**ANÁLISIS DE LOS SERVICIOS Y  
TECNOLOGÍAS DE VÍDEO *OVER THE TOP*  
PARA MÓVILES**

Autor  
**Diego Puga Placencia**

Director  
**Francisco González Vidal**

Departamento de Ingeniería de Sistemas Telemáticos

2013

## Resumen

En los últimos años se ha observado un enorme crecimiento en el tráfico de datos a través de redes móviles de banda ancha, particularmente de **servicios de vídeo Over The Top (OTT) que son servicios entregados a través de internet**. Este crecimiento ha sido posible gracias a varios factores como: el incremento en el número de usuarios, la disponibilidad de contenido mejorado por parte de actuales y nuevos proveedores de servicios, la adopción de teléfonos inteligentes con mayores funcionalidades multimedia que invitan al consumo de este tipo de contenido con sus mayores tamaños de pantalla y mejores resoluciones, así como el despliegue de mayores capacidades en las redes de acceso y en el *core* de operadores móviles. Por todo esto, **los proveedores de servicios de vídeo OTT tienen que ofrecer sus contenidos en diferentes formatos con el fin de llegar a todo el conjunto de dispositivos conectados a Internet** y para ello deben continuar investigando nuevas técnicas de streaming, por su parte, los operadores de redes móviles deben seguir invirtiendo en sus infraestructuras para ofrecer la capacidad y velocidad suficientes acorde a la demanda actual.

Algunas formas de optimizar y distribuir el tráfico de vídeo para ofrecer mejor calidad de servicio están siendo estudiadas e implementadas, para que el usuario obtenga mejor calidad de experiencia (QoE). Una de **las claves para mejorar la distribución de vídeo es el *adaptive streaming* basado en http**, que es un método cada vez más usado para entregar vídeo a los usuarios finales, que además de permitir mejoras en la calidad de experiencia obtiene eficiencia en el uso del ancho de banda de la red. El *adaptive streaming* tiene como objetivo optimizar y **adaptar las configuraciones de vídeo a través del tiempo con el fin de ofrecer la mejor calidad posible de vídeo para el usuario en un momento dado**, considerando los cambios en las condiciones de la red, las capacidades del dispositivo, y las características de contenido.

Se ha venido observando que la industria del streaming de vídeo en los últimos años **ha pasado del uso de RTP hacia streaming basado en protocolos HTTP** como: HTTP Live Streaming (HLS) de Apple, Smooth Streaming de Microsoft y HTTP Dynamic Streaming de Adobe. Una de las razones es que el streaming HTTP tiene la ventaja de utilizar servidores web simples que se encuentran distribuidos por todo el mundo, y atravesar firewalls con facilidad por la universalidad de HTTP.

En este documento se **presenta inicialmente el estado del arte de los servicios y tecnologías de vídeo Over The Top para móviles**. Posteriormente se analiza y clasifica dichos servicios en base a su tecnología identificando sus fortalezas y debilidades. Más adelante se definen parámetros de calidad de servicio y experiencia que los servicios de vídeo deben tener sobre internet para ofrecer buena calidad a los usuarios finales, además estos parámetros son cuantificados a medida de lo posible. Para culminar se propone un par de perfiles de usuario de este tipo de servicios en base a sus patrones de uso.

## Abstract

In the last years, it has been observed a huge increase of the data traffic in mobile broadband networks, particularly in **Over The Top (OTT) video services, which are delivered through internet**. This increase has been possible due several factors like: the increase of the number of users, the media stream availability that are improved by actual and new service providers, the use of smartphone with more multimedia features, largest screen and the best resolutions that implies more consumption of the media stream and the deployment of both the access networks with more capability and the core of mobile network operators. Therefore, **the OTT video service providers should be offer their media stream in different formats in order to reach the entire set of device connected to Internet** and they must be continued research about new streaming techniques. On the other hand, the mobile network operators must be continue invest in their infrastructure in order to provide sufficient capacity and bit rate according to current demand.

Currently, several ways to optimize and distribute the video stream has been studied and implemented in order to provide at users the best Quality of Experience (QoE). **One of video distribution technique in order to improve the video distribution is the Adaptive streaming based on HTTP**, which is one of the most used method to deliver the video stream to the users. Moreover, this scheme allows using efficiently the bandwidth. The key of **Adaptive Streaming is to optimize and adopt the video configuration through the time in order to provide the best quality possible to the user at any given time**. To obtain this result, the Adaptive Streaming take into account the change network conditions, the device capacity and the media stream features.

It has been observed that the video streaming industry, in the last years, has been evolved **from RTP until HTTP protocols like: HTTP Live Streaming (HLS) de Apple, Smooth Streaming de Microsoft y HTTP Dynamic Streaming de Adobe**. One reason for this development is that HTTP streaming has as advantage the use of simple web servers, which are distributed for all parts of the world and then they passes through firewalls easily due to HTTP universality.

This document **presents the art of state about OTT video services and technologies to mobile device**. Then, we analyze and classify these services considering their technology and we detect their strengths and weaknesses. Moreover, we define quality of service and quality of experience parameters that the video services must be have on internet in order to provide a good quality to the users and these parameters are quantified as far as possible. Finally, we propose users profiles of OTT video services based on usage patterns.

## Índice general

Resumen .....	iv
Abstract.....	v
Índice general .....	vi
Índice de Figuras.....	vii
Siglas .....	8
1 Introducción.....	9
2 Objetivos .....	10
3 Estado del arte de servicios de vídeo.....	11
3.1 Crecimiento del tráfico y tendencias actuales.....	11
3.2 Desafíos para los proveedores de servicios .....	12
3.3 Taxonomía.....	13
3.3.1 Servicios de vídeo para móviles.....	13
3.3.2 Tecnologías de vídeo para móviles.....	16
3.3.3 Arquitectura <i>end to end</i> .....	29
3.4 Clasificación de los sistemas existentes de vídeo para móviles .....	38
4 Análisis de los sistemas de distribución de vídeo actuales .....	40
4.1 DAFO de los sistemas analizados.....	40
5 Definición de parámetros de Calidad de Servicio/Experiencia .....	41
5.1 Lista de prestaciones de los parámetros de calidad. ....	42
6 Modelado de Perfiles de tráfico.....	47
6.1 Población de usuarios según criterios relevantes al tráfico requerido.....	47
6.2 Servicios requeridos y patrones de uso.....	50
7 Conclusiones.....	51
Bibliografía .....	52

## Índice de Figuras

Figura 1. Estimaciones de crecimiento del tráfico de datos móviles (2012-17).....	11
Figura 2. Pronóstico de crecimiento de tráfico de datos de vídeo móvil (2012-17).....	12
Figura 3. Servicios de Vídeo para móviles. ....	14
Figura 4. <i>Push</i> en el modelo TCP / IP.....	17
Figura 5. Clasificación en base a las tecnologías de <i>streaming</i> basados en <i>Push</i> .....	18
Figura 6. <i>Pull</i> en el modelo TCP / IP.....	19
Figura 7. Ejemplo de <i>bitrate</i> adaptativo en <i>streaming</i> basado en <i>pull</i> [5].....	20
Figura 8. Clasificación en base a las tecnologías de <i>streaming</i> basados en <i>Pull</i> .....	21
Figura 9. <i>Smooth Streaming</i> con desempeño adaptativo .....	22
Figura 10. Configuración de streaming HTTP.....	25
Figura 11. Flujo del contenido multimedia con <i>HTTP Dynamic Streaming</i> .....	25
Figura 12. Modelo de Datos DASH [5].....	28
Figura 13. <i>End to End</i> en la entrega de vídeo OTT para móviles. ....	30
Figura 14. Clasificación de Tipos de Vídeo OTT. ....	31
Figura 15. <i>Live streaming</i> con MBMS.....	36
Figura 16. Modelo de especificación de servicio por componentes [14].....	42
Figura 17. Subcomponentes del contenido Multimedia .....	43
Figura 18. Elementos del subcomponente Vídeo [14] .....	43
Figura 19. Elementos del subcomponente Audio.....	44
Figura 20. Subcomponentes de Control de contenido .....	45
Figura 21. Subcomponentes de Gestión de contenido .....	46
Figura 22. Subcomponentes de Contenidos.....	46
Figura 23. Porcentaje de usuarios del dispositivo en determinada franja horaria. [15]..	48

## Siglas

CAGR:	<i>Compound annual growth rate -Tasa compuesta de crecimiento anual</i>
OTT:	<i>Over The Top</i>
VoD:	<i>Video on Demand</i>
IP:	<i>Internet Protocol</i>
HTTP:	<i>Hipertext Transfer Protocol</i>
TCP:	<i>Transmission Control Protocol</i>
API:	<i>Application Programming Interface</i>
HDS:	<i>HTTP Dynamic Streaming</i>
DASH:	<i>Dynamic Adaptive Streaming HTTP</i>
QoS:	<i>Quality of Service</i>
QoE:	<i>Quality of Experience</i>
IIS:	<i>Internet Information Services</i>
EPG:	<i>Electronic Program Guide</i>
SLA:	<i>Service Level Agreement</i>
RTSP:	<i>Real-time Streaming Protocol</i>
RTP:	<i>Real-time Transport Protocol</i>
UDP:	<i>User Datagram Protocol</i>
CDN	<i>Content Delivery Networks - Red de Distribución de Contenido</i>
AAC:	<i>Advance Audio Coding</i>
GoP:	<i>Group of Pictures</i>
DVR:	<i>Digital Video recorder</i>
OSMF:	<i>Open Source Media Framework</i>
GPRS:	<i>General Packet Radio Service</i>
EDGE:	<i>Enhanced Data Rates for GSM Evolution</i>
UMTS:	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i>
HSDPA:	<i>High Speed Downlink Packet Access</i>
LTE:	<i>Long Term Evolution</i>
MBSM:	<i>Multimedia Broadcast Multicast Service</i>
ADSL:	<i>Asymmetric digital subscriber line</i>
FTTH:	<i>Fiber to the Home</i>

## 1 Introducción

El Internet de banda ancha, tanto fijo como móvil, **el continuo crecimiento de usuarios con dispositivos de alta capacidad entre ellos *smartphones* y tabletas bajo ecosistemas IOS o *Android*** así como de portátiles, *netbooks* y *ultrabooks* ha cambiado los patrones de consumo de vídeo de manera espectacular en los últimos años. El vídeo ahora se consume *on demand* en una multiplicidad de dispositivos de acuerdo con el horario del usuario y **cada vez más en dispositivos móviles.**

Como resultado, las futuras redes móviles e inalámbricas tendrán que ser optimizadas para garantizar el suministro de una gama de contenidos de vídeo. Se debe considerar que, **la transmisión de vídeo a través de redes móviles de banda ancha de hoy en día es aún un reto** debido a factores como: las limitaciones de ancho de banda, las dificultades para mantener una alta fiabilidad, la calidad, la latencia y las demandas impuestas por las aplicaciones con contenido multimedia. Incluso con la migración de redes 3G a 4G y las actualizaciones de *backhaul* para redes 3G, no será suficiente debido a que la gran demanda sobre el tráfico multimedia seguirá aumentando. Esta demanda de los consumidores exige la exploración de nuevas formas de optimizar las futuras redes inalámbricas para conseguir mayor capacidad al entregar servicios de vídeo y poder atender a más usuarios con una mejor Calidad de Experiencia (QoE).

**Una mejora clave de estas soluciones de vídeo es el uso de HTTP *adaptive streaming***, que recientemente ha sido difundido como una forma de entrega de vídeo de Internet y se observa que está siendo desplegado de manera más amplia.

Al ser una tecnología relativamente nueva en comparación con las tradicionales técnicas de adaptación de streaming basadas en push, el despliegue de HTTP *adaptive streaming* presenta nuevos retos y oportunidades para los desarrolladores de contenido, proveedores de servicios, operadores de redes y fabricantes de dispositivos.

**En el presente trabajo se presenta un análisis de los servicios y tecnologías de vídeo *Over The Top* para móviles, clasificándolos en base a sus tecnologías y servicios, identificando fortalezas y debilidades, definiendo parámetros de calidad y cuantificándolos a medida de lo posible, finalmente se propone un par de perfiles de usuario de este tipo de servicios de acuerdo a su comportamiento habitual.**

## 2 Objetivos

- En primer lugar se realizará un estudio del **estado del arte de los diferentes servicios y tecnologías de vídeo para móviles**. En el cual se propone una taxonomía de los diferentes servicios y tecnologías, identificando los parámetros relevantes de clasificación.
- Más adelante se realizará un **análisis de los sistemas de distribución de vídeo actuales**. Dicho análisis desgranará al máximo la tecnología empleada para cada uno de los sistemas, **estableciendo las fortalezas y debilidades de los mismos**.
- Posteriormente se **definirán los parámetros de Calidad de Servicio y Calidad de Experiencia** que habrán de tener los servicios suministradores de vídeo en internet para ofrecer buena calidad al usuario final. En este apartado se definirá una **lista de prestaciones con valores numéricos o estándares aplicables de los parámetros de calidad**.
- Finalmente se realizará un **modelado de los perfiles de tráfico de los usuarios de acceso a internet de Banda Ancha, y su evolución a medio plazo**. Ello permitirá obtener información relevante sobre la capacidad y saturación de las redes. Se segmentará la población de usuarios según criterios relevantes al tráfico requerido y se establecerá sus patrones de uso.

### 3 Estado del arte de servicios de vídeo

#### 3.1 Crecimiento del tráfico y tendencias actuales

El nuevo usuario tiene deseo de consumir contenido para ver lo que quiera, cuando quiera, donde quiera y como quiera; eso es precisamente lo que le ofrece el vídeo en los dispositivos móviles.

La población móvil crece continuamente y se estima que a finales del 2013 existirán más dispositivos móviles que personas en el mundo. En línea con esta tendencia el contenido de vídeo digital es cada vez más consumido en dispositivos móviles, año tras año este tipo de tráfico se incrementa considerablemente. Por ejemplo en el 2011, el 25% del total mundial de visitas a YouTube se dieron a través de dispositivos móviles, cuantitativamente se trata de aproximadamente mil millones de visitas al día [1].

Cisco ha venido realizando estimaciones de crecimiento de tráfico y en su último informe anual prevé que el tráfico mundial de datos móviles se incrementará 13 veces entre 2012 y 2017. Además indica que crecerá a una tasa compuesta de crecimiento anual (CAGR) de 66% desde 2012 hasta 2017, llegando a 11,2 exabytes por mes en 2017 como se observa la Figura 1. También mencionan que el tráfico de vídeo móvil superó el 50% del total de tráfico por primera vez en 2012, alcanzando el 51% a finales de 2012, confirmando las nuevas tendencias de consumo de este contenido a través de dispositivos móviles. [2]

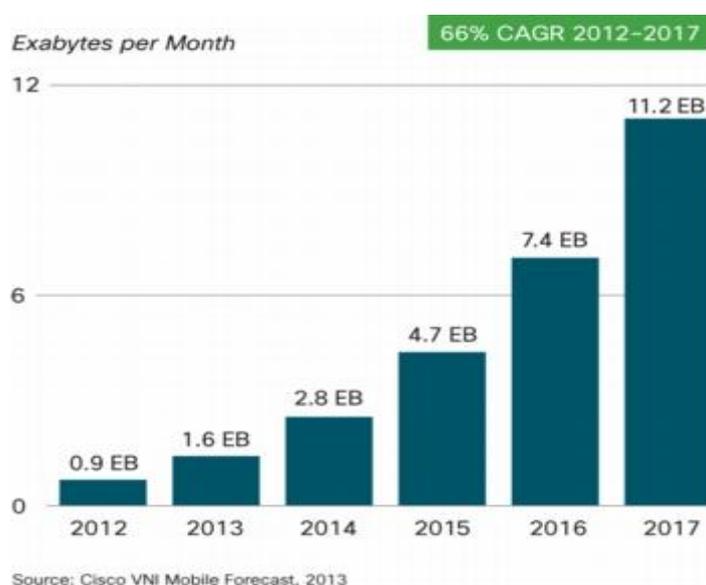


Figura 1. Estimaciones de crecimiento del tráfico de datos móviles (2012-17).

Debido a que el contenido de vídeo móvil requiere una mayor tasa de bits que otros tipos de contenidos, para el 2017 se estima que éste generará la mayor parte del

crecimiento del tráfico en los dispositivos móviles. El vídeo en dispositivos móviles crecerá a una tasa compuesta anual del 75% entre 2012 y 2017, la mayor tasa de crecimiento en la categoría de aplicaciones móviles que se prevé. De los 11,2 exabytes por mes que cruzarán sobre la red móvil en 2017, se calcula que 7,4 exabytes se deberán a vídeo como se indica en la Figura 2 [2]. Por supuesto, se debe tener en cuenta que estas predicciones no son sólo en base a la cantidad de tráfico sino que también se considera la creciente demanda de *smartphones* y tabletas con mejores resoluciones de pantalla, nuevas aplicaciones, la gran oferta de vídeo móvil que ha venido apareciendo en los últimos años y además el crecimiento de las infraestructuras de redes móviles por parte de los operadores para ofrecer sus servicios con mejor ancho de banda.

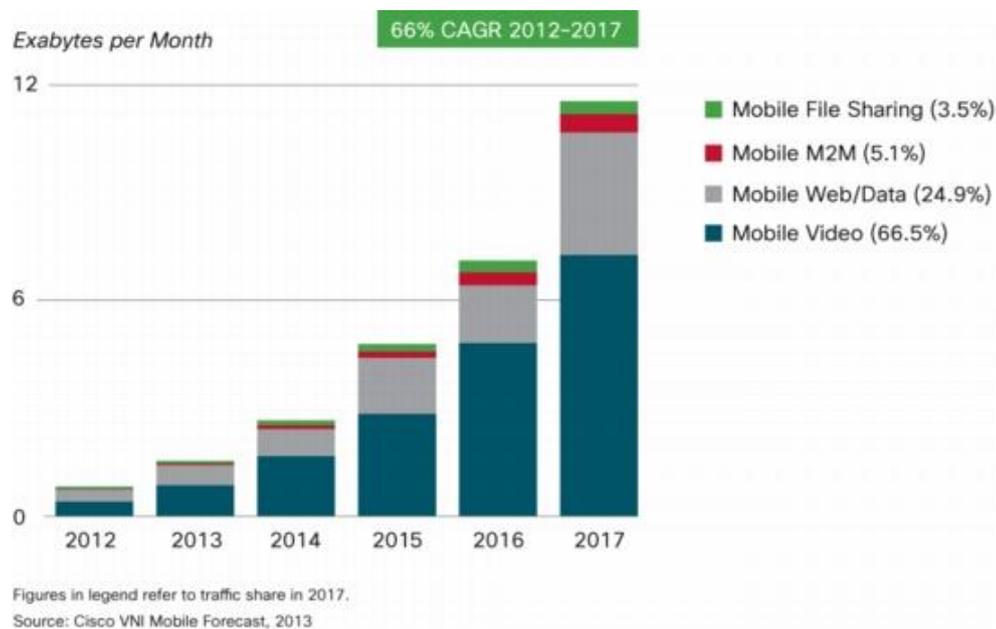


Figura 2. Pronóstico de crecimiento de tráfico de datos de vídeo móvil (2012-17).

En base a estas tendencias y predicciones se puede decir que la industria del cine y televisión, las marcas, los programas, los anunciantes, etc. deben evolucionar junto con este crecimiento y en algunos casos posiblemente reformular sus modelos de negocio, adaptando sus contenidos para dispositivos móviles con estrategias claras de publicidad en un campo completamente audiovisual para poder fidelizar a sus audiencias.

### 3.2 Desafíos para los proveedores de servicios

La entrega de servicios multimedia, como el vídeo para usuarios móviles, es más complejo que para usuarios de banda ancha fija. Las cuestiones técnicas principales son las siguientes:

- **La diversidad de las características de los terminales**, como el ancho de la pantalla y los aceleradores de hardware de procesamiento de red.
- **Variaciones en la capacidad del canal inalámbrico durante una sesión**, los cambios de tipo de acceso de radio (2G, 3G o Wi-Fi).
- El efecto de la "hiperconectividad" en las redes, incluido **el apoyo de la red IP para más tareas y funciones que ocurren simultáneamente en los dispositivos de red** (como la navegación web o la mensajería instantánea mientras se habla por el teléfono móvil, o escuchar música mientras se trabaja en línea).

Estos problemas técnicos caracterizan lo que podría ser uno de los mayores retos en la entrega de contenido móvil: **adaptar los contenidos y servicios en tiempo real para el entorno del usuario**, donde el término "*entorno*" incluye los conceptos de rendimiento, tipo de pantalla, la identidad y el tipo de servicio y prioridad. Los operadores de redes móviles tienen la ventaja de ser dueños de la red de núcleo de paquetes móviles por donde pasa toda la información necesaria para la adaptación del servicio [3].

Dentro de este tipo de servicios se encuentran los llamados *Over The Top* (OTT) **que son servicios principalmente de audio y vídeo entregados a través de internet, que generalmente se transmiten a través de infraestructuras de Banda Ancha sin que las operadoras y sus redes puedan controlar su distribución.**

### 3.3 Taxonomía

#### 3.3.1 Servicios de vídeo para móviles

Los servicios de *streaming* de vídeo móviles incluyen tanto *live streaming* (o *en vivo*) como *Video on Demand* (VoD) como se muestra en la Figura 3. En ambos casos, la entrega y reproducción del contenido ocurren simultáneamente permitiendo observar el contenido en línea, procurando además reaccionar rápidamente a las interacciones del usuario, e intentando operar en memoria restringida en el dispositivo. El *streaming* es considerado significativamente más eficiente que los servicios de descarga puros en cuanto al uso de la red (si el usuario decide dejar de observar el contenido en determinado momento); y al almacenamiento en el dispositivo del usuario pues no se necesita descargar primero el contenido en memoria física para visualizarlo. La Tabla 1 destaca brevemente las características de los servicios de *streaming* y los de descarga pura.

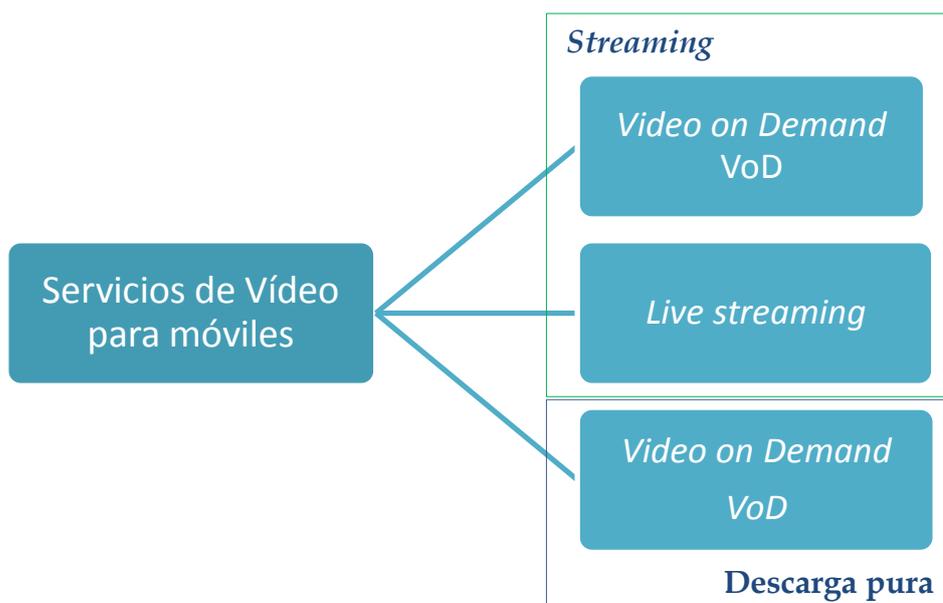


Figura 3. Servicios de Vídeo para móviles.

Tabla 1. Características de los servicios de <i>streaming</i> de vídeo		
VoD	Streaming	Descarga pura
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oportunidad de observar el contenido en línea.</li> <li>• No necesita almacenamiento en memoria del equipo</li> </ul>

Sobre las redes 3GPP los usuarios pueden tener acceso a servicios *Over-the-Top* (OTT) bajo los siguientes posibles escenarios:

- Servicios sin ninguna interacción ni apoyo por parte del operador móvil.
- Servicios que pueden ser gestionados con un SLA entre el proveedor de servicios de vídeo *streaming* y el operador de la red móvil.
- Servicios donde el operador de la red móvil podría actuar como un proveedor de servicios de vídeo *streaming*.

Este último escenario aunque no es tan común, va tomando presencia en algunos países, especialmente cuando ciertos operadores pretenden ofrecer servicios de *live streaming* de algún evento importante y de interés general, como inauguraciones de eventos deportivos, premiaciones anuales de cine y música, desfiles de modas, etc. En

los que llegando a un acuerdo con los productores, pueden ofrecer a un buen número de usuarios móviles, la oportunidad de observar dichos eventos vía *streaming*.

Los servicios de *streaming* para móviles actualmente entregan los datos utilizando comúnmente HTTP sobre TCP, de forma similar al *streaming* para terminales fijos. Los usuarios de dispositivos móviles pueden tener dos maneras de acceder al servicio, ya sea mediante el uso de una aplicación nativa o con el navegador del dispositivo, el cual carga un reproductor de Flash o HTML5 en el inicio de la sesión de *streaming*.

Una característica común para los servicios de *streaming* es disponer de un *buffering* inicial en el cliente para contenidos multimedia que intenta garantizar una reproducción fluida en presencia de fluctuaciones de ancho de banda y *jitter*. Este *buffering* es visible para el usuario como el retraso en la puesta en marcha refiriéndonos a esta fase como *Fast Start*. El nombre proviene del hecho de que estos datos almacenados en el búfer inicialmente se descargan normalmente a máxima velocidad, es decir, mediante el uso de todo el ancho de banda disponible captado por el dispositivo, mientras que el resto del vídeo no es necesariamente así.

#### 3.3.1.1 Video bajo Demanda (VoD)

El VoD *Over the Top* es un sistema que permite a los usuarios acceder a contenidos multimedia de forma personalizada a través de Internet ofreciéndoles, de este modo, la posibilidad de solicitar y visualizar una película, serie o programa concreto en el momento exacto que el usuario desee, sin necesidad de que se esté transmitiendo en ese momento en algún canal de televisión. Es decir, es un contenido que se encuentra almacenado en la red del proveedor de este servicio y a la que **el usuario puede acceder cuando, desde y donde desee siempre que disponga de acceso a Internet.**

#### 3.3.1.2 Live Streaming

La frase *live streaming* se refiere típicamente a un flujo o transmisión continua de un evento en directo. La transmisión de eventos en vivo por parte de la televisión tradicional es un buen ejemplo de este tipo de servicio. El retardo experimentado de extremo a extremo, en particular, en la distribución de contenido desde el origen del evento hasta el destino, debe reducirse al mínimo, de modo que el usuario pueda atender el evento en tiempo "real". Sin embargo, **un cierto retardo en orden de unos pocos segundos no se puede evitar** debido a la codificación y al transporte del contenido multimedia.

En *streaming* o *TV broadcast* tradicionales, el contenido es colocado (*pushed*) continuamente para el cliente. En los casos de *streaming* HTTP adaptativos modernos, es el cliente el que va solicitando el contenido (*pulls*) como una secuencia de archivos llamados **segmentos** de contenido desde un servidor. En ambos casos el cliente recibe un flujo continuo de datos para que estos sean reproducidos pero bajo técnicas diferentes de las cuales hablaremos con más detalles en la siguiente sección. De esta forma es posible brindar *live streaming* como un servicio *Over the Top*.

### 3.3.2 Tecnologías de vídeo para móviles

La transmisión de contenido entre diferentes nodos de una red se puede realizar de varias maneras. El tipo de contenido que está siendo transferido y las condiciones de la red utilizada suelen determinar los métodos que se utilizan para la comunicación.

Para una **transferencia de archivos a través de una red que introduce pérdidas, se hace hincapié en la entrega fiable** (la redundancia añadida protege contra las pérdidas de paquetes, o la retransmisión puede recuperar esa pérdida de paquetes). Cuando se trata de la **entrega de audio/vídeo, con requisitos de visualización en tiempo real, se hace hincapié en una baja latencia, el jitter, y en una transmisión eficiente**; en este caso ciertas pérdidas ocasionales pueden ser toleradas. La estructura de los paquetes y los algoritmos utilizados para transmitir la información multimedia en tiempo real en una red dada, en conjunto definen el protocolo de media *streaming*. Aunque varios protocolos de media *streaming* están disponibles en la actualidad y que difieren en detalles de implementación, podemos clasificarlos en dos categorías principales [4]:

- Protocolos basados en *push*
- Protocolos basados en *pull*

#### 3.3.2.1 Streaming basado en Push

En los protocolos de *streaming* basados en *push*, **una vez que un servidor y un cliente establecen una conexión, el servidor transmite los paquetes al cliente hasta que el cliente para o interrumpe la sesión**. Por lo tanto, el servidor mantiene el estado de la sesión con el cliente y escucha los cambios de estado ayudado por otros protocolos como *Real-time Streaming Protocol* (RTSP), especificado en el RFC 2326, que lleva el control de la sesión y es de los más protocolos más comunes utilizado en el *streaming* basado en *push*.

Los protocolos de *streaming* basados en *push* **utilizan generalmente Real-time Transport Protocol (RTP)** que trabaja normalmente sobre UDP (*User Datagram Protocol*), un protocolo no orientado a la conexión y sin ningún mecanismo de control, que permite al servidor la inserción (*push*) de paquetes en el cliente a una tasa de bits que depende del nivel de aplicación implementado en el cliente y en el servidor, en lugar de que lo haga el protocolo de transporte, por tanto hace a RTP apropiado para la transmisión de contenido multimedia con baja latencia. La Figura 4 muestra la correspondencia de estos protocolos con el “modelo internet”, en donde se puede observar que se puede usar IPv4 o IPV6 dependiendo del segmento de red que se esté atravesando en la arquitectura *end to end*. También se identifica en la capa de acceso a red las dos opciones de conseguir movilidad al consumir servicios de vídeo OTT como es la red Wi-Fi y móvil que brindan acceso a Internet a *smartphones* y tabletas.

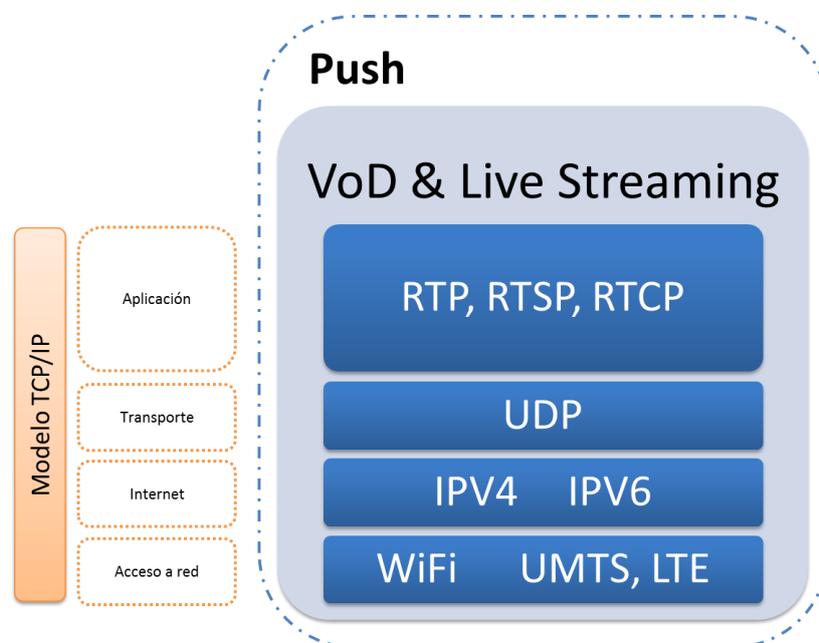


Figura 4. *Push* en el modelo TCP/IP.

En *streaming* basados en *push* convencionales, el servidor transmite el contenido multimedia a una tasa de bits de codificación que coincide con la tasa de consumo de contenido por parte del cliente. En circunstancias normales, esto asegura que los niveles del búfer del cliente se mantengan estables en el tiempo. También optimiza el uso de recursos de la red ya que el cliente normalmente no puede consumir a una velocidad por encima de la tasa de bits de codificación, en consecuencia, la transmisión por encima de esta tasa cargaría innecesariamente la red. Sin embargo, si se produce una pérdida de paquetes o retardos de transmisión en la red, la tasa de recuperación de paquetes del cliente puede caer por debajo de su tasa de consumo, lo que podría dar

lugar a interrupciones en la reproducción. Aquí es donde la adaptación de la tasa de bits entra en juego.

Ante este tipo de eventualidades en la red, el servidor puede cambiar dinámicamente a un *stream* de menor tasa de bits. Esto, a su vez, **reduce la tasa de consumo** de contenido en el lado del cliente y contrarresta el efecto de la pérdida de capacidad del ancho de banda de la red. Debido a que una caída repentina en la tasa de bits de codificación puede resultar en una notable **degradación de la calidad visual**, esta reducción debería producirse en múltiples pasos intermedios hasta que la tasa de consumo del cliente se ubique por debajo del ancho de banda disponible para recibir. Cuando las **condiciones de red mejoran**, el servidor hace lo contrario y pasa a un *stream* de **mayor tasa de bits**, una vez más, en varios pasos intermedios para evitar una súbita sobrecarga de la red. Al monitorear dinámicamente el ancho de banda disponible así como los niveles del búfer, y mediante el ajuste de la velocidad de transmisión a través de la conmutación de *streams*, el *streaming* adaptativo basado en *push* pueden lograr una reproducción sin problemas con el mejor nivel de calidad posible sin pausas o entrecortes.

Una propuesta de clasificación en base a las tecnologías usadas se muestra en la Figura 5. En donde se observa a las tecnologías de *streaming* convencionales, tales como Microsoft Windows Media, QuickTime de Apple y Adobe Flash

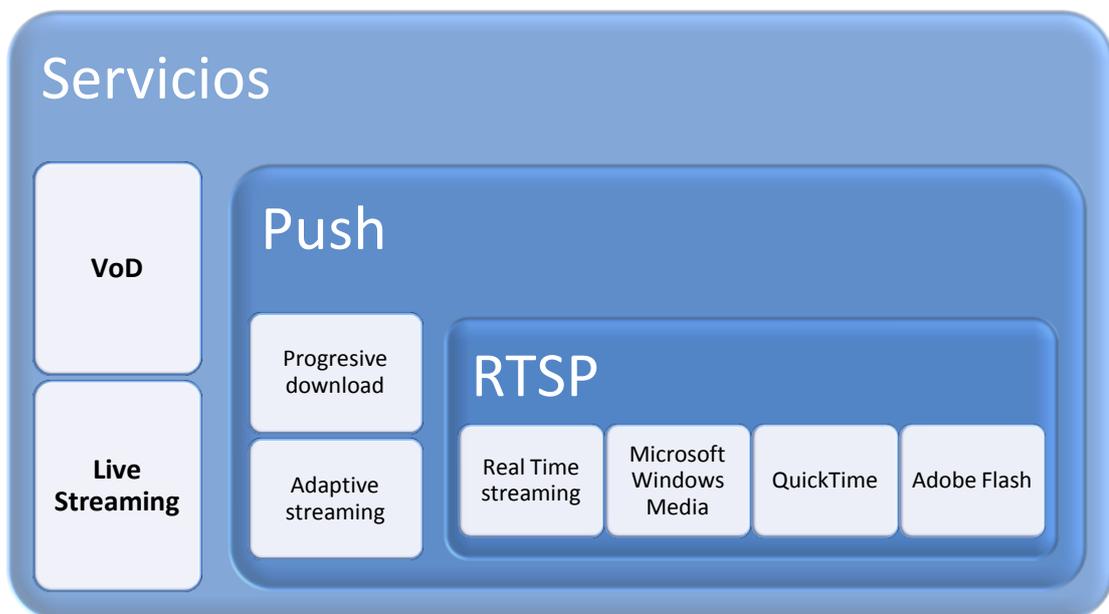


Figura 5. Clasificación en base a las tecnologías de *streaming* basados en *Push*.

### 3.3.2.2 Streaming basado en Pull

En los protocolos de *streaming* basados en *pull* **el cliente es la entidad activa que solicita contenido del servidor**. Por lo tanto, la respuesta del servidor depende de las peticiones del cliente cuando el servidor no está inactivo o bloqueado para ese cliente. En consecuencia, **la tasa de bits a la que el cliente recibe el contenido depende del cliente y del ancho de banda de red disponible**. HTTP como el principal protocolo de descarga de la Internet, es un protocolo común para la entrega de contenidos basados en *pull*, a su vez este **trabaja sobre TCP** como se puede observar la Figura 6, que refleja su correspondencia con el “modelo internet”, en donde además se puede observar que se puede usar los protocolos IPv4 o IPv6 dependiendo del segmento de red que se esté atravesando en la arquitectura *end to end*. También se identifica en la capa de acceso a red las dos opciones de conseguir movilidad al consumir servicios de vídeo OTT como es la red Wi-Fi o móvil que son las que brindan acceso a internet a los *smartphones* y tabletas.

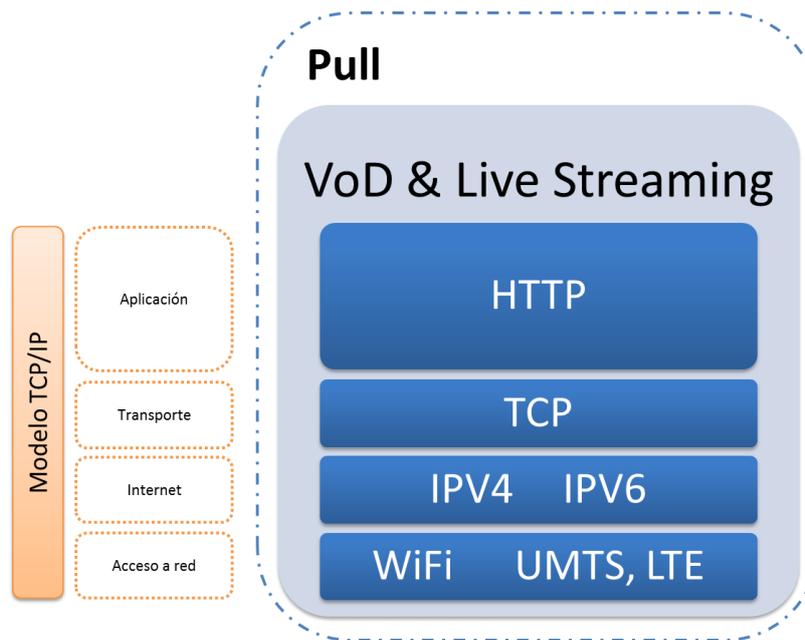


Figura 6. Pull en el modelo TCP/IP.

La **descarga progresiva** es uno de los métodos de media *streaming* basados en *pull* más utilizados disponibles en redes IP hoy en día. Donde el cliente multimedia expide una petición HTTP al servidor y empieza a bajar el contenido de este lo más pronto posible. Una vez que el cliente llena un nivel mínimo necesario de almacenamiento en el búfer, se inicia la reproducción sin dejar de descargar el contenido desde el servidor de forma paralela. Mientras la velocidad de descarga no sea menor que la velocidad de

reproducción, el búfer del cliente se mantiene a un nivel suficiente para continuar una reproducción ininterrumpida. Sin embargo, si las condiciones de red se degradan, la velocidad de descarga puede caer detrás de la velocidad de reproducción, lo que podría causar un eventual vaciado de búfer.

Al igual que los métodos utilizados en el *streaming* basados en *push*, los protocolos de *streaming* basados en *pull* utilizan la **adaptación de la tasa de bit** para evitar un desbordamiento/vaciado de búfer. La Figura 7 muestra un ejemplo de implementación, donde el contenido multimedia se divide en segmentos de corta duración (también llamados fragmentos), cada uno de los cuales se codifica a varias tasas de bits y pueden ser decodificados de forma independiente. Cuando el cliente reproduce los fragmentos uno detrás de otro, se puede reconstruir perfectamente la secuencia original del *media stream*. Durante la descarga, **el cliente recoge dinámicamente el fragmento con la tasa de bits de codificación correcta que coincide o está por debajo del ancho de banda disponible y solicita esos fragmentos desde el servidor**. De esta manera, el cliente puede adaptar su tasa de consumo de contenidos de acuerdo con el ancho de banda disponible de recepción.

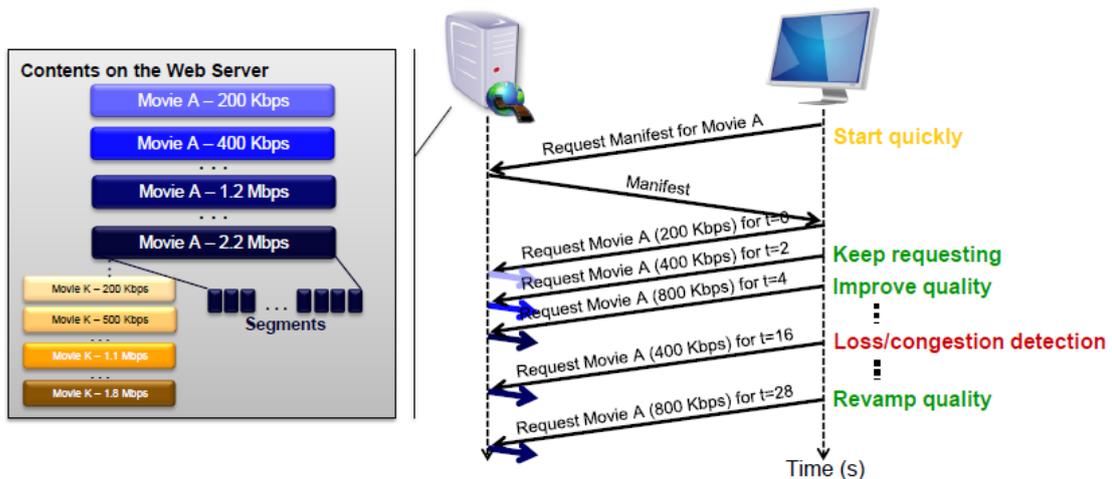


Figura 7. Ejemplo de *bitrate* adaptativo en *streaming* basado en *pull* [5]

Aunque las estructuras de fragmentos del contenido multimedia difieren entre implementaciones, el principio básico para la construcción del fragmento es el mismo. Cuando el audio y el vídeo no están entrelazados, cada trama de audio por lo general consiste de muestras de audio de duración constante en el rango de milisegundos, y cada trama es generalmente decodificable por su cuenta con los *códecs* de audio comunes. Por lo tanto, se puede rellenar fácilmente los datos de audio en un fragmento de contenido multimedia mediante la combinación de un número suficiente de tramas de audio para que coincida con la duración del fragmento. Para el vídeo, por otra

parte, las tramas no son necesariamente independientemente decodificables debido a la predicción temporal comúnmente aplicada entre las tramas. Por lo tanto, para el vídeo, la partición o fragmento de la construcción se lleva a cabo en el Grupo de Imágenes (GoP). En la codificación de vídeo, un **GoP** es una secuencia de tramas que inician con una trama *intra-coded* (I-frame) que se pueden decodificar de forma independiente, seguido de tramas predichas que dependen de otras tramas. Si las tramas predichas en un GoP sólo dependen de las tramas dentro de ese mismo GoP, lo llamamos un **GoP cerrado**, de lo contrario, se trata de un **GoP abierto**. El codificador simplemente ajusta el número de tramas en el GoP de tal manera que la duración total de sus tramas sea igual a la duración del fragmento deseado. Sin embargo, si la duración del fragmento es grande en comparación con un tamaño típico de GoP, se necesitará incluir más de un GoP en un fragmento.

Una propuesta de clasificación en base a las tecnologías de *streaming* basadas en *pull* usadas se muestra en la figura 8. Estas son las tecnologías actuales de *streaming* adaptativo, podemos mencionar a *Smooth Streaming* de Microsoft, *HTTP Live Streaming* de Apple y *HTTP Dynamic Streaming* de Adobe que se ejecutan mayormente sobre redes no gestionadas. Estas tecnologías de *streaming* envían el contenido al usuario a través de una conexión *unicast* (desde un servidor o de la red de distribución de contenidos CDN) ya sea a través de un protocolo de transmisión propietario que se ejecuta en la parte superior de un protocolo existente de transporte, en su mayoría TCP, o el protocolo estándar HTTP sobre TCP.

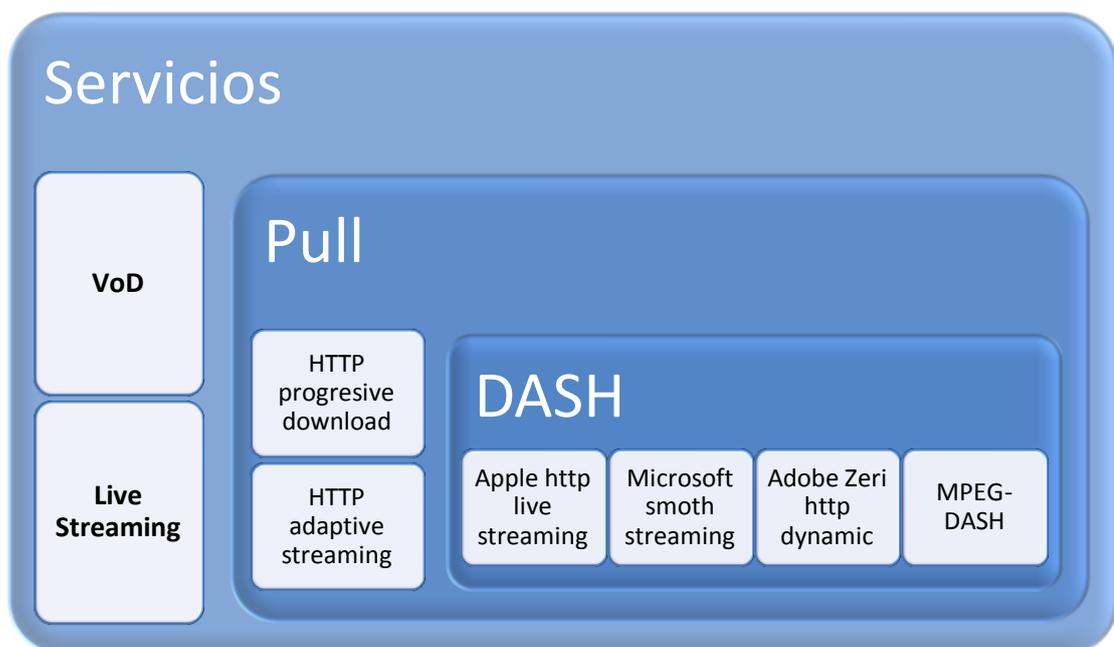


Figura 8. Clasificación en base a las tecnologías de *streaming* basados en *Pull*

### 3.3.2.2.1 IIS Smooth Streaming de Microsoft [6]

*Smooth Streaming* es la implementación de Microsoft de la tecnología de *streaming adaptativo*, la cual es una forma de entregar contenido multimedia basado en Web usando el estándar HTTP. En lugar de entregar el contenido multimedia como descargas de archivos completos, o como *streams* de una sesión con estado, el contenido es entregado a los clientes como una serie de fragmentos de MPEG-4 (MP4) que pueden cachearse en servidores *edge*.

Los clientes compatibles con *Smooth Streaming* utilizan una heurística especial para monitorear dinámicamente las condiciones de la red y del cliente y así cambiar rápidamente la calidad del video que reciben desde el servidor. Pues mientras los clientes reproducen los fragmentos que reciben, las condiciones de la red pueden cambiar (por ejemplo, puede disminuir el ancho de banda) o el procesamiento de vídeo puede ser afectado por otras aplicaciones que se estén ejecutando en ese momento. Entonces, los clientes pueden solicitar inmediatamente que el siguiente fragmento sea un *stream* que esté codificada en un *bitrate* diferente para adaptarse a las condiciones actuales. Esto permite a los clientes reproducir contenido multimedia sin cortes, *buffering* o congelamientos de imagen. Como resultado, los usuarios pueden experimentar una reproducción de la más alta calidad disponible.

*Smooth Streaming* ofrece a las compañías proveedoras de contenido multimedia una mejor manera de hacer realidad full HD (1080p) por *streaming* en la Web. Ofrece implementación de código libre y administración simplificada para creadores de contenido y redes de distribución de contenido. Para los usuarios, la experiencia de visualización mejorada trae la fiabilidad y la calidad de la televisión a sus sitios Web de vídeo favoritos.

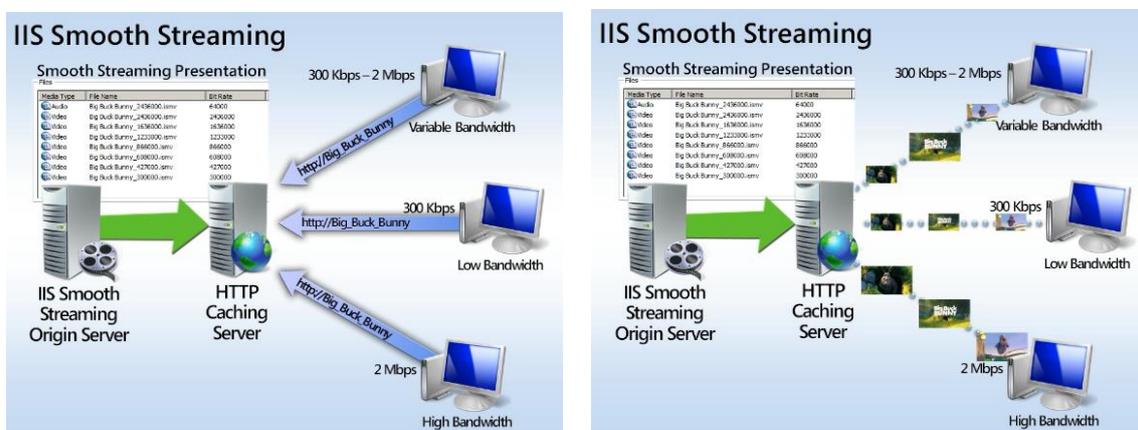


Figura 9. *Smooth Streaming* con desempeño adaptativo

Microsoft puede ofrecer una experiencia completa con *Smooth Streaming*, así:

- Como productor de contenido, puede codificar los archivos bajo demanda y las transmisiones en vivo en formato de *Smooth Streaming* utilizando *Microsoft Expression Encoder*.
- Como proveedor de contenido, puede utilizar *IIS Media Services* para servir los *streams* codificados de *Smooth*.
- Como consumidores de contenido, puede reproducir los *streams* de *Smooth* usando un cliente compatible de *Smooth Streaming*, como *Microsoft Silverlight*.

*IIS Smooth Streaming*, es una extensión de IIS web server, para la entrega de contenido multimedia de alta calidad en vivo o VoD sobre Internet. Permite *streaming* adaptativo de contenido multimedia para reproductores como Silverlight y otros clientes a través de HTTP. Además, proporciona una experiencia de visualización de alta calidad que se adapta de forma masiva en las redes de distribución de contenidos.

#### 3.3.2.2.2 Apple HTTP *Live Streaming* [7]

HTTP *Live Streaming* permite enviar audio y vídeo en forma de *live streaming* y VoD a través de HTTP desde un servidor web común para la reproducción en dispositivos basados en iOS, tales como el iPhone, iPad, Apple TV o en equipos de escritorio (OS X).

HTTP *Live Streaming* envía el audio y vídeo como una serie de archivos multimedia pequeños, típicamente de aproximadamente 10 segundos de duración, llamados archivos *media segment*. Un archivo de índice o lista de reproducción, da a los clientes la URL de los archivos *media segments*. La lista se puede actualizar periódicamente para dar lugar al *live streaming*, donde constantemente se producen archivos *media segment*. Puede incrustar un enlace a la lista de reproducción en una página web o enviarlo a una aplicación

- Características:
  - Maneja **múltiples *streams* alternativos a diferentes *bitrates* y el software del cliente puede conmutar entre ellos** dependiendo de los cambios de ancho de banda que detecte de la red.
  - Proporciona cifrado y autenticación de usuarios sobre HTTPS, permitiendo a los productores proteger su trabajo.

➤ Partes principales:

Conceptualmente, Apple HTTP *Live Streaming* consta de tres partes principales:

1. El componente de servidor, es responsable de tomar los *streams* de entrada del contenido multimedia y codificarlos digitalmente, luego encapsularlos en un formato adecuado para la entrega, quedando listos para la distribución.
2. El componente de distribución, que consta de servidores web estándar. Ellos son responsables de aceptar las solicitudes de los clientes y de la entrega del contenido preparado de acuerdo a los recursos del cliente. Para la distribución a gran escala, se pueden utilizar redes *edge* u otro tipo de CDNs.
3. El software de cliente es responsable de determinar los *media streams* apropiados a solicitar, descargar dichos recursos, y seguidamente, reensamblarlos de modo que los *media streams* puedan ser presentados al usuario en un flujo continuo. El Software del cliente se incluye en las versiones iOS 3.0 o posteriores y en equipos con Safari 4.0 o superior.

➤ Configuración:

En una configuración típica, un codificador de hardware toma la entrada de audio-video, lo codifica como vídeo H.264 y audio AAC, y lo devuelve en un MPEG-2 *Transport Stream*, **el cual se divide entonces en una serie de archivos cortos multimedia a diferentes *bitrates*** realizados por un software *stream segmenter*. Estos archivos se colocan en el servidor web. El **segmentador** también crea y mantiene un **archivo índice** que contiene una lista de los archivos pequeños multimedia. La dirección URL del archivo índice se publica en el servidor web. El software del cliente lee el índice, luego solicita los archivos pequeños multimedia de la lista en orden y los muestra en pantalla intentando que no se den pausas o espacios entre los segmentos durante la reproducción.

Un ejemplo de una configuración de streaming HTTP simple se muestra en la siguiente Figura.

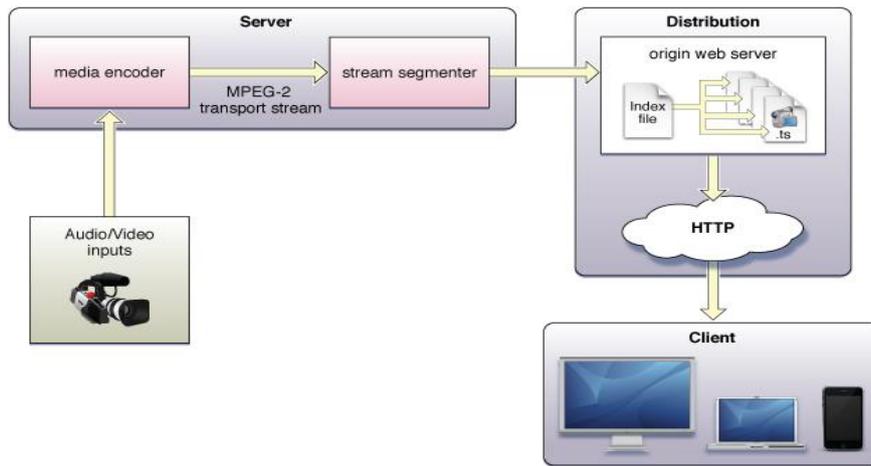


Figura 10. Configuración de streaming HTTP

### 3.3.2.2.3 Adobe HTTP Dynamic Streaming (HDS) [8]

El *HTTP Dynamic Streaming* (HDS) permite la distribución de vídeos en directo y VoD basado en estándares MP4 a un *bitrate* adaptable, a través de las conexiones HTTP habituales.

HDS permite aprovechar las infraestructuras de caché existentes y proporciona herramientas para la integración de la preparación de contenido en flujos de trabajo de codificación existentes. La siguiente figura muestra en resumen el flujo del contenido multimedia, antes de que este sea entregado al cliente, en donde se observan las principales etapas por las que pasa el mismo.

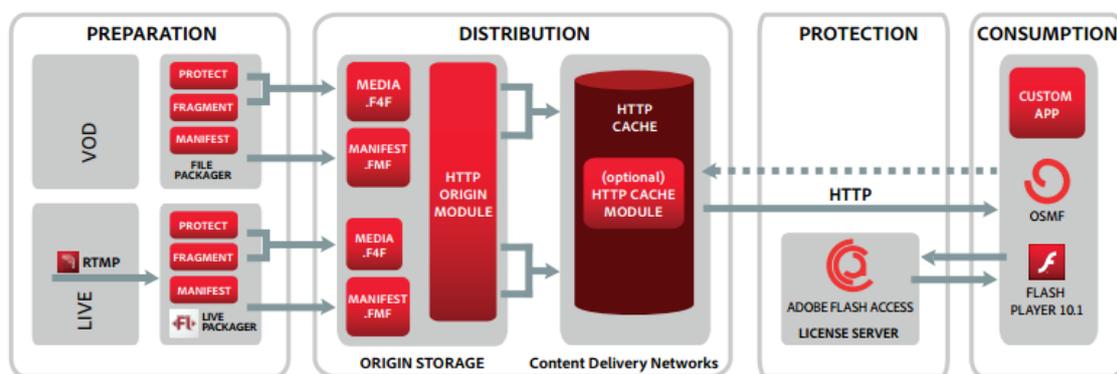


Figura 11. Flujo del contenido multimedia con *HTTP Dynamic Streaming*

HDS permite video de alta calidad (H.264 o VP6), la eficiencia de la red HTTP en el *streaming* de la entrega de contenido multimedia se integra perfectamente con el software de Adobe Flash para una sólida protección de contenido en entornos de

ejecución Adobe Flash Player 10.1 y Adobe AIR 2. Esta solución de formato abierto permite a los editores en línea aprovechar las infraestructuras de red y caché existente para entregar eficientemente contenido multimedia de la Plataforma Flash de Adobe.

**Flash Media Server** de Adobe sigue siendo una gran opción para el *streaming* con **comunicación multipunto**, así como para experiencias interactivas avanzadas, como las que se obtiene con *quick start times* y *quick seeking*. Al igual que Flash Media Server, HDS soporta monitoreo de calidad de servicio (QoS), *bitrate* adaptativo, y funcionalidades de DVR. Su flujo de trabajo incluye herramientas para la preparación de contenido, fragmentación de archivos MP4 que son *HTTP cache-friendly*, un *framework* de reproducción (OSMF - *Open Source Media Framework*), y opciones para proteger el *streaming* impulsado por Flash Access. Por tanto la Plataforma Flash de Adobe brinda la opción de una entrega confiable de manera segura, logrando experiencias de reproducción de alta calidad.

Las mejores características de HDS son:

- Bitrate adaptativo, detecta el ancho de banda del cliente y los recursos computacionales y sirve fragmentos de contenidos codificados en el *bitrate* más adecuado para la mejor experiencia visual.
- Soporte de live streaming o VoD, entrega contenido multimedia tanto en vivo como bajo demanda a través de conexiones HTTP. La entrega en vivo utiliza *workflows* de *streaming* similares a Flash Media Server, y el vídeo bajo demanda requiere unos pasos de procesamiento simples para preparar los archivos para la entrega de HDS.
- Calidad HD, entrega vídeo de alta definición de hasta 1080p, con *bitrates* que cumplen con la demanda necesaria ya sea utilizando códecs H.264 o VP6.
- Los sistemas caching actuales soportan el estándar HTTP. Apalancamiento del hardware de servidores estándar existentes y las infraestructuras de almacenamiento de *caching* para maximizar la capacidad y el alcance.

#### 3.3.2.2.4 *Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (DASH)*. [9] [10]

MPEG ha tomado el liderazgo en la definición de un formato unificado para habilitar DASH. MPEG-DASH fue ratificado en 2011 y publicado como una norma (ISO / IEC 23009-1) en abril de 2012. Es una evolución de las actuales tecnologías de

adaptación de *streaming* patentadas como *Apple HTTP Live Streaming*, *HLS*, *Microsoft SmoothStreaming* o *HTTP Dynamic Streaming* de Adobe (HDS) y también se ocupa de los nuevos requisitos y casos de uso. DASH tiene la intención de **soportar un modelo de *media streaming* para la entrega de contenido multimedia en la que el control recae exclusivamente en el cliente**. Los clientes pueden solicitar datos mediante el protocolo HTTP desde servidores web estándar que no tienen capacidades específicas DASH. Por consiguiente, la norma emitida por MPEG no se centra en los procedimientos del cliente o servidor, sino en los formatos de datos utilizados para prestar un *DASH Media Presentation*.

DASH define dos formatos básicos:

- *Media Presentation Description (MPD)*, que utiliza XML para proporcionar una lista de los contenidos disponibles, sus diversas alternativas, las direcciones URL y otras características.
- *Segmentos*, que contienen las secuencias de contenido multimedia en forma de trozos, en uno o varios archivos.

DASH está basado en un modelo de datos jerárquico como se muestra en la Figura 12. Una colección de versiones codificadas y distribuibles de contenido multimedia y la descripción adecuada de éstas, forma un *Media Presentation*. El contenido multimedia se compone de uno o múltiples **Períodos** contiguos en el tiempo de contenido multimedia. Cada Período de contenido multimedia se compone de uno o varios **Componentes** de contenido, por ejemplo, Componentes de audio en varios idiomas y un componente de vídeo. Cada componente de contenido multimedia tiene un Tipo de componente asignado, por ejemplo, de audio o de vídeo.

Dentro de un período, estos materiales se organizan en **Conjuntos de Adaptación**. Un Conjunto de Adaptación representa una serie de versiones codificadas intercambiables de uno o varios componentes de contenido multimedia por ejemplo, puede haber un Conjunto de Adaptación para el componente principal de vídeo y otro para el componente principal de audio. Si hay otro material disponible (subtítulos o descripciones de audio), entonces estos pueden tener cada uno un Conjunto de Adaptación separado. Cada Conjunto de Adaptación (*Set Adaptation*) contiene un **conjunto de Representaciones**. Una Representación describe la entrega de una versión codificada de uno o varios componentes de contenido multimedia. Una representación incluye uno o más *media streams* (uno para cada componente de contenido multimedia en el *multiplex*). Cualquier Representación única dentro de un Conjunto de Adaptación es suficiente para representar lo que contienen los componentes de contenido multimedia. Normalmente, los clientes pueden conmutar de Representación

a Representación dentro de un *AdaptationSet* con el fin de adaptarse a las condiciones de red y otros factores. Los clientes también pueden ignorar las Representaciones que dependen de *códecs* u otras tecnologías de Representación que no soporten o que sean inadecuadas.

Dentro de una Representación, el contenido puede ser dividido en el tiempo en **Segmentos**. Por cada Segmento se proporciona una URL, lo que significa que un Segmento es la mayor unidad de datos que se puede recuperar con una sola petición HTTP.

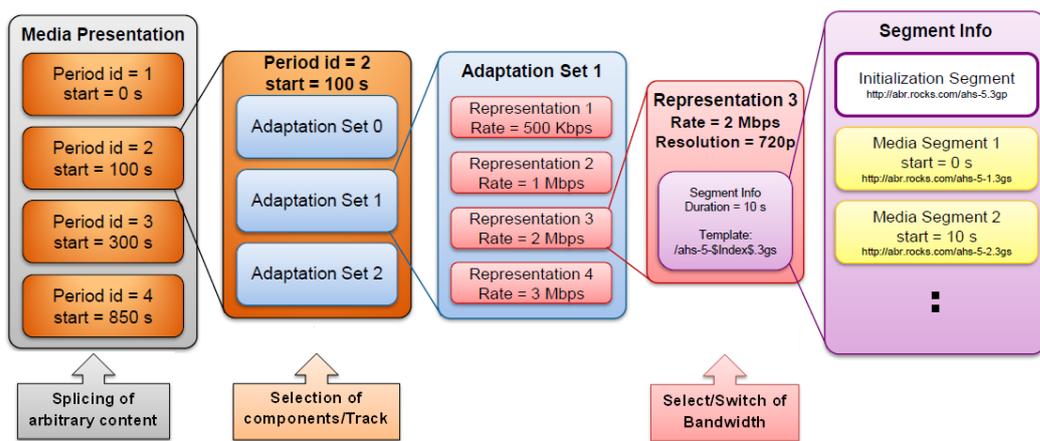


Figura 12. Modelo de Datos DASH [5]

A los segmentos se les asignan una duración, que es la duración del *contenido multimedia* incluido en el segmento cuando se presenta a la velocidad normal. Normalmente todos los Segmentos de una Representación tienen el mismo o una duración similar. Sin embargo, la duración del segmento puede diferir de Representación a Representación. Una presentación DASH puede ser construida con relativamente Segmentos cortos (por ejemplo, de unos pocos segundos), o Segmentos más largos, incluyendo un único Segmento para toda la Representación.

En el caso de **contenido en vivo se requieren generalmente Segmentos cortos**, donde hay restricciones por la latencia de extremo a extremo. La duración de un Segmento es normalmente un límite inferior de la latencia de extremo a extremo. DASH no admite la posibilidad de que los Segmentos se extiendan en el tiempo: un Segmento es una unidad completa y discreta que deberá estar a disposición en su totalidad.

Para los servicios *On Demand*, La *Media Presentation Description* es un documento estático que describe los diversos aspectos de la Presentación Multimedia (*Media*

*Presentation*). Todos los Segmentos de la Presentación Multimedia están disponibles en el servidor una vez que cualquier Segmento está disponible. Para los servicios en vivo, sin embargo, los Segmentos se convertirán en disponibles con el tiempo conforme se produce el contenido. La *Media Presentation Description* puede ser actualizada periódicamente para reflejar los cambios en la presentación a través del tiempo, por ejemplo las URL de Segmentos para nuevos segmentos se pueden añadir a la MPD.

DASH implementa estos conceptos importantes:

- Las Representaciones dentro de un conjunto de adaptación son típicamente generadas de tal manera que se puedan cambiar fácilmente. Esto incluye alguna alineación de la secuencia de puntos de acceso, así como otro medio para simplificar el cambio.
- Las Representaciones en una línea de tiempo son parte del período de presentación común, es decir, el tiempo de presentación de cada unidad de acceso dentro del *media stream* está asignado a la línea de tiempo de presentación común global. Esto permite la sincronización de los Componentes de contenido diferentes y la conmutación sin interrupciones de diferentes versiones codificadas de los mismos componentes de contenido.

Con estos formatos básicos MPEG-DASH ofrece una gama muy amplia de usos y características, incluyendo soporte para el servidor y en el lado del cliente la sincronización de los componentes y trucos eficientes, así como de empalme sencillo y (objetivo) de inserción de publicidad y métricas de la sesión. DASH puede soportar múltiples sistemas de gestión de derechos digitales, metadatos de contenido, y soporte para *códecs* de vídeo avanzados incluyendo 3D y audio multi-canal.

### 3.3.3 Arquitectura *end to end*

Dentro de la arquitectura *end to end*, de forma general, la distribución de servicios de vídeo OTT para móviles, cuenta con los mismos elementos que los servicios para dispositivos no móviles, siendo lo único que cambia:

- El acceso: en el que se tiene una red móvil o una red Wi-Fi como las formas de acceder a los contenidos, y
- Los dispositivos: que reproducen dichos contenidos a los usuarios.

Esto debido a que los actuales proveedores de servicios de vídeo OTT están adaptando y emitiendo contenido que pueda ser visualizado en dispositivos móviles y no se trata necesariamente de otros proveedores, ni otro tipo de contenido.

La CDN o red de distribución de contenido es uno de los elementos importante dentro de la arquitectura de servicios de vídeo OTT y por tanto se la nombra rápidamente más adelante. La Figura 13 muestra de forma general los elementos que participan en la entrega de vídeo OTT para dispositivos móviles.

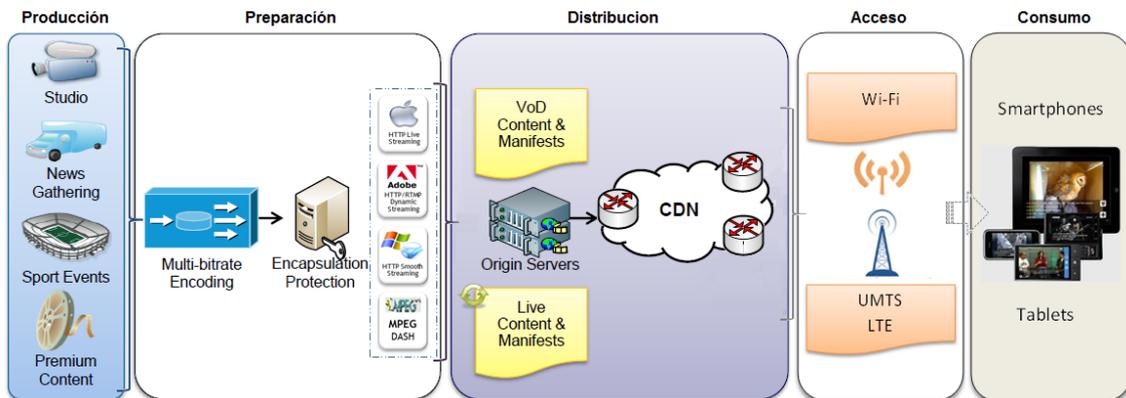


Figura 13. End to End en la entrega de vídeo OTT para móviles.

### 3.3.3.1 Creadores de contenido

A nivel profesional, se puede nombrar a las grandes productoras de Cine, Música y Televisión como HBO, Warner Bros, Universal Pictures, Paramount FOX, ESPN, MTV, etc. Estas son las empresas con las que llegan a acuerdos los proveedores de servicios OTT para transmitir sus contenidos a los usuarios finales a través de internet. A nivel amateur son en gran parte ciertos usuarios y pequeños productores los que apoyan a la creación de vídeos de corta duración.

### 3.3.3.2 Proveedores de servicios de vídeo OTT

Los proveedores de servicios OTT, como: Netflix, Hulu, Yomvi, WuakiTV, Amazon prime, Apple TV, YouTube, Dailymotion, Vimeo, etc., son los encargados de tratar al contenido, codificarlo usando técnicas de *streaming* adaptativo para luego distribuirlo, el proceso a seguir es el siguiente:

- Un **Codificador** (p.e. para *live streaming*) toma el audio y video de entrada, lo codifica como vídeo H.264 y audio AAC.

- Lo devuelve en un archivo MPEG-2 TS (.ts), que luego un **Segmentador** divide en una serie de ficheros multimedia pequeños de unos 10 segundos de duración (llamados *chunks* o segmentos).
- Estos archivos se colocan en un servidor web normal.
- El **segmentador** también crea y mantiene un archivo de índice que contiene una lista de los archivos en los que se ha partido el vídeo original.
- La dirección URL del archivo de índice se publica en el servidor web (*El index file* es un .M3U8, *playlist*).
- Este proceso de codificación y segmentación **se repite para cada una de las calidades que deseen emitir del vídeo** (LD, SD, HD).

Se ha clasificado al vídeo OTT para dispositivos móviles, en distintas categorías dependiendo del tipo de contenido, el cual es también presentado en la Figura 14, así:

- Contenido generado por los usuarios, siendo en su mayoría amateurs (como el contenido servido por YouTube, Dailymotion o Vimeo) con un gran porcentaje de vídeos de corta duración, sobretodo vídeos musicales, partes de ciertos programas o sketches, *trailers* de películas, etc.
- Contenido generado profesionalmente, generalmente producidos en estudios de filmación que cuenta con redes comerciales para promover su oferta de programación (como por ejemplo ABC.com, cierto contenido de Hulu, Yomvi) con la venta directa de películas a los consumidores a través de Internet.

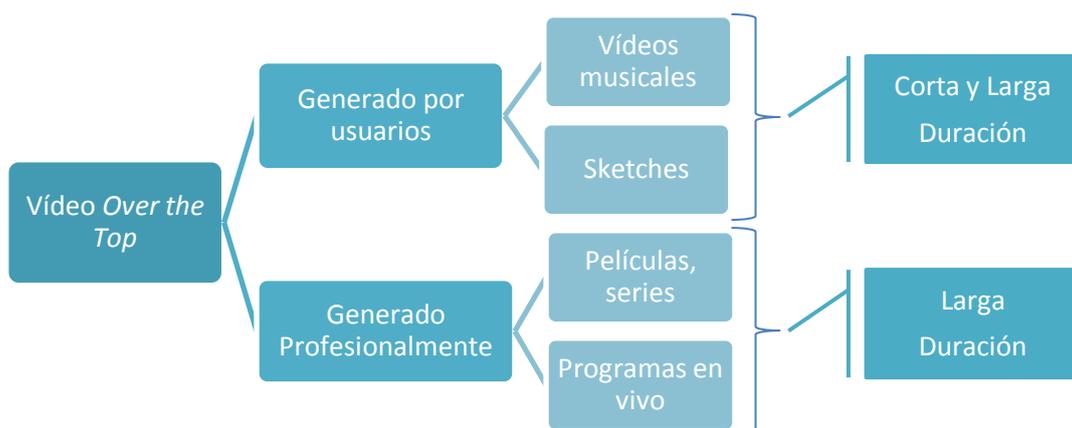


Figura 14. Clasificación de Tipos de Vídeo OTT.

Netflix, Hulu, Apple TV, Wuaki.tv, Yomvi y muchas más están aumentando en gran medida la cantidad de ofertas de vídeo en Internet. Algunas de ellas participan en las dos categorías en conjunto como es el caso de Hulu, Yomvi, Netflix, Wuaki.tv.

Dentro de los contenidos de larga duración, como principal exponente se tiene a Netflix, y dentro de los contenidos de corta duración se destaca Youtube como el servicio más utilizado y de uso común a través de dispositivos móviles.

#### 3.3.3.2.1 Netflix

Netflix es un proveedor de servicios de vídeo OTT que ofrece en *streaming*, películas y series de televisión, a cambio de una cuota de suscripción mensual. El usuario tiene derecho a consumir de forma ilimitada el contenido audiovisual presente en el catálogo en línea. Cuenta con un catálogo desde donde se pueden visualizar toda la programación disponible. Una vez seleccionado el producto, se puede optar por visualizarlo de forma inmediata vía *streaming*, en la pantalla del ordenador, el televisor, en otros dispositivos conectados a Internet como consolas, reproductores multimedia, *smartphones* o tabletas.

Netflix **utiliza una versión propietaria de *HTTP adaptive streaming*** como tecnología de *streaming* [11], debido a la escalabilidad que le representa al poder entregar su contenido a través de CDNs y de esta forma llegar a diversos sitios en el mundo.

#### 3.3.3.2.2 YouTube

YouTube es un sitio web en el cual los usuarios pueden subir y compartir videos, se puede acceder a él de forma gratuita. Usa un reproductor en línea basado en Adobe Flash para servir su contenido, aunque también puede ser un reproductor basado en HTML5 ya que es soportado por la mayoría de navegadores web. Es muy popular gracias a la posibilidad de alojar vídeos personales de manera sencilla. Aloja una variedad de trailers de películas, partes de programas de televisión y vídeos musicales. A pesar de las reglas de YouTube contra subir vídeos con derechos de autor, este material existe en abundancia, así como contenidos amateur como videoblogs.

YouTube **usa una versión propietaria de *streaming HTTP progressive download*** (*pseudo streaming* que es muy similar a *progressive download* a excepción de que el cliente puede saltar hacia adelante a una sección del contenido que aún no ha sido descargada todavía, esto es posible debido a los metadatos que dispone el contenido que son

codificados con un "keyframe" que provee la referencias del punto al cual el usuario desea saltar. [5])

### 3.3.3.3 Distribuidores de contenido

Para la distribución de contenido **al usuario final móvil**, tendríamos a los principales proveedores de CDN como Akamai; y como parte de la red de acceso a los operadores de redes celulares y proveedores de internet fijo, que a través de Wi-Fi brindan movilidad.

Los proveedores de servicio de vídeo OTT en el caso de usar *HTTP adaptive bitrate*, deben tener un contrato con un proveedor de CDN para que éste se encargue de acercar el contenido a los usuarios finales a través de su red de servidores web y *edge cache* (Estos servidores almacenan copias de ficheros del contenido a entregar). De esta forma asegurar mayor rapidez al obtener los contenidos y evitar tráfico innecesario en la red y también solicitudes al servidor matriz, es decir procesamiento también innecesario.

#### 3.3.3.3.1 Content Delivery Networks (CDN)

Una idea inmediata de apoyo a los medios de *streaming* es reutilizar el modelo cliente-servidor, que es ampliamente usado para aplicaciones de Internet. Como una mejora directa para el modelo de servicio convencional cliente-servidor, CDN acata el mismo principio, pero expande ligeramente el concepto de "servidor." Bajo el modelo de CDN, en lugar de la descarga de vídeo desde un servidor fuente, **los clientes pueden encontrar un servidor de entrega de contenido que esté más cerca, y conseguir una descarga más eficiente usando ese servidor.** El servidor fuente de vídeo actúa como "servidor" para los servidores de entrega de contenidos por colocar a los contenidos de vídeo en ellos. Por lo tanto, el modelo de CDN es efectivamente un modelo cliente-servidor de dos capas. Si las redes que conectan el servidor de origen y los servidores de contenido se dimensionan de forma adecuada y si los servidores de contenido se ubican correctamente en lugares estratégicos, **una solución basada en CDN puede ofrecer buenos servicios.** De hecho, YouTube y varios de los proveedores de servicios de vídeo OTT, mantienen CDNs para entregar los vídeos más populares a sus usuarios, y Akamai tiene un negocio rentable como el servicio de CDN más grande del mundo [12].

### 3.3.3.3.2 Red de acceso

La red de acceso para usuarios que consumen vídeo en dispositivos móviles puede ser tanto a través de las redes móviles como UMTS o LTE, así como también usando acceso fijo como ADSL o FTTH y a través de estos con los estándares Wi-Fi.

- *Red móvil*

Los sistemas de redes móviles se caracterizan por ofrecer servicio sobre áreas geográficas extensas divididas en zonas de cobertura denominadas celdas, cada una de ellas atendida por una estación base de radio. La transmisión de datos en las redes móviles se inició con el desarrollo de GPRS (*General Packet Radio Service* - o Servicio General de Paquetes vía Radio) que surgió para apoyar el transporte de paquetes de datos en redes móviles 2G con un bajo rendimiento que alcanzaba hasta los 21 Kbps.

Luego se desarrolló las redes móviles 2.5G EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution* - Tasas de Datos Mejoradas para la evolución de GSM), también conocida como EGPRS (*Enhanced GPRS*), permitió un aumento en el rendimiento de hasta 236 Kbps; con estas 2 tecnologías iniciales en la transmisión de datos, no era posible observar de manera continua ni VoD ni contenido en vivo por su limitada capacidad, tampoco para ese entonces existía una oferta variada de contenido, ni la mayoría de los terminales podía reproducirlo.

Posteriormente aparece UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System* - Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles) que fue desarrollado para las redes móviles 3G con el fin de soportar un rendimiento de hasta 384 Kbps, junto con esta evolución aparecieron también nuevos terminales que permiten ver contenido multimedia como audio y vídeo y así empieza a despegar la investigación y desarrollo en nuevas tecnologías que permitan optimizar la entrega de este tipo de contenido.

Más adelante se avanza hacia el estándar **HSDPA** (*High Speed Downlink Packet Access*) que vino como **una mejora sobre las limitaciones que presenta UMTS**, es considerada como una tecnología para redes móviles 3.5G que ofrece una capacidad de datos significativamente mayor sobretodo en el enlace descendente con pudiendo alcanzar velocidades de 1.8, 3.6, 7.2 y 14 Mbps en condiciones ambientales normales. Con esta tecnología se puede apreciar de manera ininterrumpida la mayor parte de contenido multimedia ofrecido para los nuevos terminales móviles (*smartphones* y tabletas) con capacidad para consumir este tipo de contenidos.

Hoy en día contamos con el desarrollo de LTE (*Long Term Evolution*) que se ha convertido en el sucesor de HSDPA y es considerada la red móvil 4G. LTE surgió de las necesidades del mercado de una tecnología de **banda ancha móvil totalmente IP** que permita un rendimiento considerablemente alto, se espera obtener velocidades superiores a los 100 Mbps en condiciones ideales, **con esta evolución prácticamente es posible observar en los nuevos terminales, cada vez más desarrollados, cualquier tipo de contenido multimedia de alta definición y con buena calidad.** Actualmente casi ningún *smartphone* o tableta del mercado operan con LTE, pero la mayoría de terminales poseen capacidades para conectarse a la red móvil y conseguir al menos velocidades de HSPA+.

Las redes móviles son las que aseguran la continuidad en las comunicaciones móviles debido a su gran cobertura y ofrecen mayores facilidades de movilidad durante el consumo de vídeo *streaming*. La Tabla 3 muestra un resumen de las principales características de las redes móviles.

Tabla 3. Resumen de Redes Móviles				
	Banda de Frecuencia	Bitrate (Down/Up link)	Acceso al medio	Vídeo streaming
GPRS	850 / 900 / 1800 / 1900 MHz	171 / 171 Kbps	TDMA	No soportado
EDGE	850 / 900 / 1800 / 1900 MHz	236 / 236 Kbps	FDMA/ TDMA	No soportado
UMTS Rel 99	850 / 900 / 1900 / 2100 MHz	2048 / 384 Kbps	WCDMA	Soportado
HSPA	850 / 900 / 1900 / 2100 MHz	14,4 / 5,7 Mbps	WCDMA	Soportado
HSPA+	850 / 900 / 1900 / 2100 MHz	28 / 5,76 Mbps	WCDMA	Soportado
LTE	700b,c / 850 / 900 / 1900 / 2100 MHz	>100 / 50 Mbps	OFDMA, MIMO	Soportado

- *Multimedia Broadcast Multicast Service MBMS [13]*

MBMS es un servicio **punto a multipunto en el que los datos se transmiten desde una entidad de origen única a múltiples destinatarios.** El estándar MBMS se introdujo en la versión de la especificación 3GPP Rel-6 y se ha desarrollado en versiones posteriores. Este estándar se ha especificado primero para UMTS y se ha actualizado en el 3GPP Rel-9 para incluir en LTE en una solución común basándose en el mismo núcleo de red. MBMS sobre LTE también es llamado MBMS evolucionado (eMBMS). El eMBMS trae mejor rendimiento gracias a los mayores y más flexibles, tasas de bits de LTE, a la operación de una sola frecuencia de red (SFN), y la flexibilidad de configuración del portador. 3GPP Rel-11 también aporta mejoras en las áreas de la capa de servicio, por

ejemplo, un códec de vídeo para altas resoluciones, *frame rates* y corrección de errores hacia delante (FEC), y la red de radio con procedimientos para asegurar la recepción de MBMS en una multi-frecuencia de red LTE.

Por tanto **sobre las redes móviles es posible ofrecer contenido multicast a través de MBMS, particularmente eventos en vivo importantes**. Algunos operadores podrían llegar a acuerdos con los creadores de contenidos para **ofrecer a sus clientes la posibilidad de acceder a estos eventos desde sus dispositivos móviles vía streaming**. Este servicio sería **exclusivamente para *live streaming***, en los que precisamente se tiene como característica la **emisión de contenido a múltiples usuarios de manera simultánea**. Podría funcionar tanto para servicios basados en *push* como para servicios basados en *pull*.

Técnicamente MBMS tendría que estar implementado en la red móvil, el contenido OTT debe llegar hasta el Gateway de conexión a internet del operador y los usuarios de dicho operador podrían observar el contenido vía streaming al conectarse a la página web del proveedor del servicio.

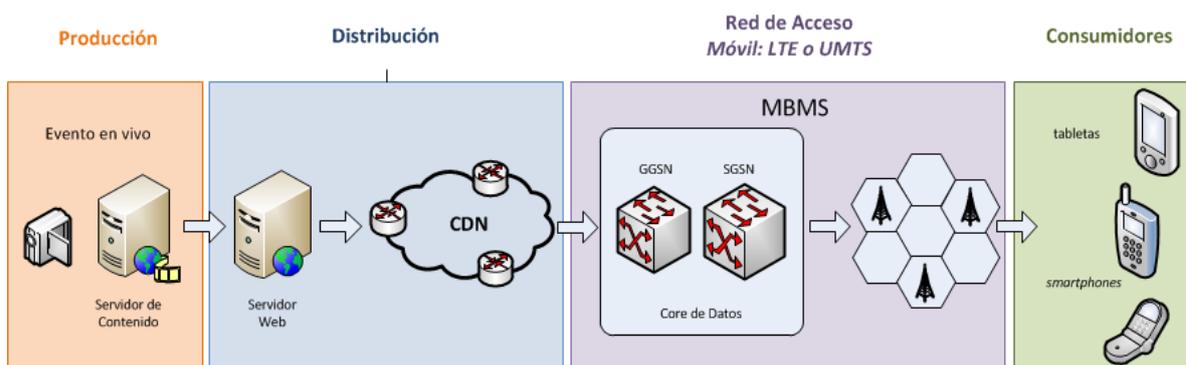


Figura 15. *Live streaming con MBMS.*

- *Wi-Fi*

Por otro lado, existen algunos tipos de Wi-Fi, basado cada uno de ellos en el estándar IEEE 802.11 y que han ido evolucionando en el tiempo con el fin de conseguir mejores velocidades, estos estándares son los siguientes:

Los estándares IEEE 802.11b, IEEE 802.11g e IEEE 802.11n mantienen una aceptación internacional debido a que la banda de 2.4 GHz está disponible casi universalmente, con una velocidad que podría llegar hasta 11 Mbps, 54 Mbps y 600 Mbps, respectivamente en condiciones ideales. También existe el estándar IEEE 802.11a, que opera en la banda de 5 GHz y que ofrece velocidades de hasta 54 Mbps. Una particularidad de esta banda de frecuencia es que existen muy pocas interferencias. La Tabla 2 muestra un breve resumen de las principales características de Wi-Fi.

Tabla 2. Resumen estándares Wi-Fi

	Banda de Frecuencia	Bitrate	Rango de señal (outdoor / indoor)	Modulación
IEEE 802.11a	5 GHz	54 Mbps	100 / 30 m	OFDM, BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
IEEE 802.11b	2,4 GHz	11 Mbps	110 / 35 m	BPSK, QPSK, 64 QAM
IEEE 802.11g	2,4 GHz	54 Mbps	110 / 35 m	OFDM, BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
IEEE 802.11n	2,4 y 5 GHz	600 Mbps	250 / 60 m	BPSK, QPSK, QAM

La mayoría de *Smartphones* y *Tablets* tienen opción de conexión Wi-Fi por tanto estos estándares son una manera de consumir vídeo en estos dispositivos móviles.

En general, las redes de acceso Wi-Fi cubren zonas determinadas de pequeña extensión. Los intentos de desplegar estas redes con cobertura continua en zonas geográficas extensas no han llegado a cristalizarse. El alcance de los puntos de acceso está limitado por la presencia de obstáculos, interferencias, que afectan la propagación de la señal. Los valores típicos para puntos de acceso 802.11a, 802.11b y 802.11g están en torno a los 30-35 m en ambientes *indoor* y 100-110 m en *outdoor*.

Bajo estos escenarios las redes Wi-Fi ofrecen una alternativa de conexión a internet con movilidad limitada para el consumo de servicios como el streaming de vídeo en entornos como el hogar, universidades, hoteles, centros comerciales, *Hotspots*, etc. En la mayoría de estos casos favorece el dejar de consumir Mbytes del paquete de datos de la red móvil. Una de las principales diferencias entre el acceso Wi-Fi y el acceso sobre la red móvil **en términos de preferencia de conexión**, puede ser el uso de una **tarifa plana sin límites de consumo en cantidad de datos**, por eso el usuario suele conectarse a una red Wi-Fi en cuanto le es posible, además **se pueden conseguir mayores velocidades en caso de que se pretenda consumir contenido multimedia**. Si las redes móviles ofrecieran las mismas velocidades que las Wi-Fi y no tuvieran límite en el volumen de consumo, probablemente no fuera necesario conectarse a las Wi-Fi.

### 3.3.3.4 Consumidores de contenido

Los fabricantes de dispositivos móviles no paran de innovar en sus productos, frecuentemente nos presentan terminales con nuevas funcionalidades, mejores diseños, pantallas con mayores resoluciones, altas capacidades de procesamiento, etc., es una lucha constante por intentar colocarse como líder mundial, y obtener el mayor porcentaje de *market share*. Muy ligado a esto, se tiene la elección del Sistema Operativo con el que saldrán al mercado dichos dispositivos. Actualmente hay dos ecosistemas principales y que son líderes en los productos que ofrecen, estos son: IOS y *Android*. De

todos modos, en un ambiente tan competitivo, nada está dicho y esto puede cambiar si alguno de ellos deja de innovar en línea con lo que el usuario desea.

Bajo estos ecosistemas los principales dispositivos en el mercado son: Iphones y I pads que funcionan con IOS; y smartphones y Tablets que operan con *Android* con. Ambos ecosistemas tienen funcionalidades, características y modelos de equipos similares, aunque entre una marca y otra se tiene diferencias.

Por otro lado y regresando a lo relacionado estrictamente con el consumo de vídeo en los móviles, el software del cliente es el responsable de:

- **Determinar** los ficheros o *chunks* **apropiados** a pedir por HTTP.
- **Descargarlos y re-ensamblarlos** para poder **presentarlos** al usuario en un *stream* de vídeo continuo al momento de la reproducción.
- Si en un momento dado **las condiciones del cliente varían**, es el responsable de pedir nuevos *chunks* de calidad más baja y **regular así la calidad del *stream***.
- Esto lo hace gracias a que dispone de la URL del fichero *index* y solicita los ficheros indexados en secuencia al servidor web más cercano.

### 3.4 Clasificación de los sistemas existentes de vídeo para móviles

La Tabla 4 resume las principales diferencias entre el *streaming* basado en *push* y el basado en *pull* (en este caso, el *streaming* basado en *pull* se refiere exclusivamente al *streaming* sobre HTTP). Una de las principales diferencias es la complejidad de la arquitectura del servidor. Como se mencionó anteriormente en el *streaming* basado en *pull* la gestión del *bitrate* es generalmente una tarea de cliente, lo que simplifica considerablemente la implementación del servidor. Por otra parte, el *streaming* basado en *pull* puede correr sobre HTTP. Por lo tanto, un servidor Web convencional puede servir contenido multimedia en *streaming* basado en *pull*, aunque la complejidad puede surgir para el *streaming* de contenido en vivo hacia un gran número de clientes debido a que no soporta multicast y sería necesaria una red de distribución de contenido más grande y que disponga de nodos bien distribuidos en las localidades en la que se desea que sea observado, así como codificar el vídeo a diferentes tasas de bits, para que todo tipo de usuario disponga del contenido de acuerdo a las condiciones de su canal.

El *streaming* basado en *push*, por otro lado, requiere un servidor especializado que implemente RTSP o un protocolo similar especialmente diseñado con algoritmos incorporados para tareas como la gestión del *bitrate*, retransmisión y almacenamiento en caché del contenido. Esto puede hacer que el *streaming* basado en *pull* sea más **rentable económicamente para el proveedor del servicio**, comparado con el *streaming*

basado en *push* pues la infraestructura necesaria es más barata en *pull*, adicionalmente se puede llegar a más usuarios sin necesidad de mantener miles de sesiones establecidas.

A pesar de los bajos costos del servidor, **el *streaming* basado en *pull* suele ser menos eficiente (por la sobrecarga en la cabecera) que el *streaming* basado en *push* debido al protocolo de transporte subyacente.** En comparación con HTTP sobre TCP, RTP impone una sobrecarga de transmisión inferior. Además, dado que por lo general RTP se ejecuta sobre UDP, la dinámica de retransmisión y los mecanismos de control de congestión de TCP no existen inherentemente en RTP.

Los protocolos de *streaming* basados en *pull* como los basados en *push* permiten *buffering* en el cliente tanto al inicio de la sesión como después de las transiciones *trick-mode* tales como poner pausa o adelantar la reproducción. Esto se lleva a cabo para evitar desbordamientos del búfer y lograr una mejor experiencia de reproducción. En los métodos de adaptación de *streaming*, la duración del *buffering* inicial del cliente puede ser sustancialmente menor que en los métodos de *streaming* no adaptativos debido al hecho de que el cliente puede empezar con un *stream* de menor tasa de bits. Esto permitiría una rápida puesta en marcha y aumenta la capacidad de respuesta.

Una de las ventajas clave del *streaming* basado en *push* es el **soporte multicast**. Con multicast se permite a los servidores enviar un paquete de una sola vez a un grupo de clientes esperando que todos reciban ese paquete. El paquete se duplica a lo largo de la ruta de red de forma óptima, y un cliente puede unirse o abandonar un grupo multicast cuando desee. Por otro lado, en el *streaming* basado en *pull*, se trabaja basado en un esquema de entrega unicast, que ofrece un camino uno a uno entre el servidor y cada cliente. Por lo tanto, en todos los casos, el servidor tiene que enviar un paquete tantas veces como número de clientes hayan solicitado ese paquete, y, de manera similar, un nodo de red entre el cliente y el servidor tiene que ver pasar el mismo paquete varias veces. Por supuesto esto es lo que reduce la eficiencia en el uso de la red

El enrutamiento y **la distribución de paquetes en la red puede ser más eficiente mediante el uso de almacenamiento del contenido en caché.** El contenido se almacena en caché a lo largo de la red de servidores de caché dedicados. De esta forma, un cliente puede obtener el contenido de un servidor de caché cercano de la red en lugar de ir por todo el camino hasta el servidor de origen. Es muy probable que el uso más eficiente del *caching* sea en el *streaming* adaptativo basado en *pull*, donde cada fragmento puede ser almacenado en cualquier nodo caché de la red de forma independiente.

**Tabla 4. Resumen comparativo entre los protocolos de *streaming* basados en *push* y en *pull***

	<b>Basado en <i>Push</i></b>	<b>Basados en <i>Pull</i></b>
<b>Fuente</b>	Bradcasters y servidores como Windows Media, Apple Quick Time, RealNetworks Helix, Cisco CDS/DCM	Web servers such as LAMP, Microsoft IIS, Adobe Flash, RealNetworks Helix, Cisco CDS
<b>Protocolos</b>	RTSP, RTP, UDP	HTTP, RTMP, FTP
<b>Uso del Ancho de Banda</b>	Probablemente más eficiente	Probablemente menos eficiente
<b>Monitoreo del vídeo</b>	RTCP para RTP	Actualmente propietario
<b>Soporte Multicast</b>	Si	No
<b>Cacheability</b>	No	Si para HTTP

## 4 Análisis de los sistemas de distribución de vídeo actuales

Se ha revisado hasta el momento el modo de funcionamiento y las características relevantes de los sistemas de streaming para móviles basados en *push* y en *pull*, a continuación se resumen las fortalezas y debilidades de estos sistemas tomando en cuenta su escalabilidad y requerimientos de infraestructura:

### 4.1 DAFO de los sistemas analizados.

<b>Tabla 5. DAFO <i>Push</i></b>	
<b>Debilidades</b>	<b>Fortalezas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se requiere servidores especializados en streaming.</li> <li>• Más costoso de implementar.</li> <li>• No muy escalable.</li> <li>• Problemas con APIs, plug-in, software de terceros en el lado del cliente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecimiento de control entre servidor y el cliente.</li> <li>• Gestión del AB del servidor ante peticiones simultáneas.</li> <li>• Rapidez en la visualización de contenido.</li> <li>• Eficiente en el uso de la red al ser capaz de hacer Multicast.</li> <li>• <i>Bitrate</i> adaptativo.</li> <li>• No hay retransmisiones por tanto mayor eficiencia en el AB.</li> </ul>
<b>Amenazas</b>	<b>Oportunidades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crecimiento evolucionado del uso de <i>HTTP adaptive streaming</i>.</li> <li>• Estandarización de <i>HTTP adaptive streaming</i>.</li> <li>• Abandono del uso de este tipo de formato</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innovar en técnicas de distribución más eficientes, que disminuyan costos y requerimientos de servidores especializados.</li> </ul>

Tabla 6. DAFO *Pull*

Debilidades	Fortalezas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menos eficiente en el uso de la red al ser unicast.</li> <li>• Por usar HTTP se incluye <i>overhead</i>.</li> <li>• Más lento en arrancar si el primer <i>ts</i> no es muy corto.</li> <li>• La segmentación puede agregar carga de procesador.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atraviesa <i>firewalls</i>, NAT.</li> <li>• Escalable.</li> <li>• Mínimo de información de estado en el servidor.</li> <li>• Basta con servidores web.</li> <li>• Control de <i>bitrate</i> adaptativo en el cliente.</li> <li>• Adapta el contenido de acuerdo al desempeño de la red.</li> <li>• La pérdida de paquetes se minimiza con TCP.</li> <li>• Infraestructura de CDN amplia.</li> <li>• Omnipresencia de Web en el PC y en los dispositivos móviles.</li> </ul>
Amenazas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que se desarrolle una mejor tecnología.</li> <li>• Que los principales desarrolladores dejen de usar este tipo de formatos de <i>streaming</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Principales proveedores usan este tipo de formatos.</li> <li>• Nuevas investigaciones en favor de fortalecer este tipo de <i>streaming</i>.</li> <li>• Líderes del mercado apoyando la estandarización.</li> <li>• El tráfico de este tipo está creciendo</li> <li>• Modelos de distribución mayormente extendidos (más HD y SW trabajan con HTTP)</li> </ul>

## 5 Definición de parámetros de Calidad de Servicio/Experiencia

Los proveedores de servicios deben monitorear constantemente como perciben sus usuarios al mismo, independientemente de si son servicios de pago o no, siempre se debe apuntar a **brindar servicios con la mejor calidad posible**, ya que esto contribuye a tener una mayor cantidad de usuarios.

Los usuarios por supuesto somos más exigentes con los servicios de pago, y en el caso de proveedores de servicio de vídeo la tendencia es compararlos con servicios ofrecidos bajo redes tradicionales o gestionadas (IPTV), es decir esperamos al menos la misma calidad de servicio que nos ofrecen aquellos operadores.

Por tanto los proveedores de servicios de vídeo OTT, deberán tener muy en cuenta la calidad con la que brindan sus servicios si esperan que funcione su modelo de negocio.

Al hablar de calidad se puede nombrar dos términos: la **QoS** (*Quality of Service*), relacionada con parámetros de rendimiento de la red y que pueden ser medibles de forma cuantitativa, y la **QoE** (*Quality of Experience*), vinculada con las percepciones y expectativas de los usuarios, es decir con el grado de satisfacción obtenido al consumir los servicios, ésta particularmente es compleja de medir, pero se puede hablar de ella de forma cualitativa. El objetivo de los proveedores de servicios debe ser intentar relacionar los indicadores que pueden medir directamente con lo que los usuarios esperan, definir adecuadamente los parámetros del servicio, y monitorear constantemente la evolución de esas decisiones, y repetir nuevamente el procedimiento buscando mejoras.

### 5.1 Lista de prestaciones de los parámetros de calidad.

En el modelo de especificación de servicio por componentes expuesto en la figura 16 propuesto en clase de la asignatura Aplicaciones y Servicios Avanzados de Internet, se definen los parámetros que habrán de tener los servicios de vídeo por internet para ofrecer calidad al usuario final

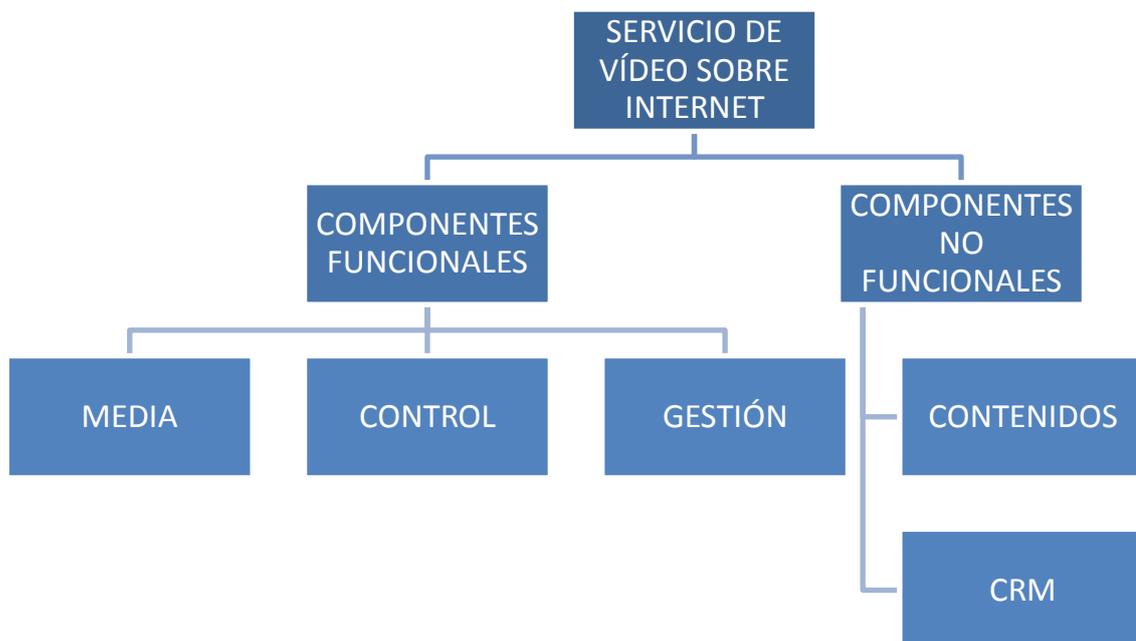


Figura 16. Modelo de especificación de servicio por componentes [14]

Cada componente, tiene a su vez sub-componentes, a continuación podemos observar a los **componentes funcionales**, iniciando con el de contenido Multimedia (*Media*).

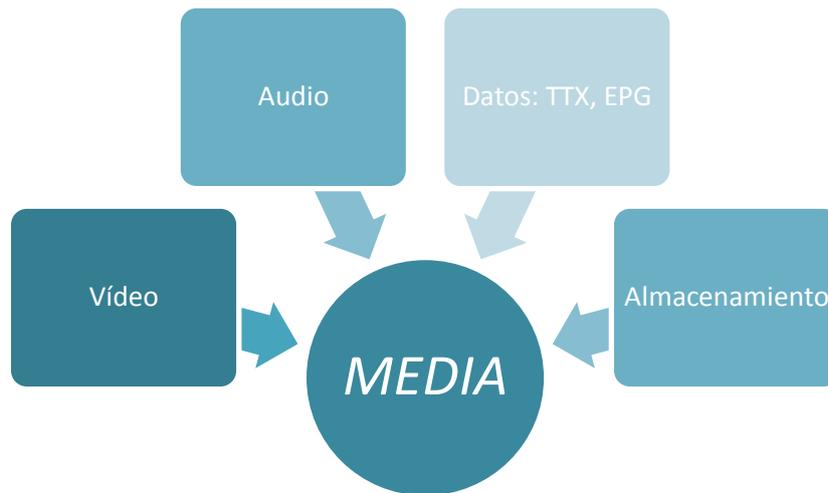


Figura 17. Subcomponentes del contenido Multimedia

Estos sub-componentes a su vez se dividen en parámetros, como los Formatos y Calidad de Imagen, a los que pretendemos dar valores numéricos, especialmente a los más relevantes.

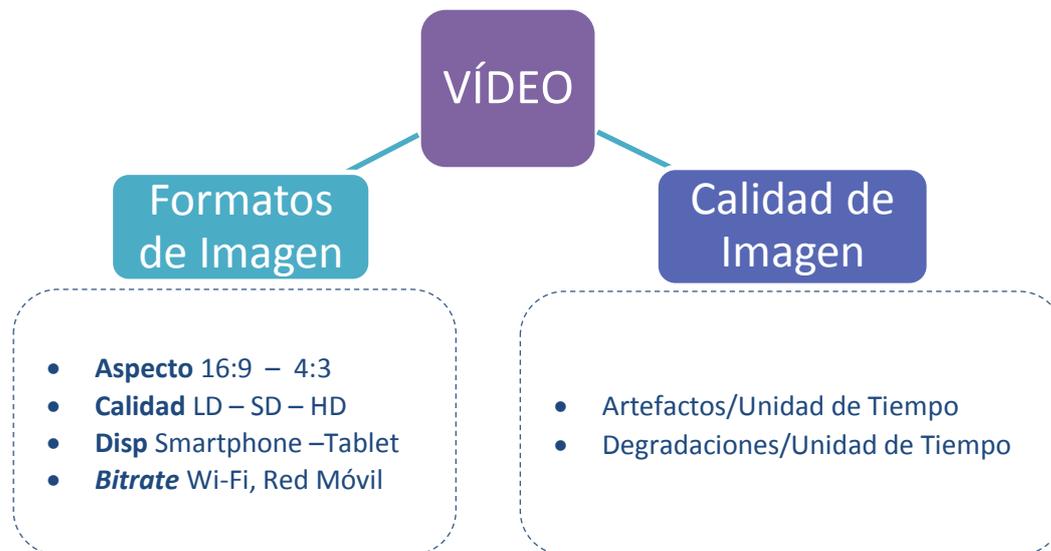


Figura 18. Elementos del subcomponente Vídeo [14]

De igual manera los sub-componentes del contenido multimedia a su vez se dividen en elementos, como los Formatos y Calidad de Audio.



Figura 19. Elementos del subcomponente Audio

Tomando como referencia estos modelos, se propone una **lista de prestaciones** con valores numéricos aplicables a los componentes más relevantes que se identifican en el consumo de vídeo en dispositivos móviles.

Tabla 7. Lista de parámetros de Audio / Vídeo Streaming				
	Parámetro	Unidades	Umbrales	Comentarios
Formato (imagen / audio)	Resolución Video (R)	Pixeles	$R \geq 640 \times 480$	Considerando la SDTV
	Calidad Audio (Au)	Kbps	$Au \geq 128$	Valor típico empleado
	<i>Bitrate</i> (BC)	Kbps	$BC > 200 \text{ kbps}$	Para la red Celular
	<i>Bitrate</i> (BWi)	Kbps	$BWi > 600 \text{ kbps}$	Para Wi-Fi
Calidad (imagen / audio)	Disponibilidad (D)	%	$D > 99,9$	Máximo 1 min al día fuera de servicio
	Número medio de interrupciones por hora (M)	Interrupciones / hora	$M \leq 2$	Considerando que las interrupciones no se convierten en la pérdida total del servicio
	Número de fallos de sincronización por hora (SYN)	Fallos / hora	$SYN \leq 2$	Consideramos un fallo de sincronización cuando existe un desfase entre audio y video superior a cierto valor.
	Pixelado, Congelamientos (P)	Fallos/hora	$P \leq 2$	Durante un programa.

Por su parte el componente de **Control** está constituido por varios subcomponentes como se puede apreciar en la siguiente figura.



Figura 20. Subcomponentes de Control de contenido

Tabla 8. Lista de parámetros de Control			
Parámetro	Unidades	Umbrales	Comentarios
Sintonización EPG/ <i>Zapping</i> (Tz)	Segundos	$Tz < 3$	<i>Zapping</i>
Facilidad de navegación en la guía de contenido (Fg)	-	$Fg > Fg_{\text{competidor}}$	Comparado con el principal competidor
Tiempo medio en cargar el contenido (Tc)	Segundos	$Tc \leq 3$	Relacionado directamente a la calidad y velocidad de conexión del usuario
Sistema de recomendación (SR)	Recomendaciones / usuario	$SR \geq 3$	Debería entregar al usuario al menos 3 posibles programas de entretenimiento.
<i>Trick Modes</i> (TM)	Número de opciones	$TM \geq 2$	Disponga de Play, Pause, adelantar el vídeo

Sobre el componente de Gestión, se lo define usando el modelo FCAPS (*Fault, Configuration, Accounting, Performance, Security*) que son las tareas de gestión de la red a las que se dedica el equipo técnico del proveedor. Dentro de este entorno se puede introducir términos de gobierno de TI para que se use las mejores prácticas de la industria, como ITIL, COBIT para gestionar adecuadamente los servicios que brinda este departamento y alinearlos a la estrategia del negocio. Para este componente no se han definido valores.

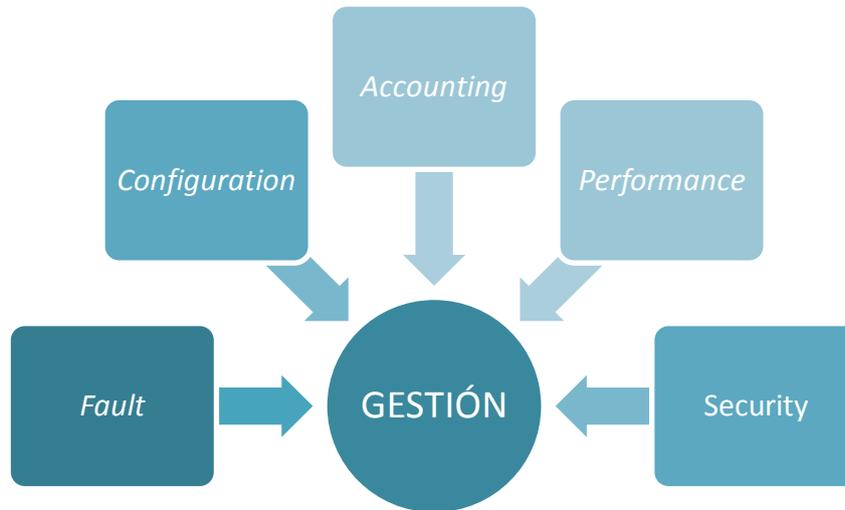


Figura 21. Subcomponentes de Gestión de contenido

Dentro de los componentes No Funcionales principalmente podemos hablar de los contenidos que dispondrá el proveedor

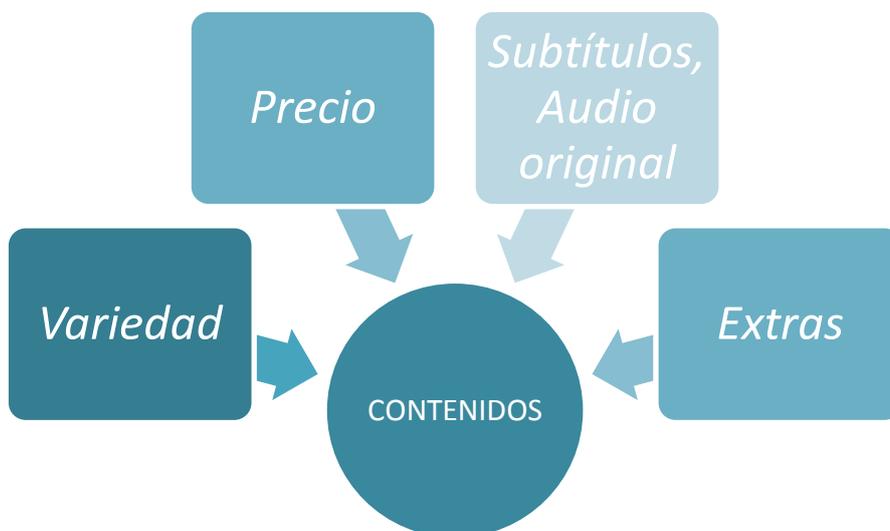


Figura 22. Subcomponentes de Contenidos

Tabla 9. Lista de parámetros de Contenidos			
Parámetro	Unidades	Umbrales	Comentarios
Variedad (Va)	-	$Va > V_{a \text{ competidor}}$	Comparado con el principal competidor.
Precio (Pr)	-	$Pr < Pr \text{ competidor}$	Comparado con el principal competidor.
Contenidos en el idioma del usuario (Co)	%	$Co \geq 100$	Considerando un segmento de mercado específico
Audio original (A)	Audio / programa	$A > 20\%$	Considerando A como el total de contenidos
Subtítulos en idiomas específicos (S)	Subtítulos / programa	$S \geq 1$	Considerando que el valor de 1 representa el subtítulo del idioma nativo.
Información adicional del programa observado (I)	Información / programa	$I \geq 4$	Considerando que el valor de 4 significa que por lo menos deberían existir dos datos adicionales acerca del programa (año de grabación, género, reparto, lugares, etc.)

## 6 Modelado de Perfiles de tráfico

En esta sección vamos a identificar a los usuarios, intentando identificar sus comportamientos y tendencias de uso.

### 6.1 Población de usuarios según criterios relevantes al tráfico requerido.

Partimos del hecho que con la evolución de la tecnología y el acceso a internet han cambiado entre otras cosas, nuestros **hábitos de consumo de:** servicios, de comunicación, profesionales, de ocio, etc. Podemos realizar varias actividades en cualquier instante con nuestros dispositivos conectados a internet tanto fijo como móvil. La preferencia de qué dispositivo usar para acceder a internet, depende de cada usuario y del instante de tiempo del día. Aunque hay esfuerzos por determinar las tendencias de uso, es complejo aseverar que este comportamiento sea general. Un

estudio realizado por el grupo *iab spain research* en el 2012 sobre algunos usuarios en España intenta mostrar un tendencia que se puede observar en la siguiente gráfica.

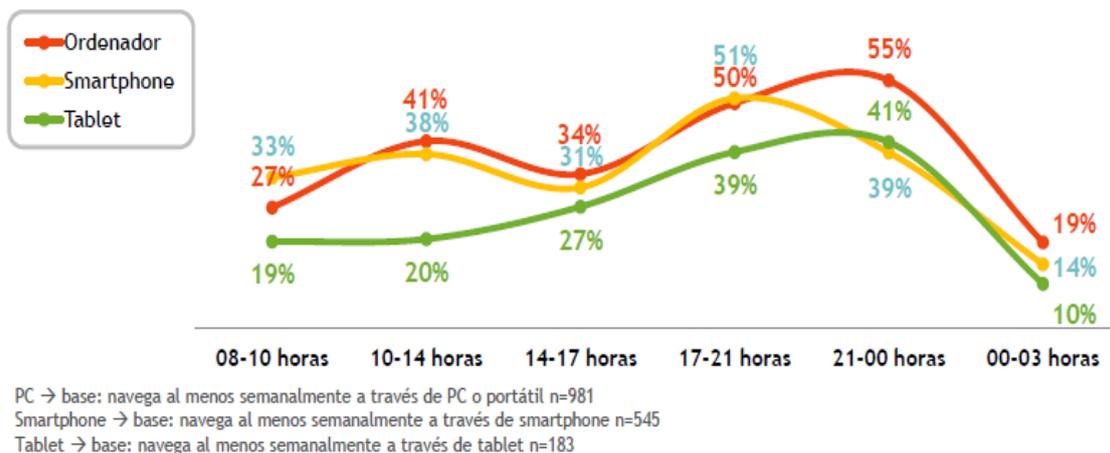


Figura 23. Porcentaje de usuarios del dispositivo en determinada franja horaria. [15]

En base a esta idea se podría obtener ciertos perfiles de usuario. Conocemos también que el observar vídeos desde dispositivos móviles no es la única tarea que se realiza desde los mismos, de hecho las principales actividades en ciertos grupos es el estar conectado a redes sociales. En este mismo estudio realizado en España, se indica que el 56% de usuarios de redes sociales, acceden a ellos a través de sus dispositivos móviles. En esta estadística se menciona que YouTube es considerada una red social y que acceden a ésta un 54% del porcentaje anterior.

Otros estudios realizados por *ComScore* para España indican que el consumo de video desde el móvil ha crecido considerablemente respecto del año anterior, situando a los sitios de Google en primer lugar (Youtube representa el 99,2% de éstos) [16]. Con estas cifras podemos decir que los usuarios de redes móviles prefieren los contenidos de corta duración, esto de cierta forma tiene sentido en cierto tipo de personas que accede a estos servicios en sus ratos libres a lo largo del día, es decir: cuando se transporta de un lugar a otro, en un corto descanso, etc. Sin embargo tampoco descartamos el hecho de que también se consuma contenido de larga duración desde dispositivos móviles, por supuesto esto dependerá del tipo de usuario y del tiempo que disponga.

Vamos a utilizar el modelo W<sup>5</sup>H para obtener algunos perfiles de usuario.

- **What:** Qué uso hace de Video (*Live* o VoD).
- **When:** La distribución horaria del visionado.
- **Why:** Por qué vídeo streaming en móvil vs. Alternativas.
- **Where:** Dónde hace uso del servicio.

- **Who:** Perfiles de usuario.
- **How:** qué terminal, qué red de usuario, qué interfaz a la red pública dispone.

Bajo estas condiciones se plantean dos perfiles de usuarios por rangos de edad y dos perfiles por comportamiento.

- Por grupos por edad
  - **Usuarios entre 18 y 35 años.** En este grupo se encuentran mayoritariamente estudiantes universitarios y de posgrado con alta presencia en redes sociales, en donde consiguen y se enteran de gran parte del contenido que luego consumen.
  - **Usuarios entre 36 y 59 años.** En este grupo se encuentran mayormente profesionales, que tienen gusto sobre ciertas series y películas que de pronto no alcanzaron a ver en sus televisores o que no le gusta al resto de integrantes de su familia y por tanto los consume solos.
- Por comportamiento
  - **Geeks.** En este grupo se encuentran los apasionados por la tecnología y por explotar al máximo las capacidades de los terminales. Tienden a ser los primeros en consumir y compartir nuevos videos.
  - **Promedio.** Es un usuario que tiende a consumir videos que le han compartido o que encuentra mientras navega ocasionalmente por sus redes sociales.

## 6.2 Servicios requeridos y patrones de uso.

La siguiente tabla resume el tipo de perfil, respondiendo al modelo antes mencionado.

<b>Tabla 10. Perfiles de usuarios</b>				
<b>WHO</b>	<b>18 - 35 años</b>	<b>36 - 59 años</b>	<b>Geeks</b>	<b>Promedio</b>
<b>WHAT</b>	Streaming de corta y larga duración: Videos musicales, cortos de programas, series, Deportes en vivo	Streaming de larga duración: Series, películas, deportes en vivo	Streaming de corta y larga duración: Cortos de programas, videos variados, series	Streaming de corta: Videos musicales, cortos de programas
<b>WHERE</b>	En la Universidad, En casa, Medios de transporte, Bares, Centros comerciales	En casa, Medios de transporte	En todo sitio	Medios de transporte, En casa
<b>WHEN</b>	En los descansos entre cada clase de lunes a viernes: de 11:00 - 19:00. Cuando se dirige a la universidad y regresa a casa: de 8:00-9:00, 14:00-15:00, 19:00-20:00. En bares de jueves a sábado de 21:00-24:00. En Centros comerciales el fin de semana: de 16:00-23:00	En casa: de lunes a viernes: de 21:00 - 24:00. En Medios de transporte: de 8:00-9:00, de 19:00-20:00	A toda hora posible, mientras les es posible. En horarios similares al grupo de edad pero adicionando de lunes a sábado de 22:00-24:00	Cuando le comparten cosas que ver. En medios de transporte Entre lunes y viernes: de 8:00-9:00, 14:00-15:00, 19:00-21:00. En casa: entre lunes a viernes: de 21:00 - 24:00.
<b>WHY</b>	Movilidad, Distracción en tiempo libre	Movilidad, Complemento	Movilidad, Exclusividad, primero en probar, compartir experiencias	Movilidad
<b>HOW</b>	Principalmente Smartphone, en segundo plano Tablet	Principalmente Tablet	Tablet, Smartphone	Smartphone

## 7 Conclusiones

Luego del análisis realizado en este documento sobre los servicios de vídeo móvil OTT podemos concluir que:

- En un ambiente tan competitivo como el de hoy, es indispensable brindar servicios que cubran las expectativas del usuario, es por eso que los proveedores de servicios deben gestionar adecuadamente la QoS y la QoE y sus relaciones, solo de esa forma podrán mantenerse en el mercado independientemente de si sus servicios son de pago o no.
- Los operadores de redes móviles tienen una tarea complicada en el dimensionamiento de sus redes en vista del crecimiento acelerado en el tráfico de datos y en el número de usuarios con *smartphones* y *tablets*.
- De momento y mientras la aparición de LTE no entre en operación a nivel global, muchos usuarios apenas tienen la oportunidad cambian su forma de acceder a internet a través de Wi-Fi en lugar de mantenerse en la red móvil, por un lado porque dejan de consumir bytes de su paquete limitado y por otro porque puede obtener mejores velocidades de carga y descarga de datos.
- El uso de *adaptive streaming* es cada vez más popular en proveedores de servicios de vídeo móvil OTT debido a la escalabilidad que presenta el usar el protocolo HTTP como motor.
- Es posible que aparezcan nuevos modelos de negocio en los que el operador de red móvil también se convierta en productor de contenidos, con el fin de hacerse más atractivo a nuevos usuarios y mantener los actuales.
- Si las redes móviles ofrecieran las mismas velocidades que las Wi-Fi y no tuvieran límite en el volumen de consumo, probablemente no fuera necesario conectarse a las Wi-Fi.

## Bibliografía

- [1] YouTube, «YouTube.com,» 2012. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/yt/press/es/statistics.html>.
- [2] Cisco, «Cisco visual networking index: Global mobile data traffic forecast update 2012-2017,» February 2013.
- [3] H Moustafa, N Maréchal, France Telecom, S Zeadally, University of District of Columbia, «Mobile Multimedia Applications: Delivery Technologies,» *IEEE Computer Society*, pp. 12-21, Septiembre 2012.
- [4] Ali C. Begen, Tankut Akgul, and Mark Baugher, «Watching Video over the Web,» *IEEE Internet Computing*, 2011.
- [5] A. C. Begen, Escritor, *IPTV, Internet Video and Adaptive Streaming Technologies*. [Performance]. Cisco, 2012.
- [6] Microsoft, «IIS,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.iis.net/learn/media/smooth-streaming/smooth-streaming-deployment-guide>.
- [7] apple Inc, «HTTP Live Streaming Overview,» Abril 2011.
- [8] Adobe, «HTTP Dynamic Streaming Datasheet».
- [9] ISO/IEC, «Transparent end-to-end Packetswitched Streaming Service (PSS); Progressive Download and Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (3GP-DASH),» 2012.
- [10] Thomas Stockhamme, Michael G. Luby, «Dash in mobile networks and services,» *Visual Communications and Image Processing*, pp. 1 - 6, Noviembre, 2012.
- [11] Zhijie Shen, Jun Luo, Roger Zimmermann, Athanasios V. Vasilakos, «Peer-to-Peer Media Streaming: Insights and New Developments,» *Proceedings of the IEEE*, pp. 2089 - 2109, Diciembre 2011.
- [12] Mark Watson, «HTTP Adaptive Streaming in practice,» *ACM MMSys*, Febrero 2011.
- [13] David Lecompte, Frédéric Gabin, «Evolved Multimedia Broadcast/Multicast

Service (eMBMS) in LTE-Advanced: Overview and Rel-11 Enhancements,» *IEEE Communications Magazine*, Noviembre 2012.

- [14] Francisco González, *Vídeo y TV sobre Internet Especificación de servicio de Vídeo-TV sobre Internet desde la percepción de usuario*, Madrid: Aplicaciones y Servicios Avanzados de Internet, Octubre 2012.
- [15] iab spain research, «IV Estudio anual Redes Sociales,» Madrid, Enero 2013.
- [16] comScore, «Spain Digital future in focus 2013,» Madrid, Abril 2013.