



## **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA IMS (IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM) Y DISEÑAR UN SERVICIO DE TRANSMISIÓN MULTIMEDIA DE VIDEO MEDIANTE OPEN IMS CORE PARA EVALUAR EL TRÁFICO UNICAST Y MULTICAST.**

**EDGAR EDISON BARRAGÁN DEL POZO**

Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

**MAGÍSTER EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES**

**RIOBAMBA - ECUADOR**

Agosto 2019

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICACIÓN:**

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad **Proyectos de Investigación y Desarrollo**, denominado: “ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA IMS (IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM) Y DISEÑAR UN SERVICIO DE TRANSMISIÓN MULTIMEDIA DE VIDEO MEDIANTE OPEN IMS CORE PARA EVALUAR EL TRÁFICO UNICAST Y MULTICAST.”, de responsabilidad del Señor Edgar Edison Barragán Del Pozo ha sido minuciosamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal:

-----

Tribunal:

Ing. José Enrique Guerra Salazar; M.Sc

**PRESIDENTE**



FIRMA

Ing. Silvia Lorena Morales Noriega; M.Sc

**DIRECTORA**



FIRMA

Ing. Marco Vinicio Ramos Valencia; M.Sc

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



FIRMA

Ing. Jonny Israel Guaiña Yungán; M.Sc

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



FIRMA

Riobamba, Agosto 2019

## DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Edgar Edison Barragán del Pozo, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del mismo pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



---

Barragán del Pozo Edgar Edison

CI: 0201509692

©2019, Edgar Barragán del Pozo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Edgar Edison Barragán del Pozo, declaro que el presente proyecto de investigación, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este proyecto de investigación de maestría.



---

Barragán del Pozo Edgar Edison

CI: 0201509692

## **DEDICATORIA**

Una vez alcanzado un objetivo más en mi vida deseo consagrar el esfuerzo y sacrificio de este trabajo a mis queridos y apreciados padres Franklin y Nelly quienes con su apoyo incondicional me han guiado en todo y forjado siempre por el camino del bien durante toda mi vida.

A mis hermanos Tatiana, Froilán y Nelly, quienes de una u otra manera me han brindado su apoyo para alcanzar mis objetivos, y por ultimo dedico este trabajo a un ser tan especial como es mi hijo Joan Alexander a quien siempre llevare en mi mente y corazón.

***Edgar Edison Barragán del Pozo.***

## **AGRADECIMIENTO**

En este trabajo de tesis en primer lugar agradezco a mi querido Dios por darme vida, salud, energía y sobre todo muchas ganas de superación.

A mi querida Institución ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO por brindarme la dichosa oportunidad de haber estudiado el pregrado y hoy el postgrado y donde he vivido los mejores momentos de mi vida que perduraran por siempre en mí.

A mi directora de Tesis, Ing. Silvia Lorena Morales Noriega, a los Miembros Ing. Marco Vinicio Ramos Valencia e Ing. Jonny Israel Guaiña Yungán, quienes, con sus conocimientos, experiencia, y su motivación han sabido guiarme para poder alcanzar los objetivos propuestos.

Del mismo modo agradezco a todos los profesores de cada materia impartida durante el programa de estudio quienes han contribuido con sus conocimientos para mi formación y de sobre manera un fraterno agradecimiento al Ing. Oswaldo Geovanny Martínez Guashima Coordinador de la maestría quien ha sabido guiarnos por el camino del bien durante el lapso de estudio.

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

**IMS:** IP Multimedia Subsystem  
**CIF:** Código de Identificación Fiscal  
**GPRS:** General Packet Radio Services  
**GSM:** Global Mobile System  
**IPTV:** Internet Protocol Television  
**NGN:** Next Generation Networking  
**SIP:** Session Initiation Protocol  
**IETF:** Internet Engineering Task Force  
**UE:** User Equipment  
**UMTS:** Universal Mobile Telecommunications System  
**QoE:** Quality of Experience  
**VLC:** Reproductor de video y audio digital  
**VoIP:** Voice over IP  
**WiFi:** Wireless Fidelity (IEEE 802.11b)  
**WiMax:** Worldwide Interoperability for Microwave Access  
**RTSP:** Real-Time Streaming Protocol  
**DSP:** Description Service Protocol  
**CATV:** Community Antenna Television  
**PSTN:** Public Switched Telephone Network  
**AS:** Application Server.  
**CSCF:** Call Session Control Function.  
**DNS:** Domain Name System.  
**E-CSCF:** Emergency Call Session Control Function.  
**HSS:** Home Subscriber Subsystem.  
**IMS:** IP Multimedia Subsystem.  
**IP:** Internet Protocol.  
**I-CSCF:** Interrogating Call Session Control Function.  
**IPTV:** Internet Protocol Television.  
**LTE:** Long Term Evolution.  
**NGN:** Next Generation Networking.  
**P-CSCF:** Proxy Call Session Control Function.  
**RTP:** Real-time Transport Protocol.  
**RTCP:** RTP Control Protocol.  
**S-CSCF:** Serving Call Session Control Function.  
**SDP:** Session Description Protocol.

**TISPAN:** Telecommunication and Internet Converged Services and Protocols for Advanced Networks

**UMTS:** Universal Mobile Telecommunications System.

**UDP:** User Datagram Protocol.

**MOS:** Puntuación de Opinión Medida

**FMS:** Sistema de Monitorización Flexible

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ABREVIATURAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xvi</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>xvii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xviii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xix</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Antecedentes</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2 Formulación de Problema</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 Preguntas Directrices</b> .....	<b>2</b>
<b>1.4 Justificación del Problema</b> .....	<b>3</b>
1.4.1 Justificación Teórica.....	3
1.4.2 Justificación Práctica .....	3
<b>1.5 Objetivos de la Investigación</b> .....	<b>4</b>
1.5.1 Objetivo General.....	4
1.5.2 Objetivos Específicos .....	4
<b>1.6 Hipótesis</b> .....	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>6</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1 Redes de Siguiete Generación.</b> .....	<b>6</b>
2.1.1 Definición de NGN.....	6
2.1.2 Características de NGN.....	7
2.1.3 Arquitectura de NGN.....	7
<b>2.2 IP Multimedia Subsystem (IMS)</b> .....	<b>9</b>
2.2.1 Definición de IMS .....	9

2.2.2	<i>Arquitectura IMS</i> .....	9
2.2.2.1	<i>Capa de Aplicación/Servicio</i> .....	10
2.2.2.2	<i>Capa de Control:</i> .....	11
2.2.2.3	<i>Capa de Transporte y Acceso</i> .....	12
2.2.3	<i>Servicios de IMS</i> .....	12
2.2.4	<i>Características de IMS</i> .....	13
<b>2.3</b>	<b><i>Open IMS Core.</i></b> .....	<b>14</b>
<b>2.4</b>	<b><i>Cliente IMS.</i></b> .....	<b>15</b>
<b>2.5</b>	<b><i>Streaming</i></b> .....	<b>16</b>
2.5.1	<i>Tipos de Streaming</i> .....	16
2.5.2	<i>Streaming de Video</i> .....	17
2.5.3	<i>Streaming de Video Unicast</i> .....	18
2.5.4	<i>Streaming de Video Multicast</i> .....	19
2.5.5	<i>Streaming de Video Broadcast</i> .....	19
<b>2.6</b>	<b><i>Protocolos de Comunicación.</i></b> .....	<b>20</b>
<b>2.7</b>	<b><i>Protocolo SIP</i></b> .....	<b>20</b>
<b>2.8</b>	<b><i>Protocolo RTSP</i></b> .....	<b>21</b>
<b>2.9</b>	<b><i>Protocolo SDP</i></b> .....	<b>22</b>
<b>2.10</b>	<b><i>Protocolos RTP y RTCP.</i></b> .....	<b>22</b>
<b>2.11</b>	<b><i>Protocolo UDP</i></b> .....	<b>23</b>
	<b><i>CAPÍTULO III</i></b> .....	<b>24</b>
<b>3.</b>	<b><i>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</i></b> .....	<b>24</b>
<b>3.1</b>	<b><i>Tipo de Investigación</i></b> .....	<b>24</b>
<b>3.2</b>	<b><i>Diseño de la Investigación</i></b> .....	<b>24</b>
<b>3.3</b>	<b><i>Métodos de Investigación</i></b> .....	<b>24</b>
3.3.1	<i>Método Inductivo</i> .....	24
3.3.2	<i>Método Deductivo</i> .....	25
3.3.3	<i>Método Analítico</i> .....	25
3.3.4	<i>Método Científico</i> .....	25
<b>3.4</b>	<b><i>Enfoque de la Investigación</i></b> .....	<b>25</b>

<b>3.5 Alcance de la Investigación .....</b>	<b>26</b>
4.5.1 Explicativo .....	26
4.5.2 Correlacional.....	26
<b>3.6 Población de Estudio .....</b>	<b>26</b>
<b>3.7 Unidad de Análisis .....</b>	<b>26</b>
<b>3.8 Tamaño de la Muestra .....</b>	<b>26</b>
<b>3.9 Técnica de Recopilación de datos Primarios y Secundarios .....</b>	<b>27</b>
<b>3.10 Identificación de Variables.....</b>	<b>28</b>
3.10.1 Variable Independiente.....	28
3.10.2 Variable Dependiente.....	28
3.11 Operacionalización de Variables.....	28
<b>3.12 Instrumentos de Recolección de datos Primarios y Secundarios .....</b>	<b>30</b>
<b>3.13 Instrumentos para Procesar datos Recopilados .....</b>	<b>30</b>
<b>3.14 Diseño de Escenarios.....</b>	<b>31</b>
3.14.1 Diseño del Streaming de Video Utilizando Open IMS Core.....	31
3.14.1.1 Registro del Servidor de Streaming de Video en Open IMS Core.....	33
3.14.1.2 Registro de Clientes en la red IMS .....	34
3.14.1.3 Inicio de Sesiones entre Cliente y Servidor Streaming de Video.....	36
3.14.1.4 Envío de Comandos del Cliente IMS al Servidor streaming de Video .....	37
3.14.1.5 Envío de Contenido Multimedia del Servidor de Video al Cliente IMS .....	37
3.14.1.6 Finalización de Sesión entre Cliente y Servidor .....	39
3.14.2 Diseño del Streaming de Video Utilizando VLC .....	39
<b>3.15 Descripción de los Criterios de Evaluación y sus Parámetros.....</b>	<b>41</b>
<b>3.16 Ponderación de Evaluación.....</b>	<b>42</b>
3.16.1 Formatos soportados. ....	42
<b>3.17 Análisis del Streaming de Video.....</b>	<b>44</b>
3.17.1 Análisis del Streaming de Video Utilizando la Plataforma Open IMS Core .....	44
3.17.1.1 Transmisión Multicast. ....	44
3.17.1.2 Transmisión Unicast.....	45
3.17.1.3 Porcentaje de Uso de CPU y Memoria RAM Caso Unicast .....	46
3.17.1.4 Porcentaje de Uso de CPU y Memoria RAM Caso Multicast .....	47
3.17.1.5 Análisis del Ancho de banda del Streaming de Video .....	49

3.17.1.6	<i>Análisis de Pérdida de Paquetes</i> .....	51
3.17.2	<i>Análisis del Streaming de Video Utilizando el Servidor VLC</i> .....	53
3.17.2.1	<i>Transmisión de Video Multicast con VLC</i> .....	53
3.17.2.2	<i>Transmisión de Video Unicast con VLC</i> .....	54
3.17.2.3	<i>Porcentaje de Uso de CPU y Memoria RAM Caso Unicast con VLC</i> .....	55
3.17.2.4	<i>Porcentaje de Uso de CPU y Memoria RAM Caso Multicast con VLC</i> .....	55
3.17.2.5	<i>Análisis del Ancho de Banda del Streaming de Video con VLC</i> .....	57
3.17.2.6	<i>Análisis de Perdida de Paquetes</i> .....	59
3.18	<b>Procesamiento y Análisis de los Indicadores de la Variable Independiente</b> .....	60
<b>CAPÍTULO IV</b> .....		61
4.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	61
4.1	<b>Resultados Obtenidos</b> .....	61
4.1.1	<i>Comparación de Datos del Uso de CPU y Memoria RAM Caso Unicast de Transmisión Multimedia de Video Utilizando Open IMS Core Vs Transmisión Multimedia de Video Utilizando VLC</i> .....	61
4.1.2	<i>Comparación de Datos del Uso de CPU y Memoria RAM Caso Multicast de Transmisión Multimedia de Video Utilizando Open IMS Core Vs Transmisión Multimedia de Video Utilizando VLC</i> .....	62
4.1.3	<i>Comparación del Ancho de Banda de la Transmisión Multimedia de Video Utilizando Open IMS Core Vs Transmisión Multimedia de Video Utilizando VLC</i> .....	63
4.2	<b>Comprobación de la Hipótesis</b> .....	64
4.2.1	<b>Comprobación de la Hipótesis Usando Coeficiente de Correlación</b> .....	64
4.2.1.1	<i>Operacionalización Conceptual de Variables</i> .....	65
4.2.1.2	<i>Indicadores de la Variable Independiente</i> .....	65
4.2.1.3	<i>Indicadores de la Variable Dependiente</i> .....	66
4.2.1.4	<i>Coeficiente de Correlación de Pearson</i> .....	69
4.2.1.5	<i>Cálculo del Coeficiente de Pearson</i> .....	73
<b>CONCLUSIONES</b> .....		75
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		76
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b> .....		77
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....		78

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1-2: Red de Siguiete Generación</i> .....	7
<i>Figura 2-2: Arquitectura NGN</i> .....	8
<i>Figura 3-2: Arquitectura IMS</i> .....	10
<i>Figura 4-2: Componentes Open IMS Core</i> .....	14
<i>Figura 5-2: Cliente IMS</i> .....	16
<i>Figura 6-2: Flujo de Control y de Transporte Multimedia</i> .....	17
<i>Figura 7-2: Transmisión Unicast</i> .....	18
<i>Figura 8-2: Servidor Multicast</i> .....	19
<i>Figura 9-2: Servidor Broadcast</i> .....	20
<i>Figura 10-2: Protocolo SIP</i> .....	21
<i>Figura 11-3: Esquema de Escenario de Streaming de Video con IMS Core</i> .....	32
<i>Figura 12-3: El Servidor se Registra en IMS</i> .....	33
<i>Figura 13-3: Registro del Servidor en IMS Core</i> .....	34
<i>Figura 14-3: Clientes en la Base de Batos de Open IMS Core</i> .....	34
<i>Figura 15-3: El Cliente edgarbp se Registra en IMS</i> .....	35
<i>Figura 16-3: Registro de Cliente en IMS</i> .....	35
<i>Figura 17-3: Inicio Sesión entre Cliente y Servidor</i> .....	36
<i>Figura 18-3: Servidor Acepta Petición a Cliente</i> .....	36
<i>Figura 19-3: Comandos para Manipular el Video</i> .....	37
<i>Figura 20-3: Contenido SDP del mensaje INVITE</i> .....	37
<i>Figura 21-3 Cliente envíe el comando PLAY</i> .....	38
<i>Figura 22-3: Video Transmitido</i> .....	38
<i>Figura 23-3: Finalización de sesión entre cliente y servidor</i> .....	39
<i>Figura 24-3: Esquema de Escenario de Streaming de Video con VLC</i> .....	40
<i>Figura 25-3: Streaming Multicast con VLC</i> .....	41
<i>Figura 26-3 Inicialización de librería LIVE555 Media Server</i> .....	43
<i>Figura 27-3: Tramas Multicast</i> .....	45

<i>Figura 28-3: Tramas Unicast .....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 29-3: Porcentaje de Uso de CPU y Memoria RAM Caso Unicast .....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 30-3: Porcentaje de Uso de CPU y Memoria RAM Caso Multicast.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 31-3: Análisis de Recursos del servidor - Tipo Streaming – Número de Clientes ..</i>	<i>48</i>
<i>Figura 32-3: Ancho de Banda en la red LAN .....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 33-3: Resultados Calidad de Video (MOS) vs Ancho de Banda .....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 34-3: Resultados de Perdida de Paquetes en Transmisión de Video Utilizando IMS Core</i>	<i>52</i>
<i>Figura 35-3: Tramas Multicast en VLC.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 36-3: Streaming Unicast con VLC .....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 37-3: Porcentaje de Uso de CPU y Memoria RAM Caso Unicast con VLC .....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 38-3: Porcentaje de Uso de CPU y Memoria RAM Caso Multicast.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 39-3: Análisis de Recursos del Servidor - Tipo Streaming – Número de Clientes con VLC</i>	<i>56</i>
<i>Figura 40-3: Resultados Calidad de Video (MOS) vs Ancho de Banda con VLC.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 41-3: Resultados de Perdida de Paquetes en Transmisión de Video Utilizando VLC</i>	<i>59</i>
<i>Figura 42-4: Comparación de Resultados de Uso del CPU y RAM en Trasmisión con IMS Core vs VLC Caso Unicast.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 43-4: Comparación de Resultados de Uso del CPU y RAM en Trasmisión con IMS Core vs VLC Caso Multicast.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 44-4: Comparación de Resultados Uso del Ancho de Banda en Trasmisión con IMS Core vs VLC .....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 45-4: Comparación de Parámetros en Trasmisión con IMS Core vs VLC.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 46-4: Promedio de Parámetros en Trasmisión con IMS Core vs VLC .....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 47-4: Distribución Normal del Coeficiente de Pearson .....</i>	<i>73</i>

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1-3: Matriz de Consistencia</i> .....	29
<i>Tabla 2-3: Requerimientos Hardware y Software del Escenario Streaming de Video con IMS31</i>	
<i>Tabla 3-3: Requerimientos Hardware y Software del Escenario Streaming de Video con VLC</i>	39
<i>Tabla 4-3: Clasificación MOS (Medida de Opinión de Puntuación)</i> .....	42
<i>Tabla 5-3: Formatos Soportados por el Servidor Streaming de Video</i> .....	43
<i>Tabla 6-3: Parámetros de los Videos de Prueba</i> .....	50
<i>Tabla 7-3: Evaluación de calidad de video MOS para el servidor Streaming de Video</i> .....	50
<i>Tabla 8-3: Evaluación de calidad de video MOS para el servidor Streaming de Video con VLC</i>	58
<i>Tabla 9-4: Uso del CPU y RAM Streaming de Video con Open IMS Core y VLC Caso Unicast</i>	61
<i>Tabla 10-4: Uso del CPU y RAM Streaming de Video con Open IMS Core y VLC Caso Multicast</i> .....	62
<i>Tabla 11-4: Variables de la Hipótesis</i> .....	65
<i>Tabla 12-4: Parámetros a evaluar en el Servidor de Video y la Red</i> .....	69
<i>Tabla 13-4: Cuadro Comparativo del Diseño de un Servicio de Transmisión Multimedia de Video</i> .70	
<i>Tabla 14-4: Cuadros Resumen de Comparación de los Servicios de Transmisión Multimedia de Video</i> . .....	71
<i>Tabla 15-4: Cuadros de Valores para el Cálculo del Coeficiente de Pearson</i> .....	72

## ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo A. Instalación del Open IMS Core .....</i>	<i>80</i>
<i>Anexo B. Configuración de Servicios Open Ims Core .....</i>	<i>89</i>
<i>Anexo C. Código Fuente Registro del Servidor Streaming de Video en IMS.....</i>	<i>93</i>
<i>Anexo D. Registro de Servidor en Open IMS Core .....</i>	<i>94</i>
<i>Anexo E. Código Fuente Registro de Clientes en IMS .....</i>	<i>95</i>
<i>Anexo F. Registro de clientes en IMS Core.....</i>	<i>98</i>
<i>Anexo G. Inicio Sesión entre Cliente IMS y Servidor de Video .....</i>	<i>99</i>
<i>Anexo H. Envío de Comandos del Cliente IMS al Servidor.....</i>	<i>100</i>
<i>Anexo I. Envío de Contenido Multimedia desde el servidor de Video .....</i>	<i>101</i>
<i>Anexo J. Finalización de sesión entre Cliente y Servidor .....</i>	<i>102</i>
<i>Anexo K. Metodología MOS (Puntuación de Opinión Medida) .....</i>	<i>103</i>
<i>Anexo L. Configuración de Streaming de Video Multicast.....</i>	<i>105</i>
<i>Anexo M. Configuración de Streaming de Video Unicast .....</i>	<i>106</i>
<i>Anexo. N. Pandora FMS.....</i>	<i>108</i>
<i>Anexo O. Coeficiente de Correlación de Pearson .....</i>	<i>111</i>

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objeto analizar la Tecnología IMS (IP Multimedia Subsystem), y diseñar un servicio de transmisión multimedia de video mediante Open IMS Core que permita evaluar el tráfico Unicast y Multicast. Se realizó un estudio de la plataforma IP Multimedia Subsystem (IMS) cómo una Plataforma de Entrega de Servicios en la adopción de Redes de Nueva Generación (NGN). Se planteó un diseño cuasi-experimental y diseño transversal en donde se propone realizar la evaluación del tráfico de datos Unicast y Multicast en los escenarios de streaming de video utilizando Open IMS Core y utilizando VLC, se ha utilizado los métodos inductivo, deductivo, analítico y científico, donde el enfoque de la investigación es cualitativo y cuantitativo. El alcance de la investigación es correlacional. Se evaluó los dos escenarios de streaming de video mediante observaciones subjetivas desde el punto de vista del usuario final en cuanto a la calidad del video recibido utilizando el método Mean Opinion Score (MOS) para cuantificar el impacto que tiene en el usuario la presencia de fallos del servicio. Mediante el análisis de la tecnología IMS se cumplió con el diseño e implementación del prototipo de streaming de video de acuerdo a los objetivos planteados. Por tanto, la aplicación obtenida puntualiza una plataforma ejemplo para la unificación de futuros servicios de usuario final. IMS Core al ser una plataforma de código abierto y orientada principalmente a la parte educativa se recomienda hacer los análisis necesarios para que pueda ser enlazada con plataformas educativas como moodle, e informativas como joomla, drupal etc.

**Palabras claves:** TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERIA, TELECOMUNICACIONES, IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM (IMS), REDES DE NUEVA GENERACIÓN (NGN), PROTOCOLO DE INICIO DE SESIÓN (SIP), MEAN OPINION SCORE (MOS), UNICAST, MULTICAST, STREAMING.



## **ABSTRACT**

The purpose of this work is to analyze the IMS Technology (IP Multimedia Subsystem), and design a multimedia video transmission service through Open IMS Core that allows to evaluate Unicast and Multicast traffic. A study of the IP Multimedia Subsystem (IMS) platform was conducted as a Service Delivery Platform in the adoption of New Generation Networks (NGN). A quasi-experimental and a cross-sectional design were proposed where the evaluation of Unicast and Multicast data traffic in the video streaming scenarios using Open IMS Core and using VLC is proposed. The inductive, deductive, analytical and scientific methods were used and the research approach is both qualitative and quantitative. The scope of the research is correlational. The two video streaming scenarios were evaluated by subjective observations from the point of view of the end user regarding to the quality of the video received using the Mean Opinion Score (MOS) method to quantify the impact that the presence of faults in the service has on users. Through the analysis of IMS technology, the design and implementation of the video streaming prototype was fulfilled according to the objectives set. Therefore, the application obtained specifies an example platform for the unification of future end-user services. Since IMS Core is an open source platform and is oriented mainly to the educational area, it is recommended to make the necessary analyzes so that it can be linked to educational platforms such as Moodle and informative ones such as Joomla, Drupal, etc.

**Keywords:** TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES, TELECOMMUNICATIONS, IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM (IMS), NEW GENERATION NETWORKS (NGN), SESSION INITIATION PROTOCOL (SIP), MEAN OPINION SCORE (MOS), UNICAST, MULTICAST, STREAMING.



".

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día a causa de la gran evolución del Internet y la fuerte demanda de información multimedia, la transmisión de video está generando mucho interés en entidades educativas, técnicas y comerciales. Para la implementación de un servicio multimedia sus requerimientos de red son más rigurosos que para otro tipo de servicio. El decremento del ancho de banda o las alteraciones de pérdida de paquetes en el receptor, acarrearán una baja funcionalidad del servicio, con perturbaciones, mala calidad e inestabilidad muy notoria de audio y vídeo (García & Ramírez, 2014).

Las redes IMS (IP Multimedia Subsystem) son el cimiento tecnológico fundamental para elaborar redes basadas en la tecnología IP de forma eficiente, ofertando servicios y aplicaciones en la misma infraestructura IP con acceso independiente en redes fijas y móviles y así disminuyendo el coste al operador que proporciona el servicio.

La tecnología IMS es muy necesaria en la evolución de las redes anteriores a las redes basadas en IP, donde toda la información se puede transmitir en una sesión de red, ya sea voz, datos, audio o vídeo. De la misma manera contribuye en la elaboración de nuevos servicios, la convergencia y la interconexión de los mismos, basándose en un estándar de código abierto.

El servicio de streaming de video en una red conmutada de paquetes se está estandarizando ya que se basa en el control y transporte de los protocolos RTSP (Real Time Streaming Protocol), RTP (Real Time Transport Protocol), RTCP (Real Time Control Protocol) y SDP (Session Description Protocol). Los servicios integrados en tiempo real necesitan de las bases de estos protocolos (Rodríguez, López, Ferreras, & García, Servicio de Vídeo sobre redes Móviles de Nueva Generación. Telefónica Móviles, 2014).

El Instituto Fraunhofer for Open Communications Systems continúa elaborando aplicaciones del núcleo IMS usando Software Libre, lo cual facilita a los aficionados manipular las funciones que brinda IMS. Open IMS Core es una aplicación de pruebas de la plataforma IMS, de código abierto para aplicaciones académicas y productivas. El objetivo fundamental de esta aplicación es desarrollar un prototipo basándose en IMS; así como realizar pruebas y mediciones de los componentes existentes (Camarilla & García, The 3G IP Multimedia Subsystem (IMS). 2006).

## **1.1 Antecedentes**

Actualmente en nuestra sociedad se presenta un gran avance tecnológico y una fuerte demanda por parte de los usuarios, las operadoras de red no pueden continuar creciendo y ofreciendo únicamente llamadas de voz, necesitan nuevas estrategias de proveer más servicios para atraer a los usuarios, como Internet móvil mediante redes de conmutación de paquetes.

La llegada del internet de banda ancha, el gran incremento de los terminales inteligentes y la convergencia de las infraestructuras en torno a IP están provocando un cambio radical en el sector de las Telecomunicaciones. En este nuevo panorama, la tecnología IMS juega un papel clave. Los usuarios han aumentado sus exigencias y los operadores han visto la necesidad de adaptarse ante estas nuevas exigencias.

Actualmente el cambio de los modelos de las Redes de Próxima Generación (NGN) hacia una tendencia todo-IP ha remarcado las debilidades que el protocolo IP provee para: el transporte de multimedia en tiempo real, la seguridad, la calidad de servicio (QoS) entre otras. Por tanto, el desarrollo de una infraestructura IMS permitirá a los operadores de telecomunicaciones migrar de forma paulatina a un modelo horizontal de red convergente, capaz de dar soporte a todos los servicios (voz, datos, video, multimedia) tanto actuales como futuros independientemente del tipo de red desde la que accede el cliente (García & Ramírez, 2009).

Es así que nace IMS (IP Multimedia Subsystem), creando una plataforma común para desarrollar servicios multimedia para los usuarios finales.

## **1.2 Formulación de Problema**

¿Cómo fluye el tráfico de datos en un servicio de transmisión multimedia de video sobre la plataforma de comunicaciones IMS (IP Multimedia Subsystem)?

## **1.3 Preguntas Directrices**

- a. ¿Cuáles son las ventajas de utilizar Open IMS Core de software libre para determinar el comportamiento de la transmisión multimedia de video?
- b. ¿Cuál es el mejor método de analizar la interoperabilidad de la plataforma Open IMS Core con tecnologías de transmisión de video?
- c. ¿Cuál es la mejor forma de analizar el rendimiento del servicio de transmisión de vídeo sobre la plataforma Open IMS Core bajo determinados escenarios de tráfico de datos?

## **1.4 Justificación del Problema**

### ***1.4.1 Justificación Teórica***

Debido al incremento del Internet y la demanda de información multimedia, el servicio de transmisión de video ha generado un gran interés en sectores académicos, industriales, comerciales y de negocios. Los requisitos de red que requieren los servicios multimedia son más exigentes que para otro tipo de servicios. Disminuciones en el ancho de banda disponible o variaciones de latencia en recepción traen consecuencias en la calidad del servicio, con interrupciones, pérdidas de calidad y saltos muy notables de audio y vídeo.

Siendo parte y testigos del gran auge tecnológico de las dos últimas décadas y sobre todo en el área de transmisión multimedia existe la motivación a buscar soluciones técnico-académicas, eficientes, y de gran impacto social como lo es la implementación de un servicio de transmisión multimedia de video.

En el prototipo como tal se plantea realizar un análisis de la Tecnología IMS y el diseño de un servicio de transmisión multimedia de video mediante Open IMS Core.

Esta investigación se realiza con el objeto de contribuir al conocimiento existente sobre transmisión multimedia de video, como instrumento de evaluación del tráfico unicast y multicast, análisis de anchos de banda, pérdida de paquetes, cuyos resultados podrán sistematizarse en una propuesta para ser incorporado como conocimiento a las ciencias tecnológicas.

Sus aplicaciones son comerciales y educativas, pero el proyecto se centrará en las aplicaciones académicas ya que el prototipo al estar implementado bajo software libre y de código abierto puede unirse a un servidor moodle y transmitir el video referente a la cátedra que un docente imparta mediante el uso de cursos virtuales.

Entre las ventajas que ésta aplicación provee tenemos:

- El ahorro que representa la compra de equipos o servicios.
- Facilidad de instalación y operatividad.
- Gran escalabilidad y fácil actualización.
- Alto grado de confiabilidad de la información.

### ***1.4.2 Justificación Práctica***

El presente proyecto pretende realizar un estudio de la plataforma IP Multimedia Subsystem (IMS) cómo una Plataforma de Entrega de Servicios en la adopción de redes NGN. Se detalla la

construcción de un prototipo IMS. Además, el diseño e implementación del servicio de transmisión de Video usa los bloques de servicio proporcionado por el prototipo. Este trabajo analiza la relación entre los conceptos teóricos y la experiencia práctica de gestionar una plataforma IMS así como la evaluación del servidor de streaming de video y el tráfico Unicast y Multicast.

Para la implementación de dicha aplicación, es necesario un mínimo de requerimientos de hardware además del conocimiento de IMS.

Se ha utilizado la plataforma "Open IMS Core" ya que es una implementación de código abierto del núcleo de una red IMS, y consiste en un P-CSCF (Proxy - Función de Control de Sesión de Llamadas), I-CSCF (Interrogación - Función de Control de Sesión de Llamadas), S-CSCF (Servidor - Función de Control de Sesión de Llamadas), y un HSS (Servidor de Suscripción de Inicio).

Open IMS Core es un sistema multimedia IP para pruebas desarrollado por el Instituto Fraunhofer Fokus y no está concebida para aplicaciones comerciales. Este es un entorno ideal para desarrolladores que desean crear aplicaciones y servicios basados en IMS. Los componentes del CORE IMS de FOKUS están basado en el software de código abierto "SIP Express Router (SER)".

Este software no está diseñado para competir con productos comerciales y no tiene ninguna garantía debido a la carencia de: plataforma de monitoreo, plataforma de operación y mantenimiento (OAM), servidores redundantes, sistema de aprovisionamiento, seguridad etc.

## **1.5 Objetivos de la Investigación**

### **1.5.1 Objetivo General**

- Analizar la Tecnología IMS (IP Multimedia Subsystem), y diseñar un servicio de transmisión multimedia de video mediante Open IMS Core que permita evaluar el tráfico Unicast y Multicast.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Estudiar y describir la plataforma IMS (IP Multimedia Subsystem).
- Analizar los protocolos de red que intervienen en la plataforma Open IMS Core y en la transmisión de video.
- Implementar un prototipo de plataforma IMS utilizando software libre.

- Evaluar el rendimiento del servicio de transmisión de vídeo sobre la plataforma Open IMS bajo determinados escenarios de tráfico de datos.

## **1.6 Hipótesis**

Al evaluar el tráfico de datos Unicast y Multicast en el Servidor Streaming de Video, permitirá realizar un diseño óptimo de un servicio de transmisión multimedia de video.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Redes de Siguiete Generación.

Red de siguiente Generación (NGN) se presenta como la evolución de la infraestructura actual de redes de telecomunicación y acceso telefónico con el afán de lograr la convergencia tecnológica de los nuevos servicios multimedia (voz, datos, video). El principal objetivo de este tipo de redes es la transmisión de paquetes para proveer servicios integrados. Estas nuevas redes son construidas en base al protocolo IP (Internet Protocol), y de esta manera llegar al término "all-IP" frecuentemente utilizado para referirse a dicha evolución.

El inicio de las redes de cuarta generación evoluciona el sustento de elaboración y consumo de contenidos. Esta transformación se basa en el incremento de la velocidad de conexión que ofrecen dichas redes y en la aplicación de arquitecturas de red de próxima generación (NGN). Estos principios dan la facilidad al desarrollo de servicios convergentes que permiten la interrelación de servicios tradicionales sobre una misma plataforma.

En las redes de nueva generación se presenta un cambio muy notorio en los nuevos servicios multimedia ya que no pueden ser soportados por las redes tradicionales con las prestaciones de calidad, seguridad y movilidad requeridas, la elaboración de nuevos servicios debe ser rápida y competitiva.

##### 2.1.1 *Definición de NGN*

Las redes de Siguiete Generación aparecen como una solución para la convergencia de redes con interfaces de alta velocidad, con seguridad y calidad garantizadas permitiendo el despliegue de servicios tanto actuales como futuros. La Unión Internacional de Telecomunicaciones define a las NGN como: “Red por paquetes que brinda servicios de telecomunicaciones, idónea para manipular múltiples tecnologías de transporte con una calidad de servicio en donde las funciones integradas con el servicio son independientes de las tecnologías de transportes subyacentes”



**Figura 1-2: Red de Siguiente Generación**

Fuente: <http://sociedadinformacion.fundacion.telefonica.com/>

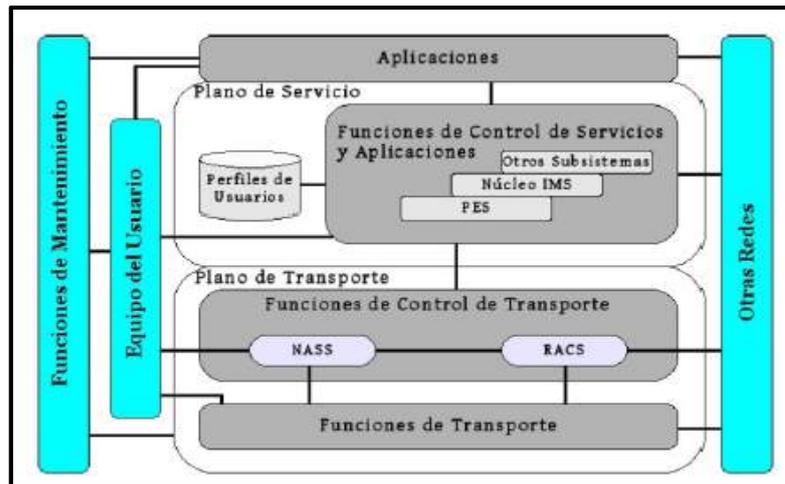
### 2.1.2 Características de NGN

Dentro de las características más relevantes de una Red de Nueva Generación tenemos:

- Provee una infraestructura para la implementación y administración de servicios actuales y futuros, identificando y retirando los servicios y las redes de transporte; es decir cuenta con una arquitectura de red horizontal apoyada en una división clara de los planos de transporte, control y aplicación.
- El plano de transporte se basa en tecnología de conmutación de paquetes IP/MPLS
- Migración de las redes actuales (PSTN, ISDN y otras) a NGN, a través de interfaces abiertos y protocolos estándares (SoftSwitch).
- Soporta servicios de diferente índole: tiempo real y no real, streaming, servicios multimedia (voz, video, texto).
- Soporta múltiples tecnologías de última milla.
- Su arquitectura permite la conexión de red basada en circuitos, paquetes y paquetes sin conexión.
- Posibilita la distribución simultánea de diferentes servicios, como telefonía, televisión, acceso a Internet, datos y más servicios de valor agregado.

### 2.1.3 Arquitectura de NGN

NGN se basa en un modelo de capas o planos independientes, transporte, control y aplicación que se encuentran interconectados entre sí a través de interfaces normalizadas.



**Figura 2-2: Arquitectura NGN**

Fuente: (Macdonald, 2009)

### **Plano de Transporte**

Este plano está comprometido a la vigilancia del transporte de información de la red. Permite la interacción de NGN con otras redes por interfaces abiertas. Se clasifica en dos subsistemas:

- Network Attachment Subsystem (NASS): Es el encargado de implantar las órdenes por las que se comunica el UE (Equipo de Usuario) con la red. Esto se obtiene por la autenticación y autorización de las configuraciones del UE unido con la asignación eficiente y reservación de recursos mediante IP. NASS se encarga de conformar la red de acuerdo a las necesidades del UE (Macdonald, 2009).
- Resource and Administration Control Subsystem (RACS): Se encarga de reservar los recursos que requiere el UE, así como la administración y control de dichos recursos. RACS esencialmente establece las políticas entre los planos de señalización, multimedia y distintos gateways para lograr reservar los recursos que requiere el usuario. Además es el responsable de administrar la creación y destrucción de dichos recursos de manera óptima (Macdonald, 2009).

### **Plano de Servicio**

Las principales secciones de este plano son los perfiles de usuario y subsistemas los cuales ofrecen los servicios. La convergencia necesita de una red inteligente que localice a usuarios más no a dispositivos. En este plano se almacena la información del usuario, los servicios en que está suscrito y la interacción con la red.

Según la perspectiva de una red, los usuarios pasan a ser un conjunto de UEs con una cifra de servicios disponibles y preferencias que describen cómo desean la entrega de los servicios. Es por ello que se incluye el perfil de los usuarios en el plano de servicio.

Los subsistemas con los que cuenta una NGN para cambiar eficientemente la entrega de servicios son el subsistema PSTN/ISDN, Emulation and Simulation (PES), IMS y otros subsistemas. Éstos no están detallados dentro de la arquitectura NGN, pero pueden ser cualquier subsistema capaz de ofrecer servicios. A continuación se describe el subsistema IP Multimedia (IMS) (Macdonald, 2009).

## **2.2 IP Multimedia Subsystem (IMS)**

IMS es un estándar internacional aún en evolución que define una arquitectura genérica para ofrecer servicios de voz sobre IP y multimedia. Es parte del núcleo de la arquitectura de redes de nueva generación NGN. Con IMS los operadores pueden combinar: la calidad y la interoperabilidad del mundo de las telecomunicaciones con el rápido e innovador desarrollo de Internet. Proporciona servicios multimedia sobre redes: PSTN, RDSI, Internet y redes móviles (GSM, CMDA, etc.) usando estándares abiertos (Lizana, 2008).

IMS hace hincapié en la convergencia, creación y entrega de servicios, interconexión de éstos y estándares abiertos. A diferencia de los sistemas celulares de Tercera Generación (3G) que ya cuentan con conectividad hacia Internet, IMS busca una mejor integración que permita el control de QoS en el tipo de contenido que se le entrega al usuario (Lizana, 2008).

### **2.2.1 Definición de IMS**

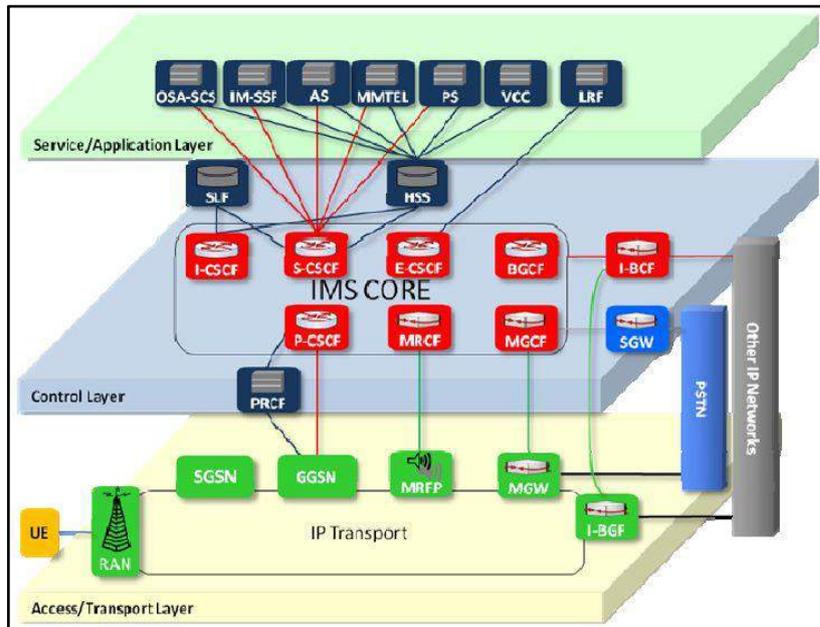
Es una especificación, inicialmente del 3ra Generation Partnership Project (3GPP) aunque adoptada por otros organismos de estandarización, que proporciona servicios multimedia sobre redes de paquetes fijas y móviles, soportando un gran número de tecnologías de acceso sobre estándares abiertos. Permite el establecimiento de sesiones multimedia en redes IP tales como: voz sobre IP, Push to Talk, Video Calling, Video Streaming, Video Sharing, Audio Streaming, etc. (Georg Mayer & Aki Niemi, 2009)

IMS admite la creación de servicios mismos que son instalados en servidores de aplicaciones y son accedidos de forma estandarizada. Ya que toda la infraestructura está presente (autenticación, autorización, etc.), es sencillo habilitar un nuevo servicio en un servidor de aplicaciones. Además acepta la interconexión de servicios mediante toda la comunidad de operadores, está sustentado en estándares abiertos, como SIP y Diameter (Georg Mayer & Aki Niemi, 2009).

### **2.2.2 Arquitectura IMS**

IMS se fundamenta en una arquitectura basada en estándares compuesta por tres capas que abastece a varios servicios sustentados en IP para tecnologías fijas y móviles, es por ello que IMS se da a conocer como una tecnología perfecta para nuevos modelos de negocios y

oportunidades a través de conectividad SIP y movilidad continua para los usuarios. En la figura 3 se presenta la Arquitectura IMS.



**Figura 3-2:** Arquitectura IMS

Fuente: (Kurt, 2010)

### 2.2.2.1 Capa de Aplicación/Servicio

Esta capa administra la lógica de servicios y aplicaciones. A continuación, se detallan sus principales componentes:

- **Application Server (AS):** Pertenece a la entidad SIP que ejecutará los servicios de valor agregado. Los SIP Application Servers pueden simplificar enormemente la construcción de aplicaciones a través del uso de Service Creation Environments (SCEs), que permiten a los desarrolladores concentrarse en el sistema de negocio abstrayéndose de toda la infraestructura. El resto de componentes se requieren para el servicio de telefonía multimedia IMS (Kurt, 2010).
- **MMTEL** (IMS Multimedia Telephony Service): Establece el número de recursos necesarios para establecer interoperabilidad entre telefonía multimedia y servicios anexos.
- **OSA-SCS** (Open Service Access-Service Capability Server): Facilita a los suscriptores acceso seguro a las nuevas aplicaciones.

- **VCC** (Voice Call Continuity): Brinda continuidad de llamadas entre redes fijas y móviles.
- **LRF** (Location Retrieval Function): Identifica la locación del usuario.

#### 2.2.2.2 *Capa de Control:*

Está conformado por el “Núcleo IMS” el mismo que está formado por los siguientes elementos de señalización y control (Kurt, 2010):

- **HSS** (Home Subscriber Service): Es la base de datos de usuarios dentro de la red. Contiene perfiles, credenciales de autenticación, locación física de usuarios y datos relevantes para cada usuario hacia un particular AS.
- **SLF** (Subscriber Locator Function): Es la base de datos que mapea los usuarios a un HSS.
- **CSCF** (Call Session Control Function): Proxies SIP que autentifican y rutean a los usuarios dentro de las distintas redes. Se clasifican en:
  - ✓ **P-CSCF** (Proxy CSCF): Es el punto de entrada, se encarga de validar mensajes SIP para rutearlos hacia el resto de los CSCF y establece QoS. Sus principales tareas son la compresión y descompresión de mensajería SIP, mantiene las asociaciones de seguridad y aplica integridad y protección a la señalización SIP, detecta las sesiones de emergencia y las encamina al E-CSCF.
  - ✓ **I-CSCF** (Interrogating CSCF): Determina a que S-CSCF enviar la información de acuerdo al usuario en cuestión. Sus funciones principales es obtener del HSS el nombre del siguiente salto de la señalización, ya sea un S-CSCF o un servidor de aplicaciones, asigna un S-CSCF en base al perfil obtenido del HSS y encamina peticiones entrantes al S-CSCF o al servidor de aplicaciones.
  - ✓ **S-CSCF** (Serving CSCF): Es el elemento central de la capa de control, pues realiza el registro de usuario y el control de sesión. Sus principales funciones es manejar el proceso de registro y tomar decisiones de encaminamiento de la señalización SIP.
- **BGCF** (Breakout Gateway Control Function): Rutea las llamadas hacia las redes conmutadas, ejemplo PSTN.

- **IBCF** (Interconnection Border Control Function): Punto intermediario entre redes IMS o con otra red basada en SIP. Provee información como la topología de red.

### 2.2.2.3 *Capa de Transporte y Acceso*

Contiene los elementos de transporte de elementos IP. Sus principales componentes son:

- **MGW** (Media Gateway): Convierte RTP (Real Time Transport Protocol) en PCM (Pulse Code Modulation).
- **GGSN** (Gateway GPRS Support Node): Provee conectividad a redes externas de datos, ya sea IMS o Internet.
- **RAN** (Radio Access Network): Establece el tipo de red de acceso ya sea: GSM, UMTS o GSM/EDGE.
- **User Equipment** (UE): Terminal de usuario que permite acceder a servicios y aplicaciones de la red IMS (teléfono celular, laptop, pda, teléfono 3G, softphone, etc.).

### 2.2.3 *Servicios de IMS*

IMS no limita las interfaces o servicios que pueden brindarse al usuario, más bien la infraestructura y capacidades del servicio que los operadores o proveedores de servicio pueden utilizar para diseñar sus propias aplicaciones y producir su oferta de servicios. De esta manera, se puede usar las interfaces para manipular prestaciones de servicios y así lograr interacción de manera libre y segura sin necesidad de tener acceso directo a los demás servicios. A continuación se describen dos grupos de servicios (Kurt, 2010):

1. **Servicios Heredados:** Este tipo de servicio hace énfasis en las llamadas básicas de voz, la mensajería textual, la mensajería multimedia, el correo electrónico, etc. En donde el usuario apreciará la misma calidad que los sistemas habituales.
2. **Servicios Multimedia Avanzados:** Este servicio hace referencia a:
  - ✓ La comunicación en tiempo real la cual está fundamentada en el concepto de sesión entre usuarios o entre usuario y servicio.
  - ✓ Las sesiones contienen un nivel de calidad (QoS) apropiado para la transmisión en tiempo real de audio, imagen, vídeo, texto etc.
  - ✓ Cada usuario, nodo o servicio, es identificado por una URI “Universal Resource Identifier”, dejando a un lado el manejo de números de teléfono.

- ✓ El usuario final podrá utilizar el servicio de presencia, VoIP, videoconferencia, servicios web etc. y todos sustentados en el protocolo TCP/IP.

IMS no establece fronteras, es la capacidad de la red de acceso y las características de los terminales las que limitan las restricciones.

#### **2.2.4 Características de IMS.**

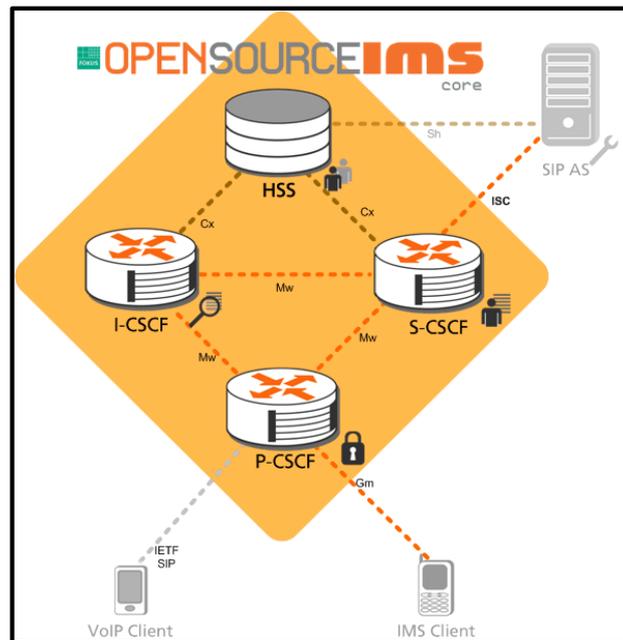
La tecnología IMS nos puede ofertar prestaciones que perfeccionen la experiencia de los servicios que se implementan en su arquitectura gracias a una fácil interacción con otros servidores de aplicación o servicios completos. Además las empresas de telecomunicaciones están en proceso de adopción de estas arquitecturas, lo que hace más relevante su utilización para el desarrollo de servicios. A continuación se detalla algunas características (Ramos, 2009):

1. Comunicación en tiempo real o diferido.
2. Sesiones IP multimedia compuestas por flujos y contenidos multimedia diversos, con un nivel relevante de Calidad de Servicio para vídeo, audio y sonido, texto, imagen, datos de aplicación, etc.
3. Los servicios IMS pueden desarrollarse en una sola aplicación de usuario final, que hace uso sistematizado y simultáneo de la mensajería IP multimedia (instantánea y diferida) de servicios de Internet basados en TCP/IP.
4. Calidad del Servicio (QoS) garantizada y adaptada a cada flujo de datos que facilita al usuario disfrutar de la movilidad y características de su dispositivo personal 3G IMS.
5. Los abonados de un operador IMS tienen la característica de cursar sesiones IP multimedia con abonados localizados en la red 3G IMS de otro operador.
6. Interconexión con otros sistemas IMS de otros operadores ya que los flujos de datos de una sesión viajan por el sistema GPRS en la red origen, luego por una red o redes IP de tránsito interoperador y por la red GPRS destino.
7. Soporta roaming de tipo nativo, donde el sistema tiene la capacidad de recibir y dar servicio a abonados de otros operadores que emplean la misma tecnología.
8. Permite la interconexión con las redes de circuitos SS7 para servicios de llamadas de voz. Es decir existen elementos IMS para el interfuncionamiento entre las sesiones multimedia con los componentes de audio y las redes PSTN, GSM o el dominio de conmutación de circuitos de la propia red 3G.

### 2.3 Open IMS Core.

Es un proyecto de código abierto desarrollado por FOKUS (Fraunhofer institute Für Offene Communications Systeme). Posee una implementación de las entidades funcionales de la arquitectura IMS: las Call Session Control Functions (CSCF) y el Home Subscriber Server (HSS), todos basados en código abierto (SIP Express Router y MySQL) (Open Source IMS Project, 2018).

La figura 4 muestra los 4 elementos principales que forman Open IMS core



**Figura 4-2:** Componentes Open IMS Core

**Fuente:** (Open Source IMS Project, 2018)

Open IMS Core provee un entorno de pruebas de la red IMS, permitiendo el testeo de servicios basados en esta red. Además, proporciona una interfaz gráfica que admite la gestión de usuarios, servicios y configuración de red.

El código fuente está disponible en su página web, contiene una máquina virtual donde el núcleo se encuentra previamente instalado y listo para instalar.

Para que Open IMS Core pueda desempeñarse correctamente necesita un servidor base de datos MySQL y un servidor DNS. Ambos serán explicados en los siguientes apartados.

Open IMS Core se ha empleado como entorno de pruebas para nuestra aplicación servidor y cliente. Además, nos ha facilitado las funciones de registro de usuarios, inicio, mantenimiento y negociación de sesión.

## 2.4 Cliente IMS.

Es una aplicación sobre un equipo que emite y recibe solicitudes SIP. Es necesario contar con clientes que puedan aprovechar los servicios ofrecidos por el prototipo Open IMS Core (University of Cape Town, 2018).

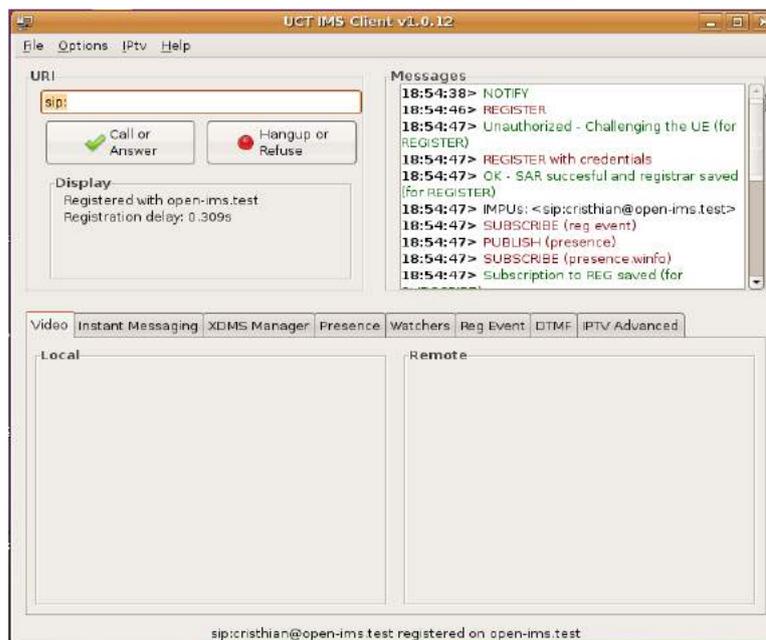
UCT IMS Client fue implementado por la Universidad de Cape Town (UCT) y se destaca del resto de usuarios IMS por dos motivos:

- Fue diseñado particularmente para trabajar con el núcleo IMS desarrollado por FOKUS.
- Su interfaz gráfica posee varias opciones de configuración y acceso a distintos servicios.

La misión del proyecto UCT IMS Client es generar software libre en función de costo y mejor accesibilidad al código, ya que debe ser instalado, manejado y manipulado por personas que deseen hacer investigación sobre IMS. Igualmente el uso del sistema operativo Linux como plataforma está sustentado en la disponibilidad y accesibilidad de librerías para su uso (University of Cape Town, 2018).

Una desventaja del cliente IMS es que no puede ser ejecutado en entornos Windows, de tal forma que esto no restringe el objetivo principal de este software para investigadores y desarrolladores como instrumento de pruebas (University of Cape Town, 2018).

Para la instalación y buen funcionamiento de un cliente IMS se necesita de varios protocolos, entre ellos IETF (Internet Engineering Task Force) para varias funciones, tales como Session Initiation Protocol (SIP), Real-time Transport Protocol (RTP), XML Configuration Access Protocol, Session Relay Protocol (MSRP) y Real Time Streaming Protocol (RTSP). UCT IMS Client usa varias librerías las cuales están disponibles en la web.(University of Cape Town, 2018).



**Figura 5-2:** Cliente IMS

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

## 2.5 Streaming

La tecnología streaming permite la distribución de contenidos multimedia (audio y/o vídeo) a través de una red de datos (puede ser Internet) de forma continua y en tiempo real, sin descargarse el archivo.

Esta tecnología nace con el objeto de solucionar los inconvenientes de la distribución multimedia por medio de una red de datos sustentada en IP, donde no utilizan técnicas definidas para estos contenidos con requerimientos de tiempo real. Los contenidos de audio y vídeo tienen muchas diferencias de los contenidos de datos en todo lo que es requisitos de transmisión, puesto que deben ser reproducidos de forma continua. Es por ello que surge la necesidad de una nueva tecnología que se encargue del proceso de adaptación de los contenidos a las especificaciones de las redes IP, y así sea factible la distribución de contenidos multimedia (Colores, 2008).

### 2.5.1 Tipos de Streaming

El sistema streaming se clasifica en tres grandes grupos, en base a la forma de adquirir la información a transmitir: Directo, diferido y bajo demanda (Colores, 2008).

**Streaming Directo (live).** Este tipo de transmisión emite eventos que están aconteciendo en el momento de la difusión. Todas las imágenes y sonido son digitalizados y retransmitidos en tiempo real. En donde los usuarios consiguen alcanzar el desarrollo de un evento en el mismo momento que se está produciendo. Este tipo de características heredan la transmisión de radio y televisión por Internet.

La difusión broadcast se fundamenta en este tipo de transmisión ya que efectivamente se está transmitiendo “en vivo” a todos los usuarios la misma información, que es el suceso que se está produciendo en ese instante de tiempo. Es así que cuando se enlaza un cliente al servidor, todos visualizan el mismo punto del stream en un instante determinado. Para implementar este tipo de transmisión no basta con disponer de un servidor de streaming, es imprescindible de un equipo que realice el proceso de captura y compresión en tiempo real.

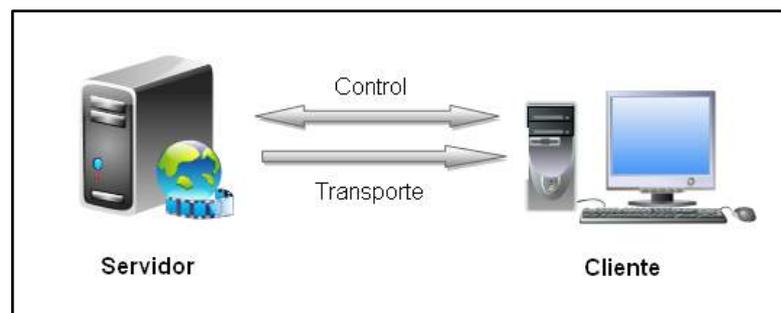
**Streaming Diferido.** En este tipo de transmisión las imágenes y el sonido provienen de un archivo digitalizado previamente, donde los usuarios pueden seguir el evento en diferido.

**Streaming Bajo Demanda VoD.** Es una aplicación que recibe y envía peticiones de uno a varios clientes. Esta petición posee un comando que pide el video que desea recibir el cliente, cuando el servidor recibe el comando de reproducción comienza a transmitir el video. Una vez que estos datos llegan al cliente, se guardan en un buffer de recepción para corregir posibles interferencias de reproducción ocasionada por la latencia y el jitter. Cuando se libera el buffer se originan cortes de transmisión. Cabe destacar que otra causa son las distorsiones que se producen al perder algunos fragmentos de datos que son enviados por el servidor.

### 2.5.2 *Streaming de Video*

Es una tecnología de distribución y transmisión de datos la cual se fundamenta en la visualización de contenidos y no requiere su descarga al computador. El sistema streaming permite visualizar y escuchar contenidos digitalizados como video, audio y animaciones en donde el servidor emite los datos de forma continua y sincronizada en tiempo real.

Las técnicas de streaming de vídeo tradicionales demandan la representación de dos flujos diferenciados: el uno es el flujo de control y el otro es el flujo de envío de datos multimedia. El flujo de control se encargar del establecimiento de sesión, comunicación y las interacciones con el servidor. Mientras que el flujo de envío de datos en el canal de transporte envía los paquetes de contenido multimedia.



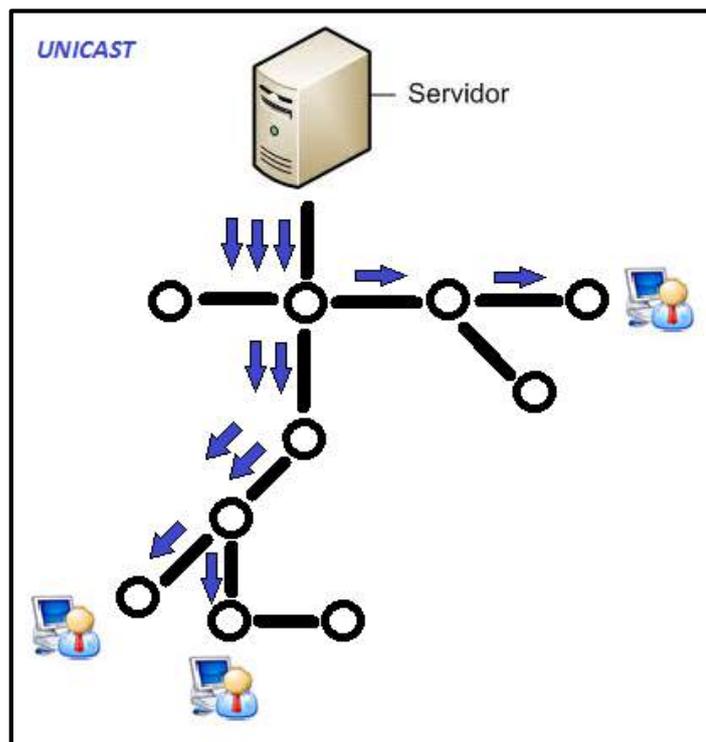
**Figura 6-2: Flujo de Control y de Transporte Multimedia**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

A continuación se describe los diferentes procesos de Video Streaming en base a las características técnicas del servicio: Unicast, Multicast y Broadcast.

### 2.5.3 Streaming de Video Unicast

El streaming de video unicast es una forma de transmisión de paquetes de datos hacia un solo destino y se utiliza para el video bajo demanda (VoD), donde algún usuario podría realizar una petición de una secuencia de stream en cualquier momento. Esto crea una conexión punto a punto con los clientes y si existe  $n$  clientes, existirá  $n$  conexiones independientes emitiendo la misma información de manera duplicada.



**Figura 7-2: Transmisión Unicast**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

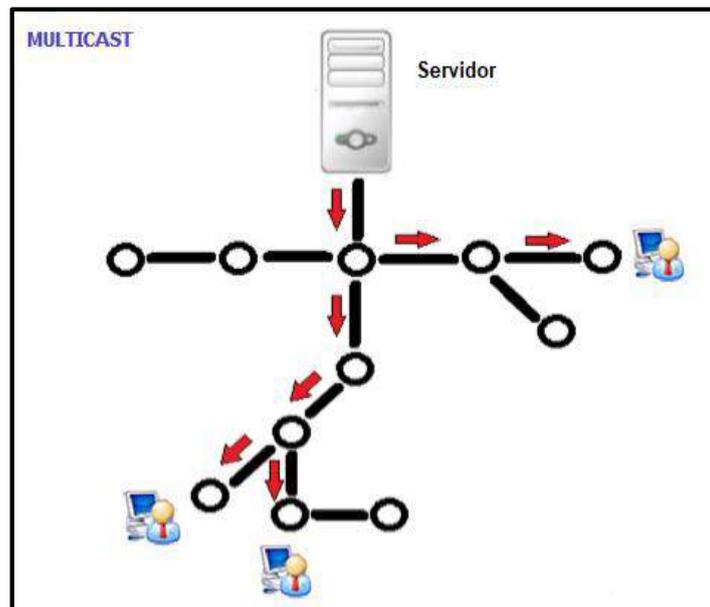
El servidor Unicast envía paquetes de datos a cada cliente que solicita un stream, el proceso Unicast es una opción aceptable para recibir una transmisión de paquetes en tiempo real, pero como inconveniente es que debe enviar los datos de manera individual a todo usuario que desee recibir la transmisión.

Si en el envío de datos se pretende entregar a miles de usuarios existirán demasiadas peticiones y demasiados paquetes independientes, donde el servidor tendrá muchas solicitudes de streams y no podrá mantener la sobrecarga, los paquetes de datos que circulan por la red inundarían el sistema haciendo la transmisión muy lenta que incluso se detendría. Con una gran cantidad de datos en transmisión, los paquetes desbordarían la red y varios clientes no recibirían la transmisión.

#### 2.5.4 *Streaming de Video Multicast*

Es una forma de transmitir datos donde el servidor envía solo por un canal de comunicación, no importando el número de potenciales máquinas receptoras que haya. La máquina origen envía un stream de datos (datagramas) a todas las máquinas destino que posean al menos un miembro del grupo de multidifusión y que además compartan la misma dirección multicast. Estas máquinas pueden estar dispersas geográficamente en múltiples redes en Internet. No importando el número de destinatarios que posea el stream el servidor enviará únicamente una vez la información, para ello los routers intermediarios de multidifusión en Internet deben tener la capacidad de realizar las copias necesarias de la información transmitida, para así enviarla hacia las máquinas que la solicitan. Los encargados de realizar la tarea de multidifusión son los routers, por tanto, se puede concluir que el proceso de multidifusión pertenece a la capa 3 del modelo OSI (Meza, 2012).

Esta técnica reduce el tráfico en la red y evita congestión en los routers, pero para realizarla se requiere tener acceso a una troncal con soporte multicast que puede ser Mbone en Internet, o que el servidor y los clientes se encuentren conectados a una red o redes IP bajo un mismo dominio de administración en la que el multicast se encuentra habilitado y existan routers disponibles para encaminar información multicast (Networking Research Group, 2017).

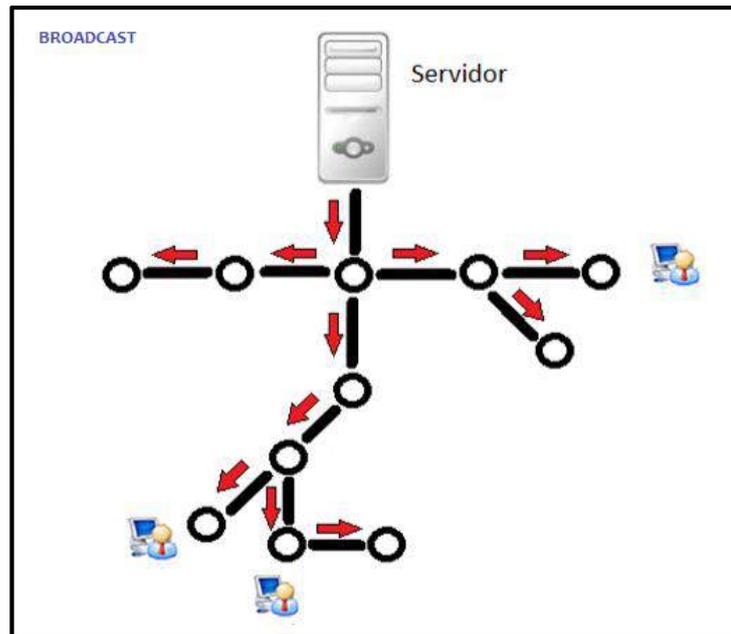


**Figura 8-2: Servidor Multicast**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

#### 2.5.5 *Streaming de Video Broadcast*

Este proceso que es conocido también como difusión debido a su traducción del inglés, permite el envío de datos de manera simultánea a un grupo de personas u organizaciones en un área geográfica determinada, o a cualquiera que se pueda conectar o recibir señales de un sistema de red de difusión, tales como la televisión por cable o satelital.



**Figura 9-2: Servidor Broadcast**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

La difusión se aplica a los sistemas de distribución, en los cuales todos los usuarios que se encuentran conectados a la red pueden recibir y reenviar la misma señal de información. La característica principal de los sistemas broadcast es que los paquetes de difusión se envían a todo aquel que está conectado a la red donde se origina. Todos los clientes reciben los paquetes y ellos son los que tienen que decidir si los paquetes son interesantes o no. Es una relación de uno a muchos (Louckx, 2013).

## 2.6 Protocolos de Comunicación.

A continuación, se presenta las características de los diferentes protocolos de comunicación que se utilizan para la implementación de un servicio de streaming de video en una plataforma IMS.

## 2.7 Protocolo SIP

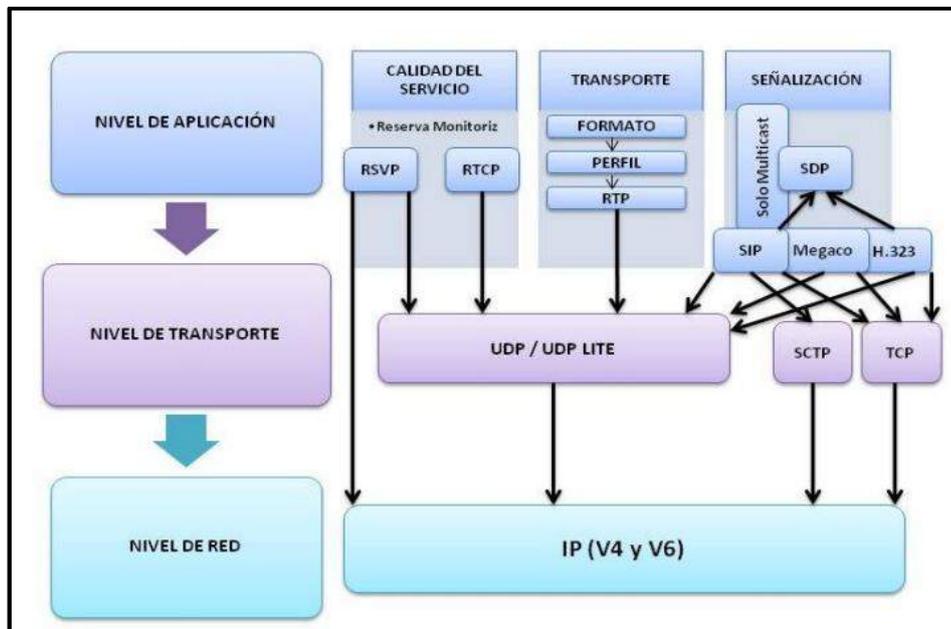
*Session Initiation Protocol* (SIP) es un protocolo de señalización que fue desarrollado por el grupo de trabajo de MMUSIC del IETF, para iniciar, modificar y finalizar sesiones interactivas de usuarios. En estos procesos intervienen elementos multimedia como el video, voz, mensajería instantánea, juegos on-line y realidad virtual. La ideología de IETF es la simplicidad, lo cual significa que tiene diversas escalas, que es extensible y se acopla de forma cómoda en diferentes arquitecturas y escenarios de implementación (Santamaría, 2011).

A comienzo del año 2000 la 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) propuso el protocolo SIP, como uno de los elementos principales dentro de la arquitectura IMS, específicamente como el protocolo para el control de sesiones, motivo por el cual SIP se ha convertido en el estándar

implementado por muchos de los fabricantes como protocolo de señalización para servicios multimedia.

### Características de SIP

1. SIP es un protocolo que se relaciona más al mundo del internet que al mundo de la telefonía tradicional, debido a que se basa el protocolo HTTP.
2. Es un protocolo extensible, es decir se puede añadir nuevas funcionalidades o servicios sin complicaciones.
3. Es un protocolo que puede apoyarse en otros protocolos para ofrecer servicios completos, por tal motivo SIP se apoya en SDP (*Session Description Protocol*) para describir la media y en RTP (*Real time Transport Protocol*) para la transmisión de la media en tiempo real.
4. SIP permite movilidad basándose en un registro periódico centralizado que generan los usuarios con la información de su ubicación.



**Figura 10-2: Protocolo SIP**

Fuente: (Santamaría, 2011)

### 2.8 Protocolo RTSP.

RTSP (Protocolo Streaming en Tiempo Real) es un protocolo a nivel de aplicación para el envío de datos con propiedad de tiempo real que puede utilizarse en combinación con otros protocolos como RTP y RSVP. RTSP proporciona un entorno para el envío de datos en tiempo real bajo

demanda, tales como el audio y video. Este protocolo funciona sobre UDP, UDP multicast y TCP (Badilla, Benzi, & Zepeda, 2016). El servidor se encarga de proporcionar el contenido multimedia, los clientes solicitan de manera continua datos al servidor; y RTSP se comporta como un mando a distancia entre un cliente y el servidor, que permite:

- Conseguir datos del servidor, para lo cual el cliente pide al servidor que configure una sesión para que le envíe los datos que solicita.
- Invitar a un servidor a una conferencia.
- Añadir datos a una presentación existente. El cliente o el servidor pueden notificarle a la otra parte sobre datos que se encuentran disponibles.

El protocolo de streaming en tiempo real intenta brindar los mismos servicios para audio y video que HTTP para hacer texto y gráficos; y se ha diseñado intencionadamente para que posea una sintaxis y operaciones similares. Cada flujo se encuentra identificado por una URL RTSP. Cada presentación y sus propiedades multimedia quedan recogidas en un fichero de descripción de la presentación, mismo que puede ser obtenido por los clientes vía HTTP, por email o por cualquier otro medio (Badilla, Benzi, & Zepeda, 2016).

## **2.9 Protocolo SDP**

*Session Description Protocol* (SDP), es utilizado principalmente para describir los parámetros de inicialización de los flujos multimedia. Se diseñó para describir sesiones de comunicación multimedia cubriendo aspectos como anuncio de sesión, invitación a sesión, y negociación de parámetros.

Este protocolo no se encarga de entregar los contenidos propiamente dichos, debido a que esta actividad es realizada por RTP, sino de entablar una negociación entre las entidades que intervienen en la sesión como tipo de contenido, formato, dirección, y puerto donde se establece la media y otros parámetros asociados. Para soportar nuevos tipos de medios y formatos SDP puede ser ampliado (Tejada & Osorio, 2010).

## **2.10 Protocolos RTP y RTCP.**

El RTP (Protocolo de Transporte en tiempo real) es el que conduce la entrega de paquetes coordinada por RTSP y RTCP. Se encuentra basado en el envío “poco fiable”, es decir de mejor esfuerzo en tiempo real de datos sobre UDP. Este protocolo se usa de forma conjunta con RTSP para controlar el flujo de datos mediante sesiones. La utilización del protocolo RTP no asegura que la transmisión sea en tiempo real a pesar de que su nombre lo cataloga de esa forma, pero sí aumenta la sincronización y el control sobre los contenidos en tiempo real (audio y/o video). En

definitiva se indica que se puede enviar el audio y el video por flujos separados y a través de este protocolo, sincronizarlos posteriormente en el destino (Costilla & Reaño, 2008).

RTCP o protocolo de control de transporte en tiempo real es el encargado de tareas de comunicación e información para el adecuado control del flujo de datos RTP. Los paquetes de RTCP no transportan datos multimedia, sino que trabaja con RTP en el transporte y empaquetado de los datos. Generalmente se utiliza para transmitir los parámetros de una sesión y su función fundamental es informar acerca de la calidad del servicio. En el transcurso de una sesión el protocolo de control de transporte transmite de manera periódica paquetes de control a todos los participantes de la misma para controlar el estado de la conexión en todo momento (Costilla & Reaño, 2008).

### **2.11 Protocolo UDP.**

La transmisión de los paquetes de datos en VoIP se realiza sobre los paquetes UDP. No ofrece integridad a los datos y se usa en lugar de TCP.

UDP es un protocolo que ofrece a las aplicaciones mecanismos para enviar datagramas IP en bruto encapsulados sin necesidad de establecer una conexión.

De acuerdo a Candelas (2010), entre las características fundamentales de UDP se encuentran:

1. No utiliza ninguna sincronización entre el origen y destino, es decir no está orientado a la conexión.
2. Trabaja con paquetes o datagramas enteros, no con bytes individuales como lo hace TCP. Una aplicación que emplea el protocolo UDP intercambia información a manera de bloques de bytes, de forma que por cada bloque de bytes enviado de la capa de aplicación a la capa de transporte se envía un paquete UDP.
3. No es fiable, debido a que no emplea control del flujo ni orden de los paquetes.
4. Su gran ventaja es que ocasiona poca carga adicional en la red, debido a su sencillez y emplea cabeceras muy simples.
5. Un paquete UDP puede ser fragmentado por el protocolo IP para ser enviado en fragmentos en varios paquetes IP si es necesario hacerlo.

## CAPÍTULO III

### 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Tipo de Investigación

Para evaluar las funcionalidades de los streaming de video basado en la red IMS y mediante VLC se fundamentó en los tipos de investigación cuasi experimental y diseño transversal.

- **Cuasi-experimental:** Estos estudios a menudo pueden compensar las diferencias en las características claves de los grupos experimentales a través del pareo y el análisis multivariable.
- **Diseño Transversal:** Se define como el diseño de una investigación observacional, individual, que mide una o más características para analizar la relación entre las variables en un momento dado.

#### 3.2 Diseño de la Investigación

El término *diseño* se refiere a la estrategia para obtener la información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema. Para alcanzar los objetivos propuestos y responder a las interrogantes del presente trabajo de investigación, se planteó un diseño cuasi-experimental y diseño transversal en donde se propone realizar la evaluación del tráfico de datos Unicast y Multicast en los dos escenarios de streaming de video con cinco clientes, utilizando IMS Core y VLC, con la finalidad de evaluar: Porcentaje de uso del CPU, uso de la memoria RAM, Ancho de Banda Consumido, Perdida de paquetes. Para la comprobación de la hipótesis se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson.

#### 3.3 Métodos de Investigación

Los métodos de investigación utilizados para el desarrollo este trabajo de investigación son:

##### 3.3.1 Método Inductivo

Mediante este método se utiliza el razonamiento para obtener conclusiones que parten de hechos particulares aceptados como válidos, para llegar a conclusiones, cuya aplicación sea de carácter general. Por el estudio de casos, hechos y situaciones se determinó el mejor escenario de streaming de video.

### **3.3.2 Método Deductivo**

Permite generar un criterio para el manejo de la investigación, en base a la recopilación, análisis y clasificación de toda la información general relacionada con las diferentes metodologías de desarrollo, métodos y herramientas utilizadas dentro del estudio de una aplicación de Transmisión Multimedia de Video sobre una Plataforma IMS y VLC.

### **3.3.3 Método Analítico**

Es un proceso cognoscitivo mental, mediante el cual divide en partes una idea, para mostrarlas, describirlas, numerarlas y explicar las causas de los hechos o fenómenos a estudiar relativos a los dos escenarios de streaming de video.

### **3.3.4 Método Científico**

Fundamenta a un conocimiento válido desde el punto de vista científico, utilizando instrumentos que resulten fiables; consta de las siguientes etapas:

- Planteamiento del Problema
- Formulación de la Hipótesis
- Levantamiento de la Información
- Análisis e Interpretación de Resultados
- Comprobación de la Hipótesis
- Difusión de Resultados

Mediante este método, a través del cumplimiento de sus etapas y los escenarios de streaming de video, fue posible demostrar el diseño elaborado en los métodos anteriores. Además de obtener los valores de la variable medible para evidenciar y apoyar la hipótesis planteada.

## **3.4 Enfoque de la Investigación**

El enfoque de la investigación será cualitativo y cuantitativo ya que se deberá evaluar el tráfico de datos Unicast y Multicast en los dos tipos de transmisión de video: Utilizando Open IMS Core y Utilizando VLC (medir el ancho de banda utilizado y la pérdida de paquetes). En el Servidor Streaming de Video será evaluado de acuerdo al porcentaje de uso de CPU, porcentaje de uso de memoria RAM.

### **3.5 Alcance de la Investigación**

El alcance de la investigación será correlacional ya que se va a evaluar el tráfico de datos en la transmisión del video multimedia Unicast y Multicast mediante los parámetros indicados anteriormente.

#### **4.5.1 Explicativo**

La presente investigación es explicativa debido al análisis de las causas y efectos de la relación entre las variables identificadas que llevará a determinar cuál es el mejor servicio de transmisión multimedia de video.

#### **4.5.2 Correlacional**

Esta investigación es correlacional por el propósito de mostrar los resultados de la variable dependiente, en este caso, obtener un Diseño óptimo de un servicio de transmisión multimedia de video.

### **3.6 Población de Estudio**

En el laboratorio que se implementó el prototipo existen 10 máquinas, en esta investigación, se toman dos escenarios de simulación con 5 máquinas clientes en cada uno, de donde se obtendrá el tráfico de datos para ser analizados y enunciar las conclusiones.

### **3.7 Unidad de Análisis**

El presente proyecto tiene por objeto evaluar el tráfico de datos unicast y multicast en el streaming de Video utilizando Open IMS Core y utilizando VLC, para determinar cuál es el escenario optimo en cuanto a los parámetros de evaluación propuestos.

### **3.8 Tamaño de la Muestra**

La población será de 5, ya que se tomará el número más alto de las posibles simulaciones que se pueden realizar.

Se aplica la fórmula del tamaño de la muestra de acuerdo con el tipo de población, en este caso se tomará 5 máquinas clientes que será una muestra finita por tanto se utilizará la siguiente formula:

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

Dónde:

n: el tamaño de la muestra.

N: tamaño de la población.

$\sigma$ : Desviación estándar de la población que, generalmente cuando no se tiene su valor se utiliza un valor constante de 0,5.

Z: Valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo toma en relación al 95% de confianza equivale a 1,96 (como más usual) o en relación al 99% de confianza equivale 2,58.

e: Límite aceptable de error muestral que, generalmente cuando no se tiene su valor, se utiliza un valor que varía entre el 1% (0,01) y 9% (0,09).

Cálculo de la Muestra

Se tiene N=5, para el 95% de confianza Z = 1,96, y como no se tienen los demás valores se tomará  $\sigma=0,5$ , y e = 0,05.

$$n = \frac{N\sigma^2Z^2}{e^2(N-1) + \sigma^2Z^2}$$

$$n = \frac{10 \cdot 0,5^2 \cdot 1,96^2}{0,05^2(5-1) + 0,5^2 \cdot 1,96^2}$$

$$n = \frac{2,5 \cdot 3,8416}{0,01 + 0,9604}$$

$$n = \frac{9,604}{0,9704} = 9.89$$

### 3.9 Técnica de Recopilación de datos Primarios y Secundarios

Las técnicas que se utilizaron en esta investigación son:

- **Búsqueda de Información:** Permite adquirir la información necesaria acerca del objeto de estudio de la investigación para su desarrollo, utilizando las fuentes secundarias disponibles.
- **Pruebas:** Permite realizar experimentos en máquinas virtuales con la finalidad de realizar los streaming de video y capturar el tráfico de datos.
- **Observación Directa:** Permite evaluar los resultados de las pruebas realizadas en los escenarios planteados.

- **Análisis:** Permite establecer los resultados de la investigación, para medir el nivel de rendimiento del servidor de streaming de video y la red.

### **3.10 Identificación de Variables**

#### ***3.10.1 Variable Independiente***

Tráfico de datos Unicast y Multicast en el Servidor Streaming de Video.

#### ***3.10.2 Variable Dependiente***

Diseño Óptimo de un Servicio de Transmisión Multimedia de Video.

### **3.11 Operacionalización de Variables**

En la Tabla 1-3, se muestra el detalle de la matriz de consistencia del proyecto de investigación.

**Tabla 1-3: Matriz de Consistencia**

Variable	Indicador	Técnica	Fuente de Verificación
Tráfico de datos Unicast y Multicast en el Servidor Streaming de Video.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Porcentaje de Uso del CPU</li> <li>● Porcentaje de Uso de la Memoria RAM</li> <li>● Pérdida de Paquetes</li> <li>● Consumo de Ancho de Banda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Revisión de documentación de los productos de estudio.</li> <li>● Pruebas y monitoreo de Streaming de Video.</li> <li>● Revisión de portales WEB.</li> <li>● Técnicas de Observación.</li> <li>● Solicitud de soporte técnico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Manuales Técnicos.</li> <li>● Manuales de Usuario.</li> <li>● Consultas de Internet.</li> <li>● Políticas de Seguridad</li> <li>● Documentación de los productos.</li> <li>● Ayuda de herramientas.</li> <li>● Referencia Bibliográfica.</li> </ul>
Diseño óptimo de un servicio de transmisión multimedia de video.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Aplicaciones</li> <li>● Registro del Servidor y el Cliente en la Seguridad</li> <li>● Manejabilidad</li> <li>● Operabilidad</li> <li>● Costos de Infraestructura</li> <li>● Movilidad</li> <li>● Desplazamiento</li> <li>● Escalabilidad</li> <li>● Soporta Varios Sistemas Operativos Plataforma IMS</li> <li>● Inicio de Sesión entre Cliente IMS y Servidor Streaming de Video</li> <li>● Envío de Comandos del Cliente IMS al Servidor Streaming de Video</li> <li>● Envío de Contenido Multimedia del Servidor de Video al Cliente IMS</li> <li>● Finalización de Sesión entre Cliente y Servidor</li> <li>● Almacenamiento de Datos</li> <li>● Fiabilidad</li> </ul>		

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

### 3.12 Instrumentos de Recolección de datos Primarios y Secundarios

Los instrumentos de recolección de datos para la presente investigación son:

- **Virtual Box:** Es un software de virtualización de código abierto para arquitecturas x86/amd64, creado originalmente por la empresa alemana innotek GmbH. Actualmente es desarrollado por Oracle Corporation como parte de su familia de productos de virtualización. Por medio de esta aplicación es posible instalar sistemas operativos adicionales, conocidos como «sistemas invitados», dentro de otro sistema operativo «anfitrión», cada uno con su propio ambiente virtual (VIRTUALBOX, 2017) (DASH, 2013).
- **Wireshark:** Antes conocido como Ethereal, es un analizador de protocolos utilizado para realizar análisis y solucionar problemas en redes de comunicaciones, para desarrollo de software y protocolos, y como una herramienta didáctica. Es de código abierto y cuenta con una interfaz gráfica de usuario fácil de usar (VERMA, 2015) (WIRESHARK, 2017).
- **Conky:** Es un software libre liberado bajo los términos de la licencia GPL. Conky es capaz de monitorear distintas variables de sistema, incluyendo CPU, memoria, swap, espacio de disco, temperaturas, subidas, bajadas, mensajes de sistema. Está disponible para GNU/Linux y FreeBSD
- **WonderShaper:** Se ha desarrollado como un script donde cada usuario tendrá la posibilidad de limitar el ancho de banda de uno o más adaptadores de red, esta restricción se logra usando el comando tc de iproute, pero con prestaciones mucho más avanzadas y más directas sobre este control.
- **Pandora FMS:** Es un software elaborado en España es Open Source y está publicado bajo licencia GPL2 GNU General Public License, aunque dispone de una versión específica para empresas, bajo el modelo conocido como "openCore", con una licencia comercial, esta versión se conoce como Enterprise. Inicialmente el proyecto fue alojado en Sourceforge, desde donde ha sido descargado un millón de veces. (Lerena, 2017).

### 3.13 Instrumentos para Procesar datos Recopilados

Como instrumento para procesar datos se utilizará un computador con sistema operativo Ubuntu 14.04, una hoja de cálculo de libre office Calc y el programa estadístico de procesamiento de datos SPSS (Statistical Product and Service Solution) de software Libre.

### 3.14 Diseño de Escenarios

En esta investigación se han realizado dos escenarios de streaming de video, el primero es: Streaming de Video Utilizando la Plataforma Open IMS Core y el segundo escenario es: Streaming de Video Utilizando el Servidor VLC.

#### 3.14.1 Diseño del Streaming de Video Utilizando Open IMS Core

A continuación, en la tabla 2-3 se muestran los requerimientos Hardware y Software para la implementación del escenario.

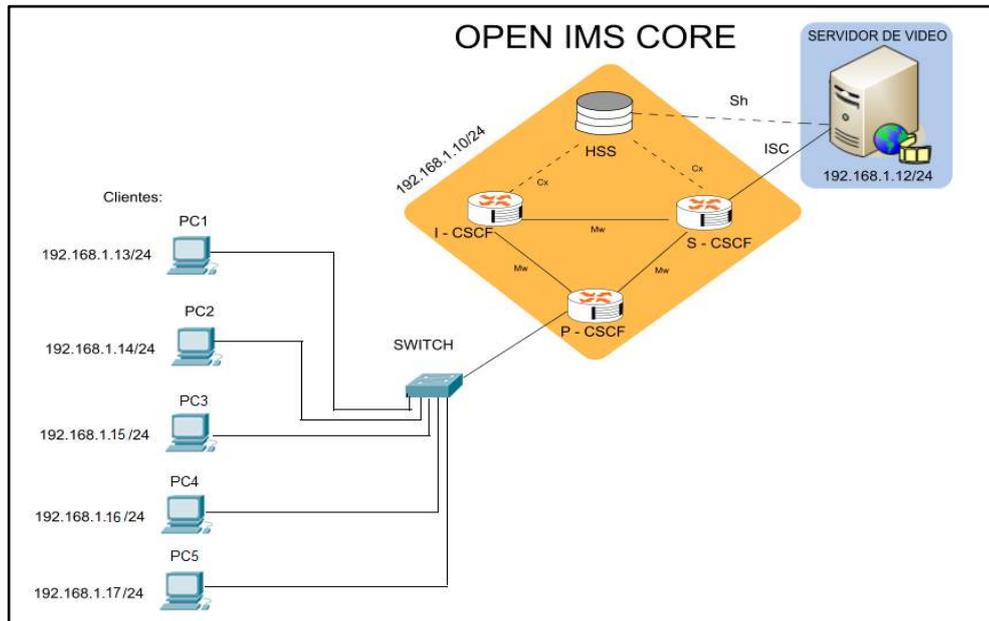
**Tabla 2-3:** Requerimientos Hardware y Software del Escenario Streaming de Video con IMS

Hardware		Software
<b>Servidor Virtual Box Streaming de Video</b>	Dell Vostro Intel(R) Core(TM) i7-3612QM a 2.10 Ghz Memoria RAM: 16 GB Disco Duro: 500Gb	S. O. Ubuntu Server 14.04, VLC Server, Live Media, LibVLC, Pandora FMS, Wireshark, Conky, Wondersaharp
<b>Servidor Open IMS Core</b>	Dell Vostro Intel(R) Core(TM) i7-3612QM a 2.10 Ghz Memoria RAM: 4 GB Disco Duro: 80Gb	S. O. Ubuntu Server 14.04, Java Jdk 1.5, Apache 2, My SQL Server, Open IMS Core, VLC, Live555, Live Media, LibVLC
<b>Cliente IMS Virtual Box</b>	Dell Vostro Intel(R) Core 2 Duo a 2.10 Ghz Memoria RAM: 4 GB Disco Duro: 40Gb	S. O. Ubuntu Server 14.04, Java Jdk 1.5, Live Media, LibVLC, VLC Client
<b>Acceso de Red</b>	192.168.1.10	Bind 9 instalado y corriendo
<b>Hostname</b>	open-ims.test	Browser

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

A continuación, se muestra la implementación del prototipo de streaming de video utilizando la plataforma Open IMS Core con la finalidad de proporcionar los bloques de servicio de telecomunicaciones básicos que sirvieron de apoyo para el servicio de streaming de video. Ver

Figura 11-3. La instalación del Open IMS Core y de todas las librerías necesarias para su ejecución se detalla en: (Ver [Anexo A](#)).



**Figura 11-3:** Esquema de Escenario de Streaming de Video con IMS Core

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

Para la implementación de este escenario se utilizó un entorno de red en la cual todos los host se encuentran conectados por medio de un switch hacia la plataforma Open IMS Core, la cual esta enlazada al servidor de streaming de video.

#### **Direccionamiento IP:**

Servidor Streaming de Video: 192.168.1.12/24

Core: 192.168.1.10/24

Clientes: 192.168.1.13/24; 192.168.1.14/24; 192.168.1.15/24; 192.168.1.16/24; 192.168.1.17/24

La plataforma “Open IMS Core” está conformado de un P-CSCF, I-CSCF,S-CSCF y un HSS. Este núcleo representa la parte fundamental del prototipo, debido a que son las entidades encargadas de controlar las sesiones y flujos entre los usuarios. Open IMS Core es un sistema multimedia IP para pruebas, el cual fue desarrollado por el Instituto Fraunhofer Fokus y no se encuentra concebida para aplicaciones comerciales.

La configuración e inicialización de los servicios de Open IMS Core se detalla en: (Ver [Anexo B](#)).

El servidor de streaming de video al igual que el cliente son usuarios de la plataforma Open IMS Core, razón por la cual deben estar registrados en la red IMS. Para realizar esta acción se enviará un mensaje SIP de petición tipo REGISTER.

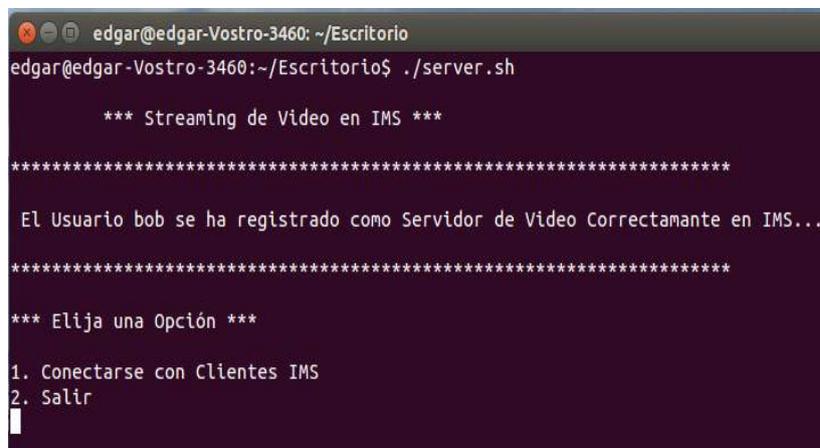
### 3.14.1.1 Registro del Servidor de Streaming de Video en Open IMS Core

Como primer paso el servidor se registra en la red IMS, posteriormente permitirá escuchar clientes o salir de la aplicación. A continuación, se ilustra este paso:

Ingresamos al servidor de video para ejecutar el archivo “server.sh” (Ver [Anexo C](#)) el cual contiene todo el código necesario para registrarse en IMS, a continuación se detalla:

1. cd /home/edgar/Escritorio
2. ./server.sh

Nos presenta la siguiente pantalla indicando que el usuario “bob” se ha registrado como servidor de video.



```
edgar@edgar-Vostro-3460: ~/Escritorio
edgar@edgar-Vostro-3460:~/Escritorio$ ./server.sh

*** Streaming de Video en IMS ***

*****

El Usuario bob se ha registrado como Servidor de Video Correctanante en IMS...

*****

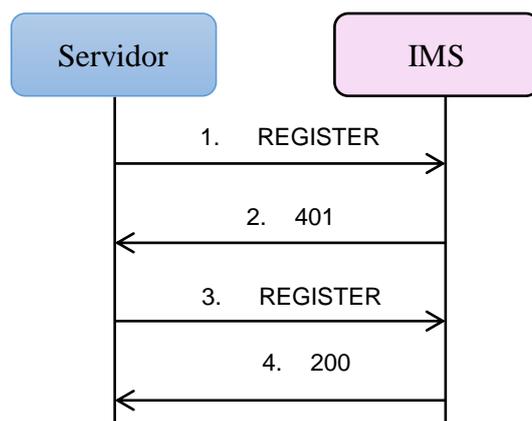
*** Elija una Opción ***

1. Conectarse con Clientes IMS
2. Salir
```

**Figura 12-3: El Servidor se Registra en IMS**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

La acción de registro del servidor la detallamos en la siguiente figura:



**Figura 13-3: Registro del Servidor en IMS Core**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

El usuario “bob” se registra como servidor utilizando un mensaje de petición REGISTER, este procedimiento es detallado línea por línea en (Ver [Anexo D](#)) y la captura del tráfico de datos.

### 3.14.1.2 Registro de Clientes en la red IMS

En la base de datos de la plataforma IMS Core existen 7 clientes de los cuales bob y alice son clientes que vienen por defecto en la instalación, los clientes: edgarbp, marco, pedro, anita y luis son anexados previamente mediante interfaz a la base de datos para que luego puedan acceder desde cada PC. A continuación se presenta la imagen que indica los clientes en IMS.

### IMS Subscription - Search Results

ID	Name	S-CSCF Name	Diameter Name
1	alice		
2	bob		
3	edgarbp		
4	marco		
5	pedro		
6	anita		
7	luis		

Rows per page  
1 20 ▾

**Figura 14-3: Clientes en la Base de Datos de Open IMS Core**

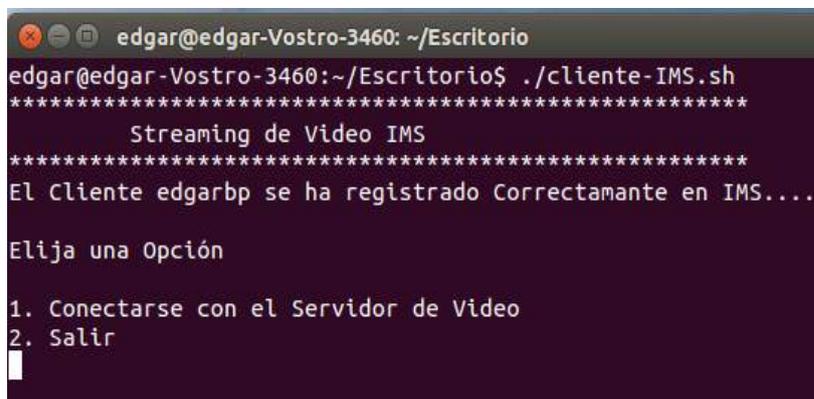
Realizado por: Edgar Barragán, 2018

Al igual que el servidor los clientes también deben realizar la petición de registro en la plataforma Open IMS Core. Como ejemplo escogemos un cliente para describir el proceso de registro, en este caso se escogió al cliente “edgarbp”, el registro es similar para el resto de

clientes. Ejecutamos el archivo “cliente.sh” (Ver [Anexo E](#)) que se encuentra en cada máquina cliente.

En la máquina de este cliente realizamos las siguientes acciones:

1. `cd /home/edgar/Escritorio`
2. `./cliente.sh`



```
edgar@edgar-Vostro-3460: ~/Escritorio
edgar@edgar-Vostro-3460:~/Escritorio$ ./cliente-IMS.sh
*****
          Streaming de Video IMS
*****
El Cliente edgarbp se ha registrado Correctamente en IMS...

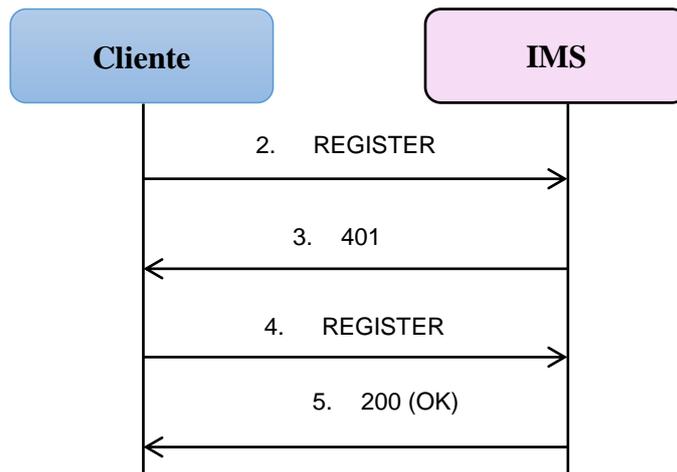
Elija una Opción

1. Conectarse con el Servidor de Video
2. Salir
█
```

**Figura 15-3: El Cliente edgarbp se Registra en IMS**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

La acción de registro del Cliente edgarbp se detalla en la siguiente figura:



**Figura 16-3: Registro de Cliente en IMS**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

El código de registro del Cliente edgarbp se detalla paso a paso en (Ver [Anexo F](#)) y la captura del tráfico de datos.

### 3.14.1.3 Inicio de Sesiones entre Cliente y Servidor Streaming de Video

Cuando el cliente elige el video que desea recibir, envía un mensaje tipo INVITE al servidor Streaming de video para el inicio de una sesión. El servidor se encarga de comprobar si tiene el contenido indicado, y en caso de ser correcta, acepta el cliente iniciando la sesión. En la siguiente figura se muestra el proceso:

```
edgar@edgar-Vostro-3460: ~/Escritorio
edgar@edgar-Vostro-3460:~/Escritorio$ ./server.sh

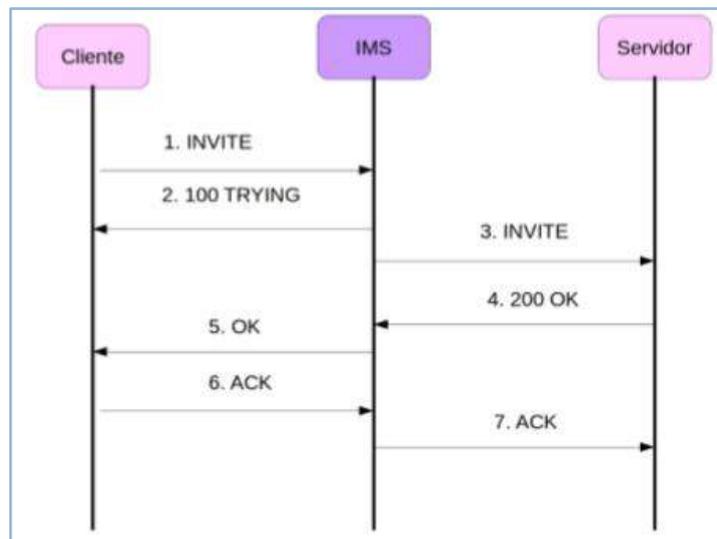
*** Streaming de Video en IMS ***
*****
El Usuario bob se ha registrado como Servidor de Video Correctamente en IMS..
*****

*** Elija una Opción ***
1. Conectarse con Clientes IMS
2. Salir
1
*****
Escuchando Clientes IMS
*****
El cliente <sip:edgarbp@open-ims.test:55557> se conecto y solicita video
```

**Figura 17-3: Inicio Sesión entre Cliente y Servidor**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

La acción de inicio de sesiones entre el cliente IMS y el servidor se detalla en la siguiente figura:



**Figura 18-3: Servidor Acepta Petición a Cliente**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

El mensaje de petición INVITE que envía el cliente al servidor para el inicio de una sesión se detalla paso a paso en: (Ver [Anexo G](#)) y la captura del tráfico de datos.

#### 3.14.1.4 Envío de Comandos del Cliente IMS al Servidor streaming de Video

Cuando la sesión se establece entre el cliente IMS y el servidor de Video, el cliente es capaz de enviar comandos para conducir el video. A continuación se muestran dichos comandos:



**Figura 19-3: Comandos para Manipular el Video**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

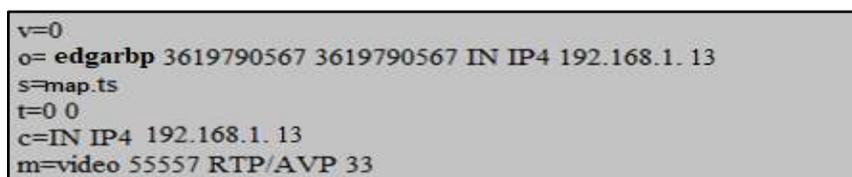
#### Envío de comando PLAY

Se muestra un mensaje de petición tipo INFO que envía el cliente al servidor para empezar a reproducir el video. (Ver [Anexo H](#))

#### 3.14.1.5 Envío de Contenido Multimedia del Servidor de Video al Cliente IMS

Cuando el cliente envía el comando PLAY al servidor, este comienza a transmitir el contenido multimedia siempre y cuando la sesión se encuentre establecida. Esta transmisión de contenidos se efectúa por medio de una conexión RTP convenida de manera previa a través del contenido SDP del mensaje INVITE.

Si se recupera el contenido SDP del mensaje INVITE se tiene lo siguiente:



**Figura 20-3: Contenido SDP del mensaje INVITE**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

Se puede observar que el cliente solicita el video “video.mkv” con formato MP2T por medio del puerto 55557.

Si la respuesta del servidor es positiva, éste debe enviar el contenido multimedia al momento en que el cliente envíe el comando PLAY. Esta operación se visualiza en la siguiente figura.

```
edgar@edgar-Vostro-3460: ~/Escritorio
edgar@edgar-Vostro-3460:~/Escritorio$ ./server.sh

*** Streaming de Video en IMS ***

*****
El Usuario bob se ha registrado como Servidor de Video Correctamente en IMS...
*****

*** Elija una Opción ***

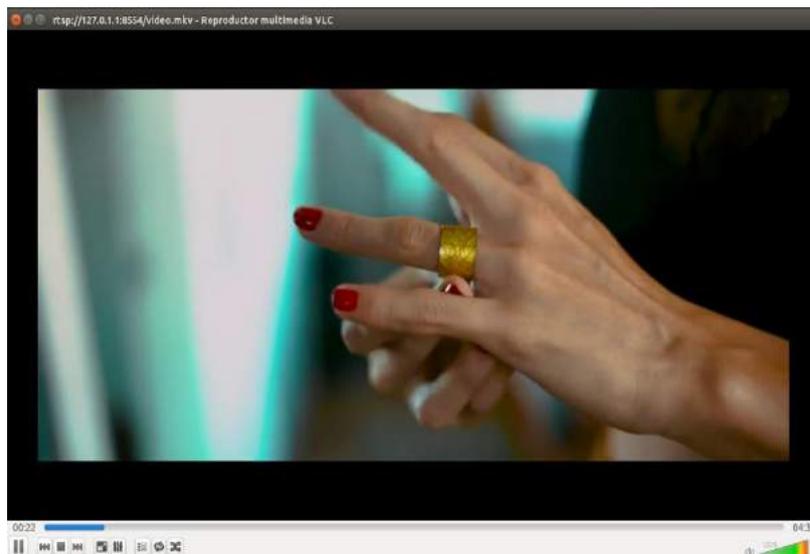
1. Conectarse con Clientes IMS
2. Salir
1
*****
Escuchando Clientes IMS
*****
El cliente <sip:edgarbp@open-ims.test:55557> se conecto y solicita video
*****
El cliente <sip:edgarbp@open-ims.test:55557> play
```

**Figura 21-3 Cliente envíe el comando PLAY**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

En el ([Anexo I](#)) se detalla el mensaje tipo PLAY entre el cliente IMS y el servidor Streaming de Video.

A continuación, se presenta el video solicitado por el cliente en el reproductor multimedia VLC, ya que cada cliente debe tener un reproductor para visualizar el video, se ha utilizado VLC Client.



**Figura 22-3: Video Transmitido**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

### 3.14.1.6 Finalización de Sesión entre Cliente y Servidor

Si el cliente ya no desea seguir visualizando el video puede cerrar la sesión establecida con el servidor con el envío de un mensaje tipo BYE para lo cual debe seleccionar la opción SALIR.



**Figura 23-3: Finalización de sesión entre cliente y servidor**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

El mensaje de finalización de sesión entre el cliente IMS y el servidor Streaming de Video se detalla paso a paso en: (Ver [Anexo J](#)).

### 3.14.2 Diseño del Streaming de Video Utilizando VLC

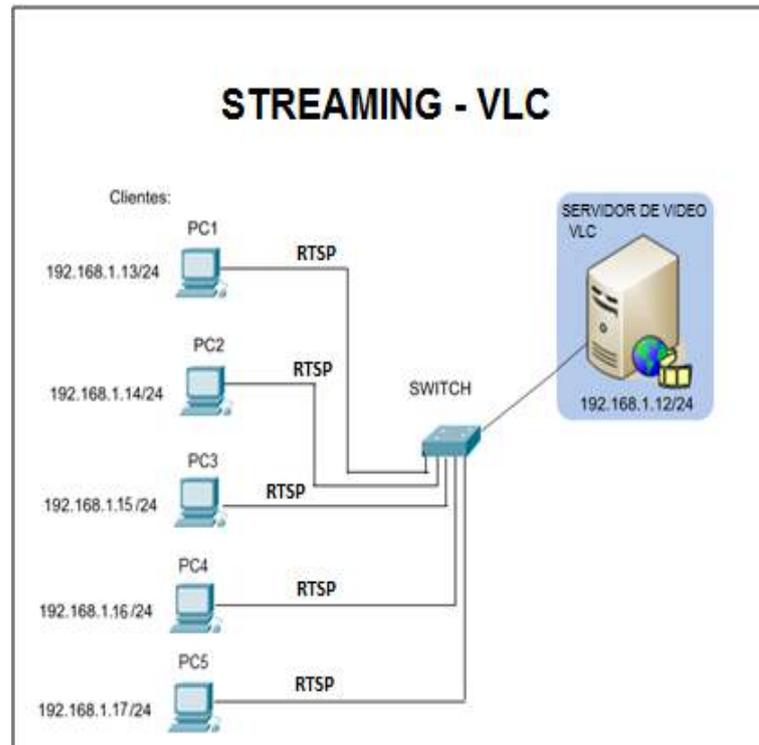
En el segundo escenario se ha emitido el stream de video utilizando VLC Media Server instalado en el servidor Streaming de Video. La tabla 13-3 muestra los requerimientos Hardware y Software Al igual que en el apartado anterior se ha utilizado los mismos programas para el análisis de datos, como son el wireshark, Conky y Wondersharp.

**Tabla 3-3: Requerimientos Hardware y Software del Escenario Streaming de Video con VLC**

	<b>Hardware</b>	<b>Software</b>
<b>Servidor Virtual Box Streaming de Video</b>	Dell Vostro Intel(R) Core(TM) i7-3612QM a 2.10 Ghz Memoria RAM: 16 GB Disco Duro: 500Gb	S. O. Ubuntu Server 14.04, VLC Server, Live Media, LibVLC, Pandora FMS, Wireshark, Conky, Wondersaharp
<b>Cliente IMS Virtual Box</b>	Dell Vostro Intel(R) Core 2 Duo a 2.10 Ghz Memoria RAM: 4 GB Disco Duro: 40Gb	S. O. Ubuntu Server 14.04, Java Jdk 1.5, Live Media, LibVLC, VLC Client
<b>Acceso de Red</b>	192.168.1.10	Bind 9 instalado y corriendo

Realizado por: (Edgar Barragán, 2018)

En la figura 12-3 se muestra el escenario de streaming de video utilizando VLC, donde se hizo uso de la misma infraestructura de red del diseño anterior con los mismos clientes y las mismas direcciones IPs. Igualmente se utilizó el protocolo RTSP.



**Figura 24-3:** Esquema de Escenario de Streaming de Video con VLC

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

### Direccionamiento IP:

Servidor Streaming de Video: 192.168.1.12/24

Clientes: 192.168.1.13/24; 192.168.1.14/24; 192.168.1.15/24; 192.168.1.16/24; 192.168.1.17/24

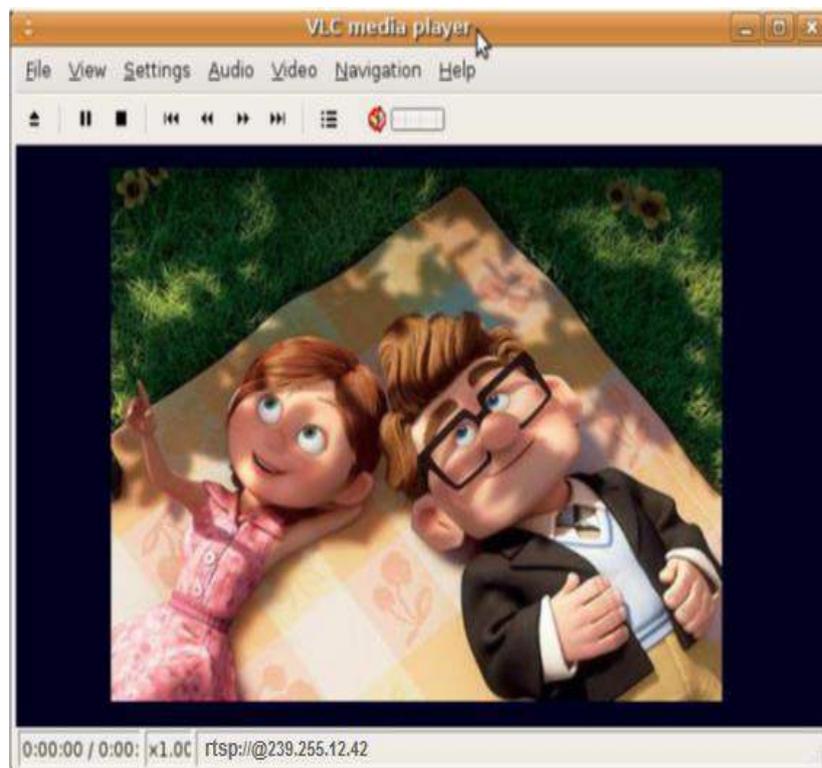
La transmisión multicast es utilizado por los programas de multidifusión, los cuales llegan a un número ilimitado de clientes de forma simultánea sin sobrecarga de la red. El tipo de Video Streaming Multicast, al contrario del Unicast, entrega los *streams* de forma simultánea, del servidor a varios clientes.

Mediante el reproductor de medios VLC se puede enviar varios streams multicast a través de la red, a continuación se indica los pasos para realizar el procedimiento de streaming de video.

- Abrir el reproductor VLC en el servidor
- En el menú de Medios, seleccione "Transmitir"
- En la pestaña "Abrir archivo de diálogo de medios", haga clic en "agregar" y elija el archivo a transmitir luego clic en "Abrir"

- En la parte inferior, haga clic en el botón "Stream", se presenta "Salida de secuencia" que muestra el archivo fuente que ha elegido. Haga clic en Siguiente para establecer el destino.
- En "Destinos", elija "RTP/MPEG Transport Stream" y haga clic en el botón "Agregar"
- En el cuadro "Dirección", ingrese la dirección de multidifusión requerida (ejemplo, 239.255.0.1) y configure el puerto (dejar el puerto predeterminado en 5004)
- En las opciones de transcodificación, se elige la configuración apropiada para el video y los códec de PC. Se escogió "Video H.264+MP3 (MP4)". En encapsulación, se eligió MPEG-TS. En el códec de video se establece la tasa de bits a 4000 kb/s
- Luego haga clic en "Transmitir todas las transmisiones elementales" y finalmente clic en transmitir.

En el cliente VLC se debe acceder al video digitando: RTSP://@xxx.xxx.xxx.xxx:5004 en nuestro caso se usa la dirección 239.255.12.42.



**Figura 25-3: Streaming Multicast con VLC**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

### 3.15 Descripción de los Criterios de Evaluación y sus Parámetros

Este proyecto se sustenta en la evaluación del tráfico de datos Unicast y Multicast en los dos escenarios propuestos de streaming de video. A más de ello se debe realizar una comparación entre los dos tipos de escenarios para determinar cuál es el más eficiente y así poder sugerir que

tipo de transmisión de video se debe utilizar (utilizando Open IMS Core o VLC), a continuación, se describe los parámetros de evaluación.

**En el servidor Streaming de Video:**

- Porcentaje de Uso del CPU
- Porcentaje de Uso de la memoria RAM

**En la red:**

- Consumo de Ancho de Banda
- Pérdida de Paquetes

**3.16 Ponderación de Evaluación**

Con el objeto de realizar la evaluación de los dos escenarios de streaming de video se optó por realizar observaciones subjetivas, desde el punto de vista del usuario final, en cuanto a la calidad del video recibido. Utilizando el método subjetivo conocido como MOS (Mean Opinión Score) para cuantificar el impacto que tiene en el usuario la presencia de fallos en el servicio, determinando de esa forma la calidad de video, metodología propuesta y autorizada por ITU-T. Este ente ha definido parámetros para medir la calidad del contenido multimedia basado en la percepción del usuario. Según el estándar ITU-I, el MOS se encuentra clasificado dentro de 5 grupos definidos de la siguiente manera: (Ver [Anexo K](#)).

**Tabla 4-3: Clasificación MOS (Medida de Opinión de Puntuación)**

MOS	Valor	Observación
Excelente	5	Deterioro de la calidad de video es imperceptible
Bueno	4	Deterioro es perceptible, pero no molesta
Justa	3	Deterioro de la multimedia es molesta
Pobre	2	La multimedia recibida es molesta
Malo	1	La multimedia recibida está muy deteriorada

Fuente: (Yamagishi, 2008)

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

**3.16.1 Formatos soportados.**

Los formatos soportados por el servidor de video VLC implementado en el presente proyecto tanto en transmisiones unicast como multicast son los que se detallan a continuación:

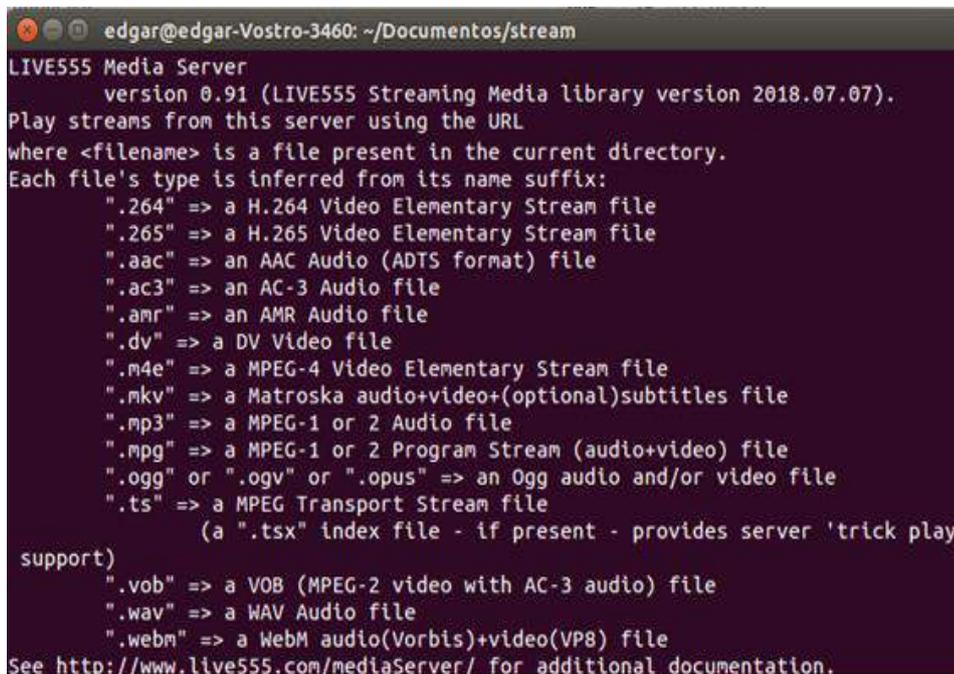
**Tabla 5-3: Formatos Soportados por el Servidor Streaming de Video**

FORMATO	VideoLan Server
<b>MP3</b>	SI
<b>MP4</b>	SI
<b>VOB</b>	SI
<b>MOV</b>	SI
<b>FLV</b>	SI
<b>MKV</b>	SI

Fuente: (David García, 2008, p.37)

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

Con la información de la tabla se determina que el servidor de video que soporta un gran número de formatos de audio y video, sin embargo para ejecutar las pruebas del proyecto se seleccionó videos con formatos “.mkv” ya que se está utilizando la librería **Live555Media Server** para la transmisión del video y ésta utiliza específicamente el formato .mkv para audio, video y subtítulos. En la figura 25-3 se puede ver la inicialización de la librería.



```
edgar@edgar-Vostro-3460: ~/Documentos/stream
LIVE555 Media Server
  version 0.91 (LIVE555 Streaming Media library version 2018.07.07).
Play streams from this server using the URL
where <filename> is a file present in the current directory.
Each file's type is inferred from its name suffix:
".264" => a H.264 Video Elementary Stream file
".265" => a H.265 Video Elementary Stream file
".aac" => an AAC Audio (ADTS format) file
".ac3" => an AC-3 Audio file
".amr" => an AMR Audio file
".dv" => a DV Video file
".m4e" => a MPEG-4 Video Elementary Stream file
".mkv" => a Matroska audio+video+(optional)subtitles file
".mp3" => a MPEG-1 or 2 Audio file
".mpg" => a MPEG-1 or 2 Program Stream (audio+video) file
".ogg" or ".ogv" or ".opus" => an Ogg audio and/or video file
".ts" => a MPEG Transport Stream file
      (a ".tsx" index file - if present - provides server 'trick play
support)
".vob" => a VOB (MPEG-2 video with AC-3 audio) file
".wav" => a WAV Audio file
".webm" => a WebM audio(Vorbis)+video(VP8) file
See http://www.live555.com/mediaServer/ for additional documentation.
```

**Figura 26-3 Inicialización de librería LIVE555 Media Server**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

### **3.17 Análisis del Streaming de Video**

#### ***3.17.1 Análisis del Streaming de Video Utilizando la Plataforma Open IMS Core***

El funcionamiento del servidor Streaming de Video es evaluado con la ejecución de una variedad de pruebas y la utilización del software wireshark, Conky, Wondersaharp. Gracias a ello se pudo obtener una serie de capturas de tráfico de red, con lo cual se realizó el análisis de las tramas que son intercambiadas entre el servidor y el cliente. Se pudo obtener el rendimiento del Servidor en cuanto a la capacidad de Procesamiento, uso de memoria RAM y velocidad de transmisión.

##### ***3.17.1.1 Transmisión Multicast.***

En los apartados anteriores se realizaron las configuraciones del Servidor Streaming de Video con la dirección ip 192.168.1.12. En Multicast el servidor envía la información una sola vez y esta es recibida por todos los clientes que han demandado los servicios, es decir en multicast, un único stream es compartido entre varios clientes. En nuestro aplicativo el stream viaja para los cinco clientes IMS establecidos.

Multicast hace uso del protocolo UDP para la transmisión de una serie de paquetes de datos, por tal motivo el reproductor no puede realizar la solicitud de un paquete de datos de forma sencilla para que este se pueda enviar de nuevo. De acuerdo a ello en la transmisión ocurre lo siguiente:

- Ciertos paquetes se pierden, incluso antes de que el cliente lo note, esto se presenta por la forma en que el reproductor codifica los archivos y los enumera.
- Si existe una pérdida considerable y continua de paquetes puede ser perceptible para el usuario a manera de cortes de sonido y de pausas en las imágenes, dependiendo de la amplitud del buffer que el cliente haya configurado.

En la siguiente figura se representa una captura de la transmisión en donde se filtra solamente el protocolo IGMP. El cliente de la dirección 192.168.1.13 pasa a formar parte del grupo 239.255.12.4 y emite un Reporte No Solicitado para unirse a IGMP con dirección de destino MAC 0x01:00 5E:00:00:02, con la finalidad de participar en el streaming de video que el servidor 192.168.12 se encuentra emitiendo.

No. .	Time	Source	Destination	Protocol	Info
3975	32.024839	192.168.1.13	224.0.0.22	IGMP	V3 Membership Report / Join group 239.255.12.42 for
3979	32.044461	192.168.1.254	224.0.0.1	IGMP	V2 Membership Report / Join group 224.0.0.1
3980	32.046581	192.168.1.200	224.0.0.1	IGMP	V2 Membership Query, general
3984	32.064843	192.168.1.13	224.0.0.251	IGMP	V2 Membership Report / Join group 224.0.0.251
3993	32.124834	192.168.1.13	239.255.12.43	IGMP	V2 Membership Report / Join group 239.255.12.42
3995	32.131117	192.168.1.25	224.0.0.251	IGMP	V2 Membership Report / Join group 224.0.0.251
7688	53.611229	192.168.1.13	224.0.0.2	IGMP	V2 Leave Group 239.255.12.42
7691	53.623434	192.168.1.200	239.255.12.43	IGMP	V2 Membership Query / Join group 42.12.255.239
7921	54.622735	192.168.1.200	239.255.12.43	IGMP	V2 Membership Query / Join group 42.12.255.239

```

Frame 7688 (46 bytes on wire, 46 bytes captured)
Ethernet II, Src: HewlettP_28:32:5e (00:0f:20:28:32:5e), Dst: IPv4mcast_00:00:02 (01:00:5e:00:00:02)
Internet Protocol, Src: 192.168.1.13 (192.168.1.13 ), Dst: 224.0.0.2 (224.0.0.2)
Internet Group Management Protocol

```

**Figura 27-3: Tramas Multicast**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

Se envía un mensaje abandono para salir una vez que el cliente 192.168.1.13 ya no desee formar parte del grupo 239.255.12.42. En el ([Anexo L](#)) se puede apreciar la configuración de Multicast.

### 3.17.1.2 Transmisión Unicast.

El método de transmisión unicast es uno a uno, por tal motivo el Video Streaming Unicast envía un stream para cada cliente y es utilizado para el servidor streaming de video. En un entorno unicast aunque varios usuarios puedan solicitar la misma información al mismo tiempo, el servidor responderá a las peticiones de los usuarios enviando la información a cada uno, es por ello que cualquier usuario puede realizar una petición de una secuencia de stream en cualquier instante.

En la figura que se muestra a continuación se representa la captura de tramas indicando que 192.168.1.12 envía una secuencia de datos de video al cliente 192.168.1.13, el cual hizo la solicitud de un video.



```

13.0-24-generic
-----
Uptime: 0h 58m 17s
Frequency (in MHz): 1200
Frequency (in GHz): 1.20
RAM Usage: 4.32GiB/15.5GiB - 27% ██████████
Swap Usage: 0B /29.8GiB - 0% ██████████
CPU Usage: 28% ██████████
Processes: 241 Running: 1
-----
File systems:
 / 85.2GiB/98.4GiB ██████████
Networking:
Up: 0B - Down: 0B
-----
Name          PID   CPU%  MEM%
firefox       3309   1.00  1.74
VirtualBox    3102  20.38 19.86
Xorg          1630   6.25  6.00
compiz        2686   1.00  1.15

```

**Figura 29-3: Porcentaje de Uso de CPU y Memoria**

**RAM Caso Unicast**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

*3.17.1.4 Porcentaje de Uso de CPU y Memoria RAM Caso Multicast*

Al igual que en caso anterior se ha tomado dos tipos de medida: Porcentaje de uso del CPU y memoria RAM en dónde el uso del CPU es de 5% y el uso de la memoria RAM es de 10%, a continuación, se puede apreciar los respectivos datos.

```

13.0-24-generic
-----
Uptime: 0h 58m 17s
Frequency (in MHz): 1200
Frequency (in GHz): 1.20
RAM Usage: 4.32GiB/15.5GiB - 10% ██████████
Swap Usage: 0B /29.8GiB - 0% ██████████
CPU Usage: 5% ██████████
Processes: 241 Running: 1
-----
File systems:
 / 85.2GiB/98.4GiB ██████████
Networking:
Up: 0B - Down: 0B
-----
Name          PID   CPU%  MEM%
firefox       3309   1.00  1.00
VirtualBox    3102   1.00  8.00
Xorg          1630   1.00  0.50
compiz        2686   1.00  0.50

```

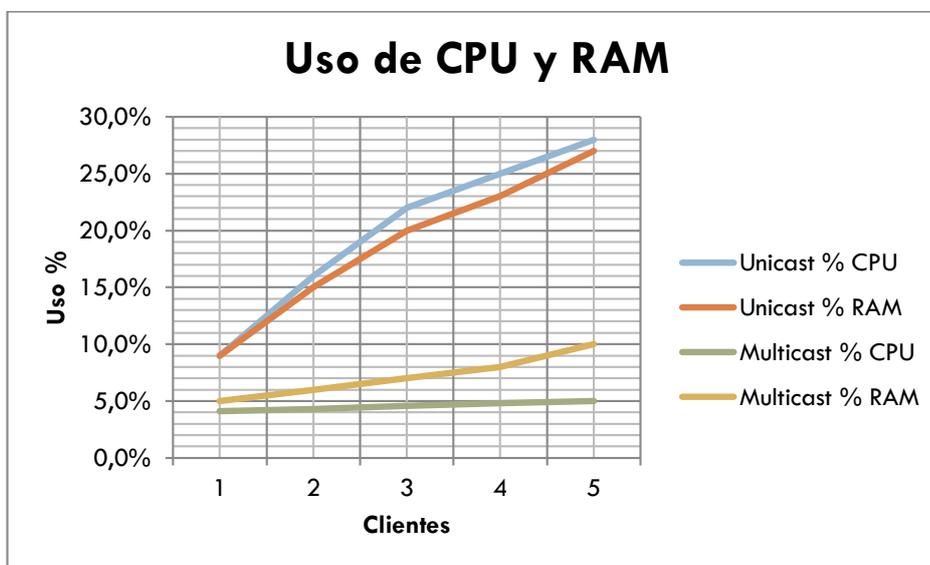
**Figura 30-3: Porcentaje de Uso de CPU Memoria**

**RAM Caso Multicast**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

### Análisis de Recursos en el Servidor – Streaming de Video - Número de Usuarios.

Para el análisis de los datos obtenidos en el streaming de video mediante la plataforma Open IMS Core en los casos Unicast y Multicast se ha utilizado la herramienta libre office Calc para el análisis de datos.



**Figura 31-3: Análisis de Recursos del servidor - Tipo Streaming – Número de Clientes**

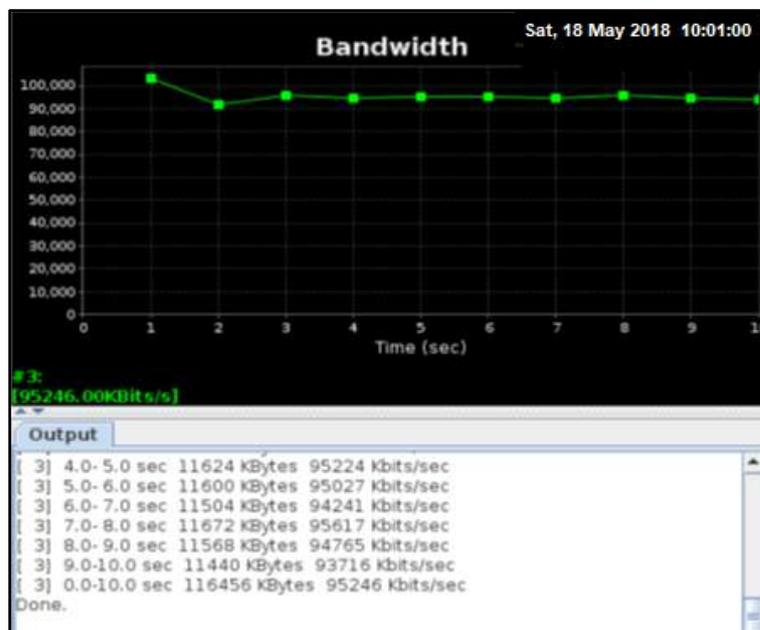
Realizado por: Edgar Barragán, 2018

**Caso Unicast:** En la figura se puede observar que el porcentaje del uso del CPU y de Memoria RAM es directamente proporcional al número de peticiones Unicast realizada al servidor. Al momento de iniciar una demanda mayor se empieza a sobrecargar la memoria, eso trae como consecuencia más cantidad de paginado. Cuando el número de peticiones alcanza las 5 como se muestra en el gráfico, el porcentaje de uso del CPU y Memoria RAM sube el nivel de sobrecarga, 28 y 27% respectivamente. En tal momento el índice de paginado aumenta drásticamente y como consecuencia el servidor de streaming de video puede dejar de funcionar.

**Caso Multicast:** Cuando el servidor de streaming de video atiende peticiones de los clientes por medio de la plataforma Open IMS Core en el caso Multicast, se puede apreciar que no se incrementa el uso de recursos del servidor y por ende, los valores de las medidas se mantiene estables 10% Uso del CPU y 5% Uso de la memoria RAM cuando el número de peticiones incrementa. Por tanto se puede mencionar que el streaming de video con IP Multicast es más eficiente en comparación con el Unicast. El Streaming Multicast utiliza menos recursos en el servidor de video.

### 3.17.1.5 Análisis del Ancho de banda del Streaming de Video

La disponibilidad de ancho de banda en la línea de transmisión para el servicio, es una de las condiciones necesarias para evaluar el desempeño del servidor streaming de video. En la figura 32-3 se puede notar el ancho de banda disponible (95 Mbps) entre el Servidor Streaming de Video y un Cliente a través de la red de cable.



**Figura 32-3: Ancho de Banda en la red LAN**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

Para realizar un análisis del comportamiento entre la calidad de video y el ancho de banda de la red y el cliente en un ambiente de streaming de video, se ha limitado el ancho de banda disponible para realizar las respectivas pruebas. Para administrar el ancho de banda en la tarjeta de red se utilizó la aplicación *wondershaper* para Linux Ubuntu, la cual permite simular distintos escenarios.

De acuerdo a la metodología MOS nombrada anteriormente se cuantifica el impacto en el usuario final la presencia de fallos en el servicio. (Ver [Anexo K](#)). Las percepciones de la calidad de video fueron analizadas en relación a los videos detallados a continuación:

**Tabla 6-3: Parámetros de los Videos de Prueba**

N°	Video	Contenedor – Códec	Bit Rate	Frame Rate	Tamaño	Duración
1	Video96.mkv	Matroska	96 Kbps	30 fps	134 Mb	96 mn
2	Video128.mkv	Matroska	128 Kbps	30 fps	142 Mb	96 mn
3	Video144.mkv	Matroska	144 Kbps	30 fps	151 Mb	96 mn
4	Video240.mkv	Matroska	240 Kbps	30 fps	217 Mb	96 mn
5	Video336.mkv	Matroska	336 Kbps	30 fps	281 Mb	96 mn
6	Video480.mkv	Matroska	480 Kbps	30 fps	371 Mb	96 mn
7	Video1008.mkv	Matroska	1008 Kbps	30 fps	647 Mb	96 mn
8	Video1536.mkv	Matroska	1536 Kbps	30 fps	831 Mb	96 mn
9	Video1754.mkv	Matroska	1754 Kbps	30 fps	1,27 Mb	96 mn

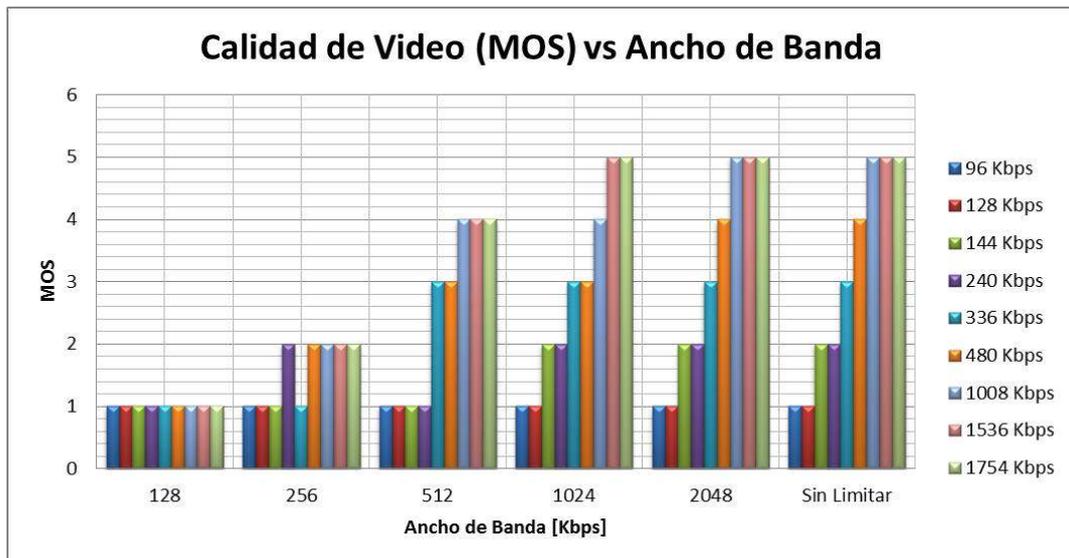
Realizado por: Edgar Barragán, 2018

**Tabla 7-3: Evaluación de calidad de video MOS para el servidor Streaming de Video**

Bit Rate	ANCHO DE BANDA MÁXIMO PERMITIDO					
	128	256	512	1024	2048	Sin Limitar
96 Kbps	1	1	1	1	1	1
128 Kbps	1	1	1	1	1	1
144 Kbps	1	1	1	2	2	2
240 Kbps	1	2	1	2	2	2
336 Kbps	1	1	3	3	3	3
480 Kbps	1	2	3	3	4	4
1008 Kbps	1	2	4	4	4	5
1536 Kbps	1	2	4	5	5	5
1754 Kbps	1	2	4	5	5	5

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

De los resultados obtenemos la siguiente figura:



**Figura 33-3: Resultados Calidad de Video (MOS) vs Ancho de Banda**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

Con ancho de banda de 256 Kbps y bit rate bajos de (96 Kbps, 128 Kbps, 144 Kbps) la calidad de percepción del video en el cliente es deficiente y pobre, es decir MOS=1,2.

Al probar con 1 bit rate de (336 Kbps y 480 Kbps) y un ancho de banda de 512 Kbps, se nota una mejor imagen con una percepción moderada, MOS= 3. Con bit rates más altos (1008 Kbps, 1536 Kbps y 1754 Kbps) y el mismo ancho de banda la recepción de la imagen en el cliente está en un estado de buena, MOS= 4.

Sobre el manejo del ancho de banda, se pudo notar que desde los 512 Kbps, la calidad de video percibida es razonable (MOS=3) con los videos donde su tasa de bits es superior a 336 Kbps.

Para recibir la calidad de video entre los niveles de Razonable, Buena y Excelente (MOS=3, 4, 5) se necesita de 1024 Kbps de ancho de banda, y con una tasa de bits de video de (336 Kbps, 480 Kbps, 1008 Kbps, 1536 Kbps y 1754 Kbps), mientras más alto es el bit rate mejor es calidad de imagen obtenida.

De acuerdo al análisis realizado se puede enunciar que para que un canal emita videos con definición estándar es necesaria por lo menos una conexión de 1,0 Mbps de ancho de banda.

### 3.17.1.6 Análisis de Pérdida de Paquetes

La transmisión multimedia de video que se ha experimentado en este entorno de red LAN, puede producir calidades de servicio negativas, las cuales no son óptimas para el aplicativo. La causa principal para obtener una buena calidad de transmisión es la pérdida de paquetes.

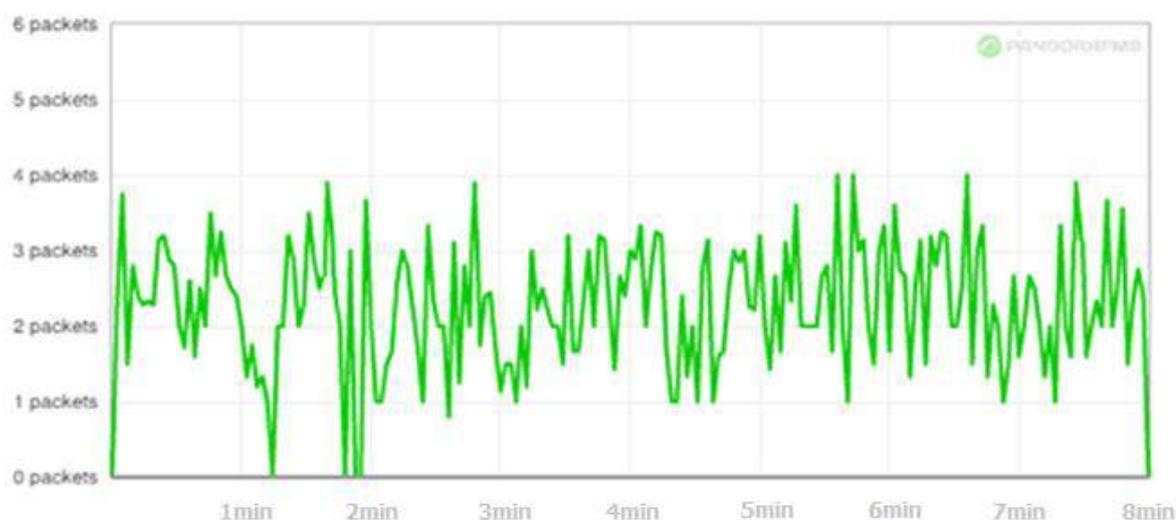
El propósito fundamental es acertar en un alto grado de confiabilidad para transmisiones multimedia con una tasa de pérdidas de paquetes aceptable. Se produce la pérdida de paquetes en un entorno de transmisión multimedia de video por no utilizar un protocolo fiable y efectivo. Básicamente los paquetes no llegan al destino o llegan más tarde que el tiempo de retardo del buffer del reproductor.

El programa que se utiliza para monitorizar y analizar la pérdida de paquetes en la transmisión multimedia de video utilizando la plataforma Open IMS Core es el “Pandora FMS” (Sistema de Monitorización Flexible) como todos los programas utilizados en este prototipo es de código abierto. (Ver [Anexo N](#)).

Utilizando Pandora FMS más el apoyo del plugin packet\_loss.sh se puede conseguir toda la información necesaria, para monitorizar la pérdida de paquetes y evaluar el sistema implementado.

Se envía un ping a una maquina cliente para comprobar si en la información enviada existe alguna pérdida de paquetes. Desplegamos la monitorización de pérdida de paquetes en la consola de Pandora FMS y se observara el módulo con la información que ha ido almacenando el plugin, determinando si existen momentos donde se produce pérdidas de paquetes.

Analizamos la gráfica de pérdida de paquetes del prototipo, donde se puede apreciar que existe una pérdida constante, pero los valores son bajos, no existiendo grandes picos que pudieren demostrar otro problema.



**Figura 34-3:** Resultados de Pérdida de Paquetes en Transmisión de Video Utilizando IMS Core  
Realizado por: Edgar Barragán, 2018

De acuerdo a esta imagen se aprecia que se pierden hasta 4 paquetes en un tiempo de 8 minutos de transmisión.

Esta información puede plasmarse en informes que combinen la visualización de gráficas con los datos reales obtenidos a través de la monitorización

### 3.17.2 Análisis del Streaming de Video Utilizando el Servidor VLC

Con el objeto de comparar el rendimiento del Servidor Streaming de Video, en cuanto a consumo de procesador y memoria RAM; velocidad de transmisión y la calidad del video en el Cliente, se ha emitido el stream pero sin utilizar la plataforma Open IMS Core, es decir el video será transmitido utilizando VLC Media Server instalado en el servidor streaming de video. Al igual que en el apartado anterior se ha utilizado los mismos programas para el análisis de datos, como son el wireshark, Conky y Wondersharp.

Del mismo modo en el cliente se ha utilizado el reproductor de video VLC Client y en especial el protocolo RTSP. Igualmente se hará uso de la red que se utilizó en Open IMS Core.

#### 3.17.2.1 Transmisión de Video Multicast con VLC

La transmisión multicast es utilizado por los programas de multidifusión, los cuales llegan a un número ilimitado de clientes de forma simultánea sin sobrecarga de la red. El tipo de Video Streaming Multicast, al contrario del Unicast, entrega los *streams* de forma simultánea, del servidor a varios clientes.

Mediante el reproductor de medios VLC se puede enviar varios streams multicast a través de la red. A continuación, se presenta la captura de las tramas multicast en el servidor de video:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
3975	32.024839	192.168.1.13	224.0.0.22	RTSP	V3 Membership Report / Join group 239.255.12.42 for .
3979	32.044481	192.168.1.254	224.0.0.1	RTSP	V2 Membership Report / Join group 224.0.0.1
3980	32.046581	192.168.1.200	224.0.0.1	RTSP	V2 Membership Query, general
3984	32.064843	192.168.1.13	224.0.0.251	RTSP	V2 Membership Report / Join group 224.0.0.251
3993	32.124834	192.168.1.13	239.255.12.43	RTSP	V2 Membership Report / Join group 239.255.12.42
3995	32.131117	192.168.1.25	224.0.0.251	RTSP	V2 Membership Report / Join group 224.0.0.251
7688	53.611229	192.168.1.13	224.0.0.2	RTSP	V2 Leave Group 239.255.12.42
7691	53.623434	192.168.1.200	239.255.12.43	RTSP	V2 Membership Query / Join group 42.12.255.239
7921	54.622735	192.168.1.200	239.255.12.43	RTSP	V2 Membership Query / Join group 42.12.255.239

▶ Frame 7688 (46 bytes on wire (46 bytes captured))

▶ Ethernet II, Src: HewlettP\_28:32:5e (00:0f:20:28:32:5e), Dst: IPv4mcast\_00:00:02 (01:00:5e:00:00:02)

▶ Internet Protocol, Src: 192.168.1.13 (192.168.1.13 ), Dst: 224.0.0.2 (224.0.0.2)

▶ Internet Group Management Protocol

**Figura 35-3: Tramas Multicast en VLC**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

En el cliente VLC se debe acceder al video digitando: RTSP://@xxx.xxx.xxx.xxx:5004 en nuestro caso se usa la dirección 239.255.12.42.

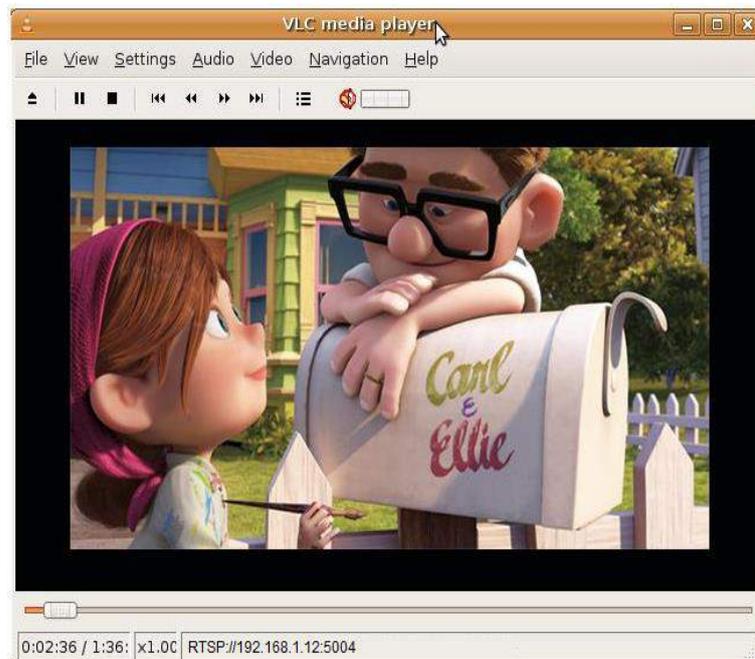
### 3.17.2.2 Transmisión de Video Unicast con VLC.

El tipo de video Streaming Unicast envía *streams* uno a uno para cada cliente en donde cualquier usuario puede realizar una petición de una secuencia de *stream* en cualquier momento.

Unicast es una buena opción para recibir transmisiones en tiempo real y videos almacenados, como toda aplicación tiene sus desventajas unicast igual lo tiene, la principal es que el servidor debe enviar paquetes de datos de forma individual a todo usuario que solicite recibir la transmisión. Si se tiene a varios usuarios recibiendo el stream funciona de manera eficiente, pero si se trata de enviar el flujo de datos a cientos de usuarios se deberá tener en cuenta dos inconvenientes con la transmisión unicast: excesivas peticiones y excesivos paquetes, lo cual afectará el rendimiento del servidor y la red.

Para verificar el perfecto funcionamiento del servidor de video, se utilizó el media player VLC. Hacemos clic en la opción Medio/Abrir volcado de red, agregamos la dirección IP del servidor streaming con el puerto por el que se entrega el servicio y el canal requerido.

El puerto le dejamos por defecto (5004), el nombre del canal que en nuestro caso es el mk y para reproducir el video digitamos RTSP://192.168.1.12:5004.



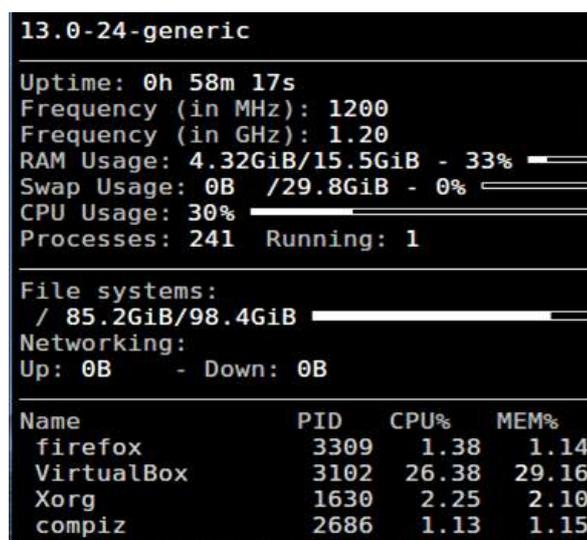
**Figura 36-3: Streaming Unicast con VLC**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

### 3.17.2.3 Porcentaje de Uso de CPU y Memoria RAM Caso Unicast con VLC.

La memoria RAM desempeña un papel muy importante para que se puedan ejecutar varios programas de manera simultánea en una computadora. Para el funcionamiento de un servidor streaming no es necesario una gran cantidad de memoria RAM, pues a pesar de que existan varios usuarios conectados a él no se otorga gran cantidad de memoria pues lo más importante es el ancho de banda.

Para la adquisición de datos en el servidor igualmente se utilizó el programa “Conky”. En el escenario de streaming de video caso Unicast con VLC, se ha tomado como medida el porcentaje de uso del CPU y memoria RAM en dónde el uso del CPU es de 30% y el uso de la memoria RAM es de 33%, el en siguiente grafico se puede observar los respectivos datos.



**Figura 37-3: Porcentaje de Uso de CPU y Memoria RAM Caso Unicast con VLC**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

### 3.17.2.4 Porcentaje de Uso de CPU y Memoria RAM Caso Multicast con VLC

Los parámetros escogidos igualmente son el porcentaje de uso del CPU y memoria RAM en dónde el uso del CPU es de 8% y el uso de la memoria RAM es de 16% cuando se está enviando un video a la tasa de 100 Kbps y codificación MP4V, a continuación se puede apreciar los respectivos datos adquiridos en la herramienta “conky”.

```

13.0-24-generic
-----
Uptime: 0h 58m 17s
Frequency (in MHz): 1200
Frequency (in GHz): 1.20
RAM Usage: 4.32GiB/15.5GiB - 16% ██████████
Swap Usage: 0B /29.8GiB - 0% ██████████
CPU Usage: 8% ██████████
Processes: 241 Running: 1
-----
File systems:
 / 85.2GiB/98.4GiB ██████████
Networking:
Up: 0B - Down: 0B
-----
Name      PID   CPU%  MEM%
firefox   3309  1.18  1.04
VirtualBox 3102  4.31  13.06
Xorg      1630  2.00  1.00
compiz    2686  1.13  1.05

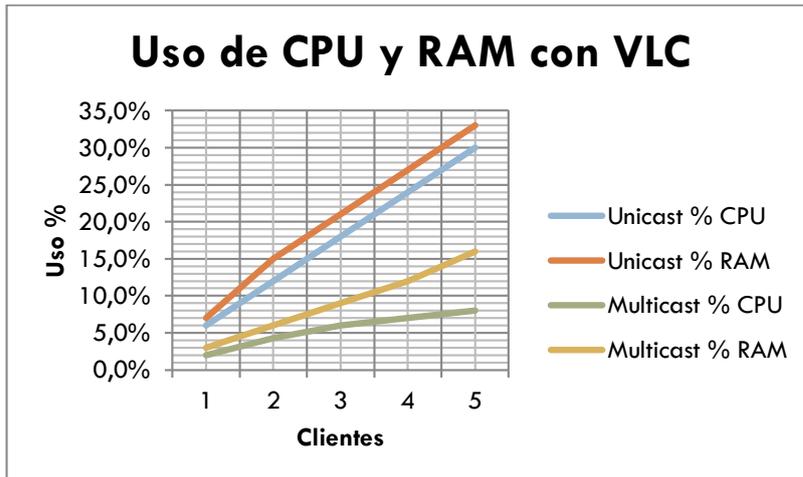
```

**Figura 38-3: Porcentaje de Uso de CPU y Memoria RAM Caso Multicast**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

**Análisis de Recursos en el Servidor – Streaming de Video - Número de Usuarios.**

Para el análisis de datos obtenidos en el streaming de video con VLC en los casos Unicast y Multicast se ha utilizado la herramienta libre office Calc.



**Figura 39-3: Análisis de Recursos del Servidor - Tipo Streaming – Número de Clientes con VLC**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

**Caso Unicast con VLC:** El porcentaje del uso del CPU y de Memoria RAM es directamente proporcional al número de peticiones Unicast realizada al Servidor de Video. Mientras mayores peticiones realizadas al servidor se empieza a sobrecargar la memoria, esto da origen a más cantidad de paginado. Una vez que las peticiones alcancen a 5 como se aprecia en la figura 38-3,

el porcentaje de uso del CPU llega a 30% y la Memoria RAM a 33% lo cual se aproxima a una sobrecarga y un elevado índice de paginado si incrementáramos el número de peticiones.

**Caso Multicast con VLC:** En este caso podemos apreciar que no se incrementa el uso de recursos del servidor como en el caso anterior, los valores son del 8% Uso del CPU y 16% Uso de la memoria RAM igualmente cuando el número de peticiones se ha incrementado. De tal manera que se puede manifestar que el streaming de video con IP Multicast mediante el servidor VLC es más eficiente en comparación con el caso Unicast. El Streaming Multicast utiliza menos recursos en el servidor de video.

### *3.17.2.5 Análisis del Ancho de Banda del Streaming de Video con VLC*

Debido al avance que tienen día a día los proveedores de servicios de internet se ha conseguido que con menos y mejor equipo se pueda transmitir grandes cantidades de datos, lo cual ha permitido a los proveedores brindar un mejor servicio a un costo menor, logrando así que el usuario final adquiera enlaces de alta capacidad a costos accesibles, pero cuando se transmite videos por medio de internet es necesario ser cuidadosos, debido a que puede saturarse el enlace si no se optimiza el video y su envío.

Al igual que el caso anterior la disponibilidad de ancho de banda en la línea de transmisión para el servicio streaming de video sin utilizar la plataforma Open IMS Core es de (95 Mbps) entre el Servidor Streaming de Video y los Clientes a través de la red de cable.

Para evaluar la calidad del video recibido en el usuario final igualmente se utilizó el método subjetivo MOS (Mean Opinión Score) el mismo que permitirá cuantificar los fallos del servicio en el cliente. Metodología propuesta y autorizada por ITU-T, Ver [Anexo K](#).

Las percepciones de la calidad de video fueron analizadas en relación a los mismos videos transmitidos en el caso de streaming de Video utilizando la plataforma Open IMS Core.

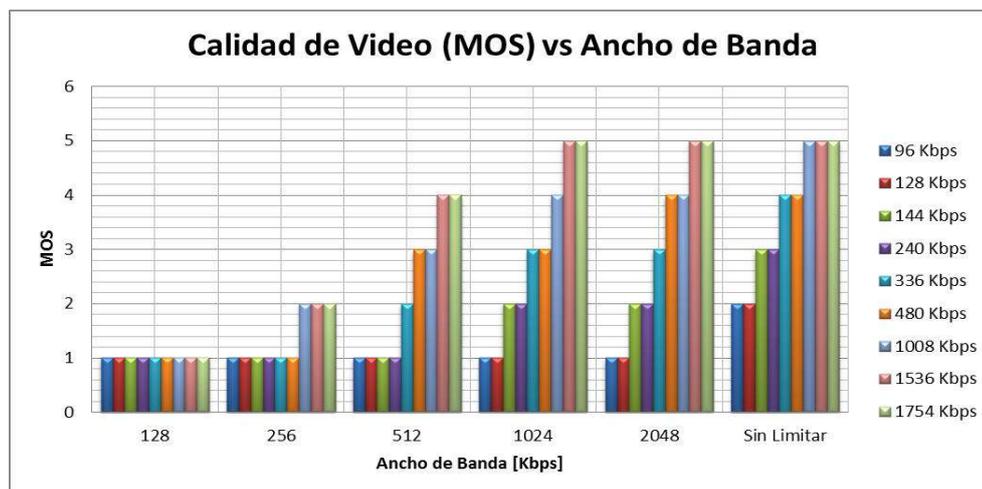
Los resultados de la evaluación de calidad de video MOS para el servidor Streaming de Video utilizando VLC se detallan a continuación:

**Tabla 8-3: Evaluación de calidad de video MOS para el servidor Streaming de Video con VLC**

Bit Rate	ANCHO DE BANDA MÁXIMO PERMITIDO					
	128	256	512	1024	2048	Sin Limitar
96 Kbps	1	1	1	1	1	2
128 Kbps	1	1	1	1	1	2
144 Kbps	1	1	1	2	2	3
240 Kbps	1	1	1	2	2	3
336 Kbps	1	1	2	3	3	4
480 Kbps	1	1	2	3	4	4
1008 Kbps	1	2	2	4	5	5
1536 Kbps	1	2	3	5	5	5
1754 Kbps	1	2	3	5	5	5

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

De los resultados expuestos se obtiene la siguiente figura:



**Figura 40-3: Resultados Calidad de Video (MOS) vs Ancho de Banda con VLC**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

En la figura 40-3 se puede notar que las peticiones de contenido codificado a 1 de todos los bit rate son bajo y resultaron con una calidad deficiente, es decir MOS=1 donde la recepción del video es pobre ya que tiene mucho deterioro.

Con un ancho de banda de 256 Kbps y los bit rate de (1008 Kbps, 1536 Kbps y 1754 Kbps) se nota efectos de bloques sobre imagen y falta de nitidez, esto impacta negativamente en la percepción del cliente final, donde (MOS= 2).

En el ancho de banda a 512 Kbps y videos codificados con bit rates altos de (1536 Kbps y 1754 Kbps) las secuencias recibidas son buenas, siendo MOS= 4.

Si el bit rate del video a transmitir es alto mejor será la calidad de imagen en el cliente y con un ancho de banda 512 Kbps la calidad de video percibida es moderada (MOS=3) donde la tasa de bits de los videos es superior a 480 Kbps.

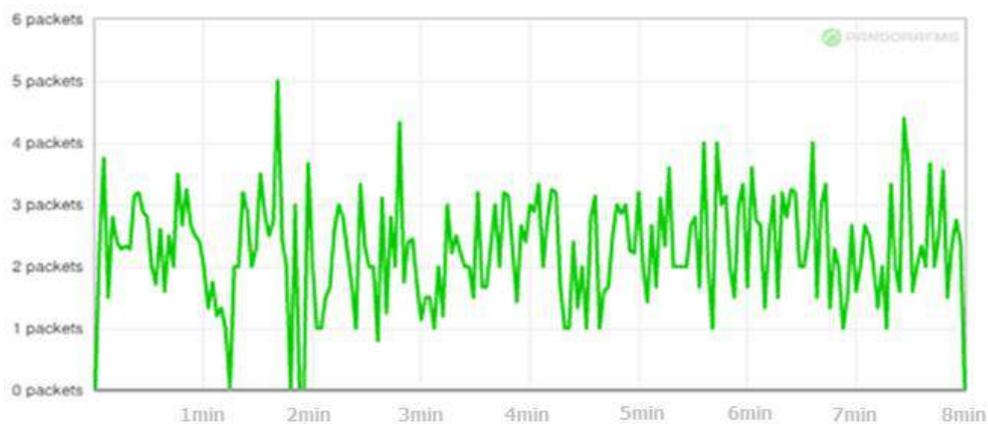
El ancho de banda de 1024 Kbps es muy apropiado para recibir la calidad de video entre los niveles de razonable, buena y excelente (MOS=3, 4, 5), con un bit rate de (1008 Kbps, 1536 Kbps y 1754 Kbps) respectivamente.

Con un ancho de banda de 1024 Kbps se puede recibir un video con niveles de MOS=3; 4; 5 es decir buena, razonable y excelente percepción en el cliente y con bit rates de bits más bajos (336 Kbps, 480 Kbps, 1008 Kbps, 1536 Kbps y 1754 Kbps).

El ancho de banda mínimo requerido para obtener calidad de imagen y una percepción excelente en el cliente se requiere mínimo una conexión de 1,0 Mbps de ancho de banda.

### 3.17.2.6 Análisis de Perdida de Paquetes

Al igual que el análisis de la perdida de paquetes que se realizó en el caso anterior se utilizó la misma herramienta “Pandora FMS” (Sistema de Monitorización Flexible) para determinar cuántos paquetes se han perdido en la transmisión de video utilizando VLC. Ver Anexo D.



**Figura 41-3: Resultados de Perdida de Paquetes en Transmisión de Video Utilizando VLC**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

De acuerdo a la figura 41-3 presentada por el programa Pandora FMS se observa que hasta 5 paquetes se pierden en un lapso de 8 minutos de transmisión. En la transmisión de video utilizando Open IMS Core se pierden hasta 4 paquetes en un lapso de 8 minutos de transmisión.

### **3.18 Procesamiento y Análisis de los Indicadores de la Variable Independiente**

En este punto se indica los parámetros a evaluar en el desempeño del servidor de Streaming de Video.

#### **Porcentaje de Uso del CPU**

Con 5 clientes que utilizan el sistema en el caso de la Transmisión Multimedia de Video Utilizando Open IMS Core caso Unicast el uso del CPU llega a un 28%, mientras que en el caso de Transmisión Multimedia de Video Utilizando VLC llega a un 30%.

En el caso Multicast utilizando Open IMS Core el servidor de streaming de video llega a un 5% de uso del CPU y utilizando VLC llega a un 8% de uso, de tal manera se dictamina que en el caso Multicast y utilizando Open IMS Core el servidor streaming de video utiliza menos recursos.

#### **Porcentaje de Uso de la Memoria RAM**

En el caso Unicast de la Transmisión Multimedia de Video Utilizando Open IMS Core el uso de la memoria RAM es del 27% en el servidor streaming de video, mientras que utilizando VLC el uso de la memoria RAM es de 33%, con cinco clientes que se encuentran utilizando el sistema.

Con Multicast en la Transmisión Multimedia de Video Utilizando Open IMS Core el servidor de streaming de video llega a un 10% de uso de la memoria RAM y utilizando VLC 16% de uso, del mismo modo se determina que en el caso Multicast utilizando Open IMS Core el servidor streaming de video utiliza menos recursos

#### **Pérdida de Paquetes**

En la Transmisión Multimedia de Video Utilizando Open IMS Core se pierden hasta 4 paquetes en un lapso de 8 horas, mientras que utilizando VLC se pierden hasta 5 paquetes en el mismo tiempo, de acuerdo al programa utilizado Pandora FMS.

#### **Consumo de Ancho de Banda**

Para evaluar el ancho de banda se optó por realizar observaciones subjetivas, desde el punto de vista del usuario final, en cuanto a la calidad del video recibido. Haciendo énfasis en el método subjetivo conocido como MOS (Mean Opinion Score) para cuantificar el impacto que tiene en el usuario la presencia de fallos en el servicio, determinando de esa forma la calidad de video.

Mediante el análisis realizado se puede manifestar que, para que un canal emita videos con definición estándar es necesaria por lo menos una conexión de 1,0 Mbps de ancho de banda.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1 Resultados Obtenidos

En esta sección se presenta una comparación de resultados de los dos tipos de escenarios realizados, “Transmisión Multimedia de Video Mediante Open IMS Core” y “Transmisión Multimedia de Video Mediante VLC”, en los dos casos Unicast y Multicast, los parámetros tomados en cuenta como ya hemos mencionado anteriormente son el uso de CPU, Memoria RAM, Ancho de Banda y Perdida de Paquetes.

##### *4.1.1 Comparación de Datos del Uso de CPU y Memoria RAM Caso Unicast de Transmisión Multimedia de Video Utilizando Open IMS Core Vs Transmisión Multimedia de Video Utilizando VLC.*

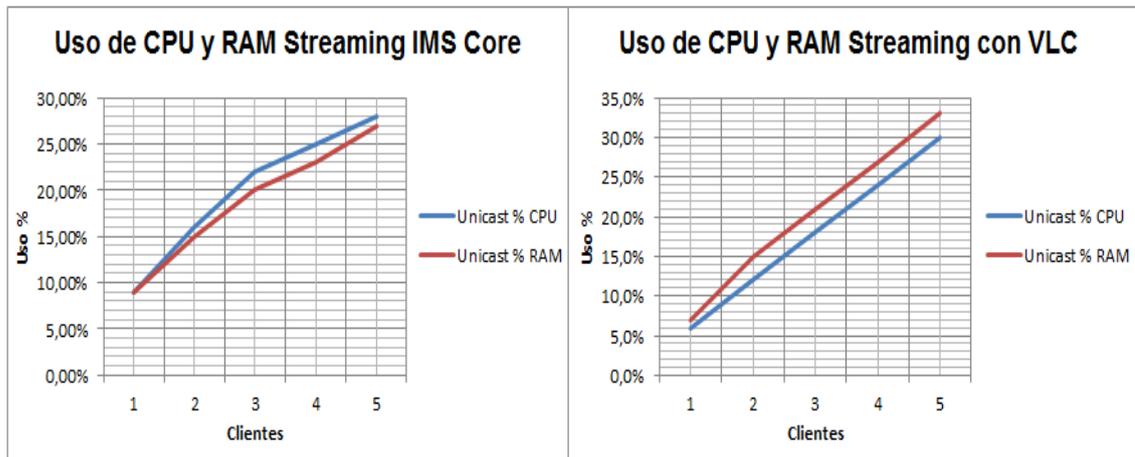
En el caso de la Transmisión Multimedia de Video Utilizando Open IMS Core el uso del CPU llega a un 28% y el uso de la memoria RAM a un 27% en el servidor streaming de video, mientras que en el caso de Transmisión Multimedia de Video Utilizando VLC el uso del CPU llega a un 30% y el uso de la memoria RAM a un 33%, con cinco clientes que se encuentran utilizando el sistema por tanto se puede determinar que utilizando Open IMS Core el servidor streaming de video utiliza menos recursos.

**Tabla 9-4: Uso del CPU y RAM Streaming de Video con Open IMS Core y VLC Caso Unicast**

Clientes	Transmisión con Open IMS Core		Transmisión con VLC	
	Unicast % CPU	Unicast % RAM	Unicast % CPU	Unicast % RAM
5	28%	27%	30%	33%

Realizado por: (Edgar Barragán, 2018)

A continuación se presenta el grafico de la unificación de los datos obtenidos en las dos transmisiones:



**Figura 42-4: Comparación de Resultados de Uso del CPU y RAM en Trasmisión con IMS Core vs VLC Caso Unicast**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

**4.1.2 Comparación de Datos del Uso de CPU y Memoria RAM Caso Multicast de Transmisión Multimedia de Video Utilizando Open IMS Core Vs Transmisión Multimedia de Video Utilizando VLC**

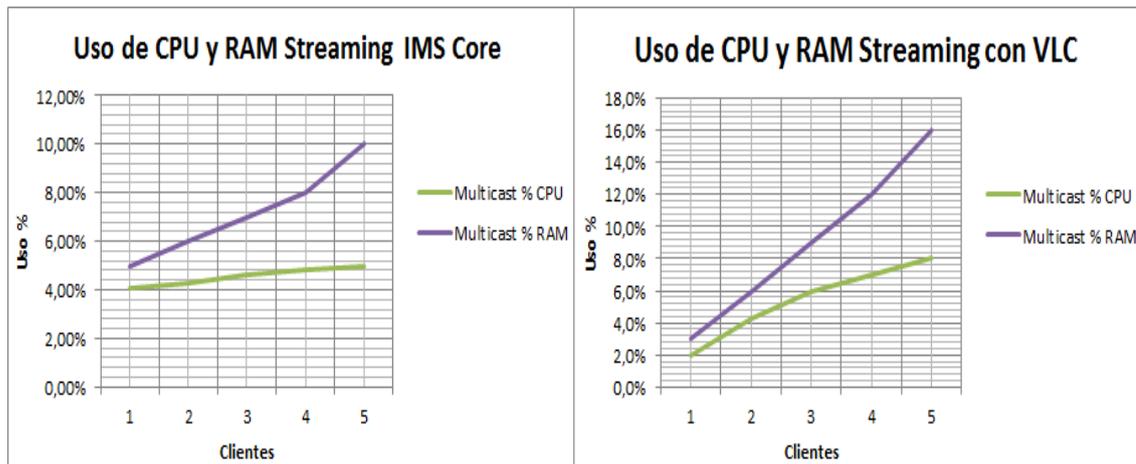
Cuando se realiza la Transmisión Multimedia de Video Utilizando Open IMS Core el servidor de streaming de video llega a un 5% de uso del CPU mientras que la memoria RAM a un 10%, en la Transmisión Multimedia de Video Utilizando VLC el CPU llega a un 8% y la memoria RAM a un 16% de uso, igualmente con cinco clientes que hacen uso del sistema, de tal manera se determina que utilizando Open IMS Core el servidor streaming de video utiliza menos recursos.

**Tabla 10-4: Uso del CPU y RAM Streaming de Video con Open IMS Core y VLC Caso Multicast**

Clientes	Transmisión con Open IMS Core		Transmisión con VLC	
	Multicast % CPU	Multicast % RAM	Multicast % CPU	Multicast % RAM
5	5%	10%	8%	16%

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

A continuacin se presenta la figura que determinan nuestros datos:



**Figura 43-4: Comparación de Resultados de Uso del CPU y RAM en Transmisión con IMS Core vs VLC Caso Multicast**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

En la Transmisión Multimedia de Video Utilizando Open IMS Core el servidor de streaming de video utiliza menos recursos en comparación con la Transmisión Multimedia de Video Utilizando VLC ya sea en los casos Unicast como Multicast, lo cual nos permite enunciar que para realizar un streaming de video es más factible utilizar la plataforma Open IMS Core de Software Libre.

#### 4.1.3 Comparación del Ancho de Banda de la Transmisión Multimedia de Video Utilizando Open IMS Core Vs Transmisión Multimedia de Video Utilizando VLC.

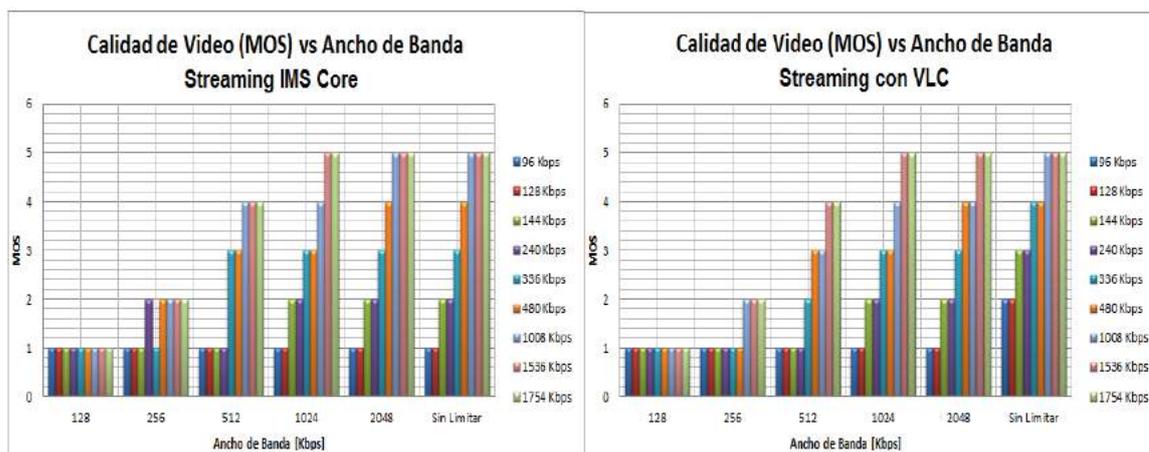
La variación que podemos notar en este caso es que en la Transmisión Multimedia de Video Utilizando Open IMS Core, específicamente en el ancho de banda de 512 Kbps la percepción de la imagen en el cliente es buena con un bit rate de video de (1008 Kbps, 1536 Kbps y 1754 Kbps).

Mientras que en la Transmisión Multimedia de Video Utilizando VLC y en el mismo ancho de banda de 512 Kbps la percepción de imagen en el cliente es buena pero con un bit rate de video de (1536 Kbps y 1754 Kbps).

En el ancho de banda de 1024 Kbps en ambas formas de transmitir el video multimedia la imagen en el cliente es excelente en los casos (1536 Kbps y 1754 Kbps) de bit rate del video.

El ancho de banda mínimo requerido para obtener calidad de imagen y una percepción excelente en el cliente se requiere mínimo una conexión de 1,0 Mbps.

A continuación, se presenta la figura de comparación del ancho de banda utilizado para transmitir video utilizando Open IMS Core y utilizando VLC.



**Figura 44-4: Comparación de Resultados Uso del Ancho de Banda en Trasmisión con IMS Core vs VLC**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

## 4.2 Comprobación de la Hipótesis

La comprobación de la hipótesis: “Al evaluar el tráfico de datos Unicast y Multicast en el Servidor Streaming de Video, permitirá realizar un diseño óptimo de un servicio de transmisión multimedia de video”, se la realizó aplicando la Técnica de Coeficiente de Correlación.

Esta técnica es una herramienta muy útil al instante de medir el comportamiento de dos o más variables relacionadas, ya que, si los cambios en una de ellas influyen en los valores de la otra, enunciaremos que las variables están correlacionadas o existe relación entre ellas. A continuación, se realiza una presentación, análisis e interpretación de resultados

### 4.2.1 Comprobación de la Hipótesis Usando Coeficiente de Correlación

La hipótesis del presente estudio planteo que:

Al evaluar el tráfico de datos Unicast y Multicast en el Servidor Streaming de Video, permitirá realizar un diseño óptimo de un servicio de transmisión multimedia de video.

A partir de esta información se puede identificar las variables dependientes e independientes que intervienen.

**h1** = “Al evaluar el tráfico de datos Unicast y Multicast en el Servidor Streaming de Video, permitirá realizar un diseño óptimo de un servicio de transmisión multimedia de video”.

**ho** = “Al evaluar el tráfico de datos Unicast y Multicast en el Servidor Streaming de Video, No permitirá realizar un diseño óptimo de un servicio de transmisión multimedia de video”.

#### 4.2.1.1 Operacionalización Conceptual de Variables

**Variable Independiente:** Tráfico de datos Unicast y Multicast en el Servidor Streaming de Video.

**Variable Dependiente:** Diseño óptimo de un servicio de transmisión multimedia de video.

**Tabla 11-4: Variables de la Hipótesis**

Variable	Tipo	Concepto
Tráfico de datos Unicast y Multicast en el Servidor Streaming de Video.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Independiente</li><li>• Compleja</li></ul>	La capacidad del servidor streaming de video para soportar más carga de trabajo con modificaciones o ampliaciones que sean razonables en términos de complejidad sin perder calidad.
Diseño óptimo de un servicio de transmisión multimedia de video.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dependiente</li><li>• Compleja</li></ul>	Se presenta a la plataforma IP Multimedia Subsystem (IMS) cómo una Plataforma de Entrega de Servicios en la adopción de redes NGN. Se detalla la construcción de un prototipo IMS. Además describe el diseño e implementación del servicio de transmisión de Video usando los bloques de servicio proporcionado por el prototipo.

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

#### Indicadores

A continuación, se presentan los indicadores que van a ser evaluados los mismos que nos permitirán fomentar mediciones tanto de la variable independiente como dependiente.

#### 4.2.1.2 Indicadores de la Variable Independiente

En este punto se indica los parámetros a evaluar en el desempeño del servidor de Streaming de Video.

#### Porcentaje de Uso del CPU

Con 5 clientes que utilizan el sistema en el caso de la Transmisión Multimedia de Video Utilizando Open IMS Core caso Unicast el uso del CPU llega a un 28%, mientras que en el caso de Transmisión Multimedia de Video Utilizando VLC llega a un 30%.

En el caso Multicast utilizando Open IMS Core el servidor de streaming de video llega a un 5% de uso del CPU y utilizando VLC llega a un 8% de uso, de tal manera se dictamina que en el

caso Multicast y utilizando Open IMS Core el servidor streaming de video utiliza menos recursos.

### **Porcentaje de Uso de la Memoria RAM**

En el caso Unicast de la Transmisión Multimedia de Video Utilizando Open IMS Core el uso de la memoria RAM es del 27% en el servidor streaming de video, mientras que utilizando VLC el uso de la memoria RAM es de 33%, con cinco clientes que se encuentran utilizando el sistema.

Con Multicast en la Transmisión Multimedia de Video Utilizando Open IMS Core el servidor de streaming de video llega a un 10% de uso de la memoria RAM y utilizando VLC 16% de uso, del mismo modo se determina que en el caso Multicast utilizando Open IMS Core el servidor streaming de video utiliza menos recursos

### **Pérdida de Paquetes**

En la Transmisión Multimedia de Video Utilizando Open IMS Core se pierden hasta 4 paquetes en un lapso de 8 horas, mientras que utilizando VLC se pierden hasta 5 paquetes en el mismo tiempo, de acuerdo al programa utilizado Pandora FMS.

### **Consumo de Ancho de Banda**

Para evaluar el ancho de banda se optó por realizar observaciones subjetivas, desde el punto de vista del usuario final, en cuanto a la calidad del video recibido. Haciendo énfasis en el método subjetivo conocido como MOS (Mean Opinion Score) para cuantificar el impacto que tiene en el usuario la presencia de fallos en el servicio, determinando de esa forma la calidad de video.

Mediante el análisis realizado se puede manifestar que, para que un canal emita videos con definición estándar es necesaria por lo menos una conexión de 1,0 Mbps de ancho de banda.

#### *4.2.1.3 Indicadores de la Variable Dependiente*

Para aplicaciones académicas y productivas donde se necesita desarrollar prototipos, protocolos y aplicaciones relacionados con IMS. La implementación de un servicio de streaming de video sobre un prototipo de la plataforma IMS permitirá: una exploración del modelo de redes de próxima generación (NGN), así como realizar pruebas y mediciones de los componentes existentes

### **Aplicaciones**

Sus aplicaciones son innumerables debido a la facilidad de la transmisión multimedia de video, utilizando Open IMS Core, en lo académico podemos fusionar con plataformas virtuales como moodle, joomla, drupal etc. En la parte de producción se puede aplicar en IPTV,

videoconferencia, video más texto de tiempo real, la multiconferencias en video, audio o texto, la difusión de medios de TV o radio, el vídeo bajo demanda etc.

### **Registro del Servidor y el Cliente en la Plataforma IMS**

El servidor de streaming de video al igual que el cliente son usuarios de la plataforma Open IMS Core, de tal manera que deben estar registrados en la red IMS. Para realizar esta acción se enviará un mensaje SIP de petición tipo REGISTER.

### **Inicio de Sesión entre Cliente IMS y Servidor Streaming de Video**

Cuando el cliente elige el video que desea recibir, envía un mensaje tipo INVITE al servidor Streaming de video para el inicio de una sesión. El servidor se encarga de comprobar si tiene el contenido indicado, y en caso de ser correcta, acepta el cliente iniciando la sesión.

### **Envío de Comandos del Cliente IMS al Servidor Streaming de Video**

Cuando la sesión se establece entre el cliente IMS y el servidor de Video, el cliente es capaz de enviar comandos para conducir el video, estos comandos son: Play, Pause y Stop.

### **Envío de Contenido Multimedia del Servidor de Video al Cliente IMS**

Cuando el cliente envía el comando PLAY al servidor, este comienza a transmitir el contenido multimedia siempre y cuando la sesión se encuentre establecida. Esta transmisión de contenidos se efectúa por medio de una conexión RTP convenida de manera previa a través del contenido SDP del mensaje INVITE.

### **Finalización de Sesión entre Cliente y Servidor**

Si el cliente ya no desea seguir visualizando el video puede cerrar la sesión establecida con el servidor con el envío de un mensaje tipo BYE.

### **Almacenamiento de Datos**

Sin lugar a duda esta fase dentro de la aplicación es importante porque una vez registrados tanto el cliente como el servidor streaming de video en la Plataforma IMS se guardan en la base de datos llamada HSS.

### **Fiabilidad**

Este prototipo implementado es netamente confiable ya que cumple con el propósito inicial de transmisión de video utilizando Open IMS Core de manera eficiente en un determinado instante de tiempo.

## **Seguridad**

Este prototipo de transmisión multimedia de video mantiene alto grado de seguridad ya que la plataforma Open IMS Core, el servidor Streaming de Video y el Cliente están implementados en Linux (Ubuntu 14.04), el cual es un Sistema Operativo seguro.

## **Manejabilidad**

Este prototipo de transmisión multimedia de video utilizando Open IMS Core es muy fácil de utilizar, basta con ejecutar el archivo “cliente.sh” y seguir los pasos para recibir el video en la máquina.

## **Operabilidad**

Únicamente existe una condición para que el prototipo no funcione y es que tanto el cliente como el servidor de video no estén en la red establecida de la transmisión de video, si se encuentran en esta red funciona perfectamente.

## **Costos de Infraestructura**

Para la implementación del prototipo de transmisión multimedia de video utilizando Open IMS Core no existieron gastos de infraestructura, únicamente gastos de hardware.

## **Movilidad**

Este prototipo no puede ser transportable ya que la plataforma Open IMS Core y el servidor streaming de video deben estar en máquinas estables, únicamente los clientes pueden desplazarse a otros lugares basta con ingresar a la plataforma mediante el archivo .sh para tener acceso al video solicitado.

## **Desplazamiento**

Este parámetro tiene mucha concordancia con el anterior, y se puede manifestar que el cliente es el único que puede estar en cualquier parte ya que por ser una arquitectura cliente-servidor nos brinda este privilegio.

## **Escalabilidad**

El prototipo de transmisión multimedia de video utilizando Open IMS Core tiene su habilidad para poder funcionar perfectamente y así no perder calidad en su desempeño.

## **Soporta Varios Sistemas Operativos**

Este prototipo de transmisión multimedia de video utilizando Open IMS Core puede funcionar únicamente bajo cualquier denominación de Linux, se ha escogido Ubuntu 14.04.

#### 4.2.1.4 Coeficiente de Correlación de Pearson

Para la comprobación de la hipótesis que establece la relación directa entre dos variables, en el presente trabajo se ha utilizado el estadístico del coeficiente de correlación de Pearson. Dicho índice nos indica el grado de relación existente entre dos variables, puede oscilar entre 1 y -1. Cuando el coeficiente es próximo a 0 nos indica que no existe relación entre las variables. Con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05 = 5\%$  y un número de grados de libertad de  $v = n - L$ , siendo  $n$  el número de características evaluadas y  $L$  el número de variables que intervienen:  $v = 20 - 2 = 18$ . En la tabla de significación del coeficiente de correlación de Pearson basada en la ley de Snodcor (Ver [Anexo O](#)). Se tiene que el coeficiente será significativo si es igual o superior a 0.444.

De forma que la hipótesis se expresa como sigue:

$$H1: |r_{xy}| \geq 0.444$$

$$H0: |r_{xy}| < 0.444$$

$$v = 28$$

$$\alpha = 0.05$$

Siendo:

X = Variable Independiente: Evaluar el tráfico de datos Unicast y Multicast en el Servidor Streaming de Video.

Y = Variable Dependiente: Realizar un diseño óptimo de un servicio de transmisión multimedia de video.

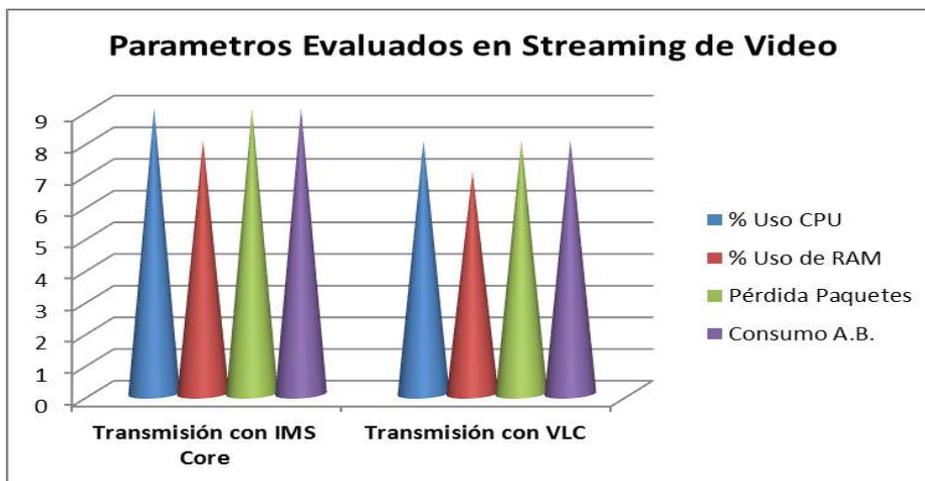
Las siguientes tablas comparativas, muestran la relación de indicadores de las variables de la hipótesis, estos indicadores están calificados con valores del 1 al 10.

**Tabla 12-4: Parámetros a evaluar en el Servidor de Video y la Red.**

Indicador	Transmisión IMS Core	Transmisión VLC
Porcentaje de Uso del CPU	9	8.
Porcentaje de Uso de memoria RAM	8	7
Pérdida de Paquetes	9	8
Consumo de Ancho de Banda	9	8
<b>Suma</b>	<b>35</b>	<b>31</b>

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

En la siguiente figura se presenta la comparación de los dos tipos de prototipos implementados tomando en cuenta los indicadores de la variable independiente.



**Figura 45-4: Comparación de Parámetros en Trasmisión con IMS Core vs VLC**

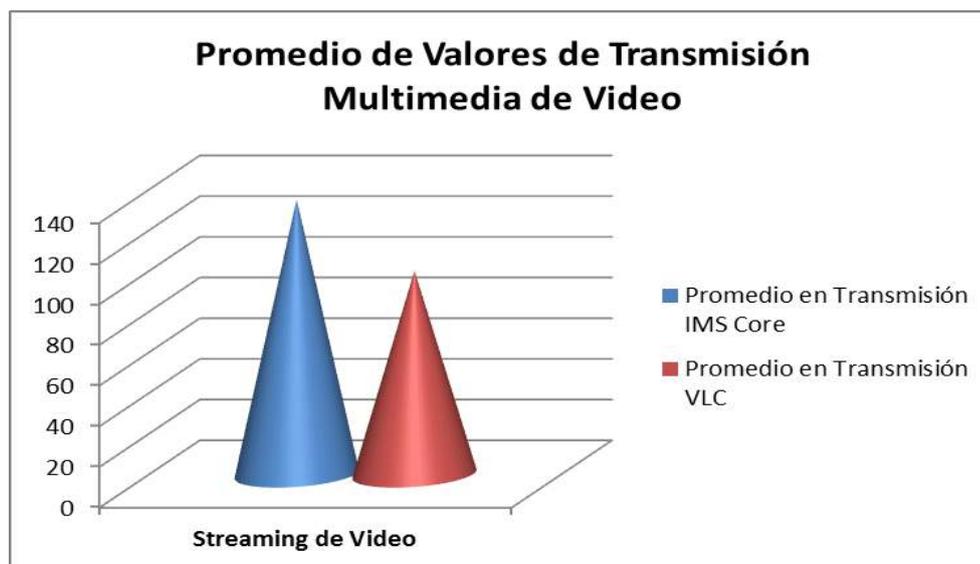
Realizado por: Edgar Barragán, 2018

**Tabla 13-4: Cuadro Comparativo del Diseño de un Servicio de Transmisión Multimedia de Video.**

Indicador	Transmisión IMS Core	Transmisión VLC
Aplicaciones	9	8
Registro del Servidor y el Cliente en la Plataforma IMS	9	0
Inicio de Sesión entre Cliente IMS y Servidor Streaming de Video	9	0
Envío de Comandos del Cliente IMS al Servidor Streaming de Video	9	0
Envío de Contenido Multimedia del Servidor de Video al Cliente IMS	9	0
Finalización de Sesión entre Cliente y Servidor	9	9
Almacenamiento de Datos	9	8
Fiabilidad	9	8
Seguridad	9	8
Manejabilidad	9	8
Operabilidad	8	8
Costos de Infraestructura	8	8
Movilidad	7	9
Desplazamiento	6	9
Escalabilidad	9	8
Soporta Varios Sistemas Operativos	7	9
<b>Suma</b>	<b>135</b>	<b>100</b>

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

El siguiente grafico se indica una comparación de los dos tipos de prototipos implementados tomando en cuenta los valores de los indicadores de la variable dependiente, se muestra los promedios de los valores tomados anteriormente.



**Figura 466-4: Promedio de Parámetros en Trasmisión con IMS Core vs VLC**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

**Tabla 14-4: Cuadros Resumen de Comparación de los Servicios de Transmisión Multimedia de Video.**

Indicadores		Open IMS Core		VLC	
X	Y	X	Y	X	Y
Porcentaje de Uso del CPU	Aplicaciones	9	9	8.	8
Porcentaje de Uso de memoria RAM	Registro del Servidor y el Cliente en la Plataforma IMS	8	9	7	0
Pérdida de Paquetes	Inicio de Sesión entre Cliente IMS y Servidor Streaming de Video	9	9	8	0
Consumo de Ancho de Banda	Envío de Comandos del Cliente IMS al Servidor Streaming de Video	9	9	8	0
	Envío de Contenido Multimedia del Servidor de Video al Cliente IMS		9		0
	Finalización de Sesión entre Cliente y Servidor		9		9
	Almacenamiento de Datos		9		8
	Fiabilidad		9		8
	Seguridad		9		8
	Manejabilidad		9		8
	Operabilidad		8		8
	Costos de Infraestructura		8		8

	Movilidad		7		9
	Desplazamiento		6		9
	Escalabilidad		9		8
	Soporta Varios Sistemas Operativos		7		9
<b>Suma</b>			<b>135</b>		<b>100</b>

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

**Tabla 15-4: Cuadros de Valores para el Cálculo del Coeficiente de Pearson**

N	X	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1	9	9	81	81	81
2	8	9	72	64	81
3	9	9	81	81	81
4	9	9	81	81	81
5	8.	9	72	64	81
6	7	9	63	49	81
7	8	9	72	64	81
8	8	9	72	64	81
9		9			81
10		9			81
11		8			64
12		8			64
13		7			49
14		6			36
15		9			81
16		7			49
17		8			64
18		0			0
19		0			0
20		0			0
21		0			0
22		9			81
23		8			64
24		8			64
25		8			64
26		8			64
27		8			64
28		8			64
29		9			81
30		9			81
31		8			64
32		9			81
<b>Σ</b>	<b>58</b>	<b>235</b>	<b>594</b>	<b>548</b>	<b>1989</b>

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

#### 4.2.1.5 Cálculo del Coeficiente de Pearson

$$r_{xy} = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{(n\sum x^2 - (\sum x)^2)(n\sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

$$r_{xy} = \frac{32(594) - (58)(235)}{\sqrt{(32(548) - (58)^2)(32(1989) - (235)^2)}}$$

$$r_{xy} = \frac{(19008) - 13630}{\sqrt{((18688) - (3364))((63648) - (55225))}}$$

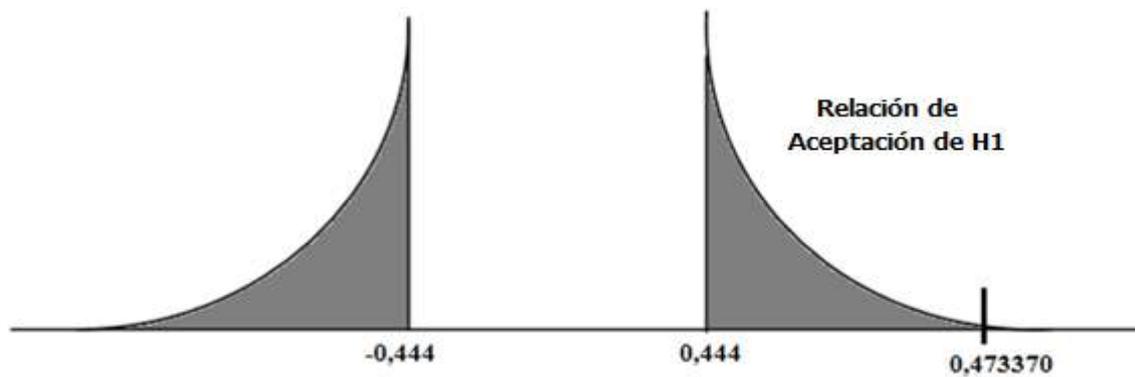
$$r_{xy} = \frac{5378}{\sqrt{(15324)(8423)}}$$

$$r_{xy} = \frac{5378}{\sqrt{129074052}}$$

$$r_{xy} = \frac{5378}{11361,07618}$$

$$r_{xy} = 0,473370$$

El coeficiente de correlación entre las variables X e Y, es significativo al 1 por mil, por ser el valor absoluto superior a  $r(18, 0.029) = 0,47$



**Figura 47-4: Distribución Normal del Coeficiente de Pearson**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

Las áreas sombreadas representan la zona de aceptación y la parte en blanco, la zona de rechazo de la hipótesis nula. Se ubica el valor de la tabla 0,444.

- **Ho:  $|r_{xy}| < 0,444$**   
 Ho:  $|0,473370| < 0,444$   
 Ho:  $0,473370 < 0,444$   
 Ho: **No Satisface**
  
- **H1:  $|r_{xy}| \geq 0,444$**   
 H1:  $|0,473370| \geq 0,444$   
 H1:  $0,473370 \geq 0,444$   
 H1: **Si Satisface**

Dado que  $r_{xy} = 0,473370$  con un nivel de significación de 0.029 es mayor que **0.444**, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ . Por lo tanto, se acepta la hipótesis  $H_1$  comprobando que: “Al evaluar el tráfico de datos Unicast y Multicast en el Servidor Streaming de Video, permitirá realizar un diseño óptimo de un servicio de transmisión multimedia de video”.

## CONCLUSIONES

- Mediante el análisis de la tecnología IMS se cumplió con el diseño e implementación del prototipo de streaming de video de acuerdo a los objetivos planteados. Por tanto la aplicación obtenida puntualiza una plataforma ejemplo para la unificación de futuros servicios de usuario final.
- En este trabajo de investigación se hace énfasis de sobremanera la utilización de herramientas de software Libre para su implementación. Se manejaron programas que no solicitan pago de licencias y que están disponibles en el Internet. El uso de Open IMS Core.
- Con el objeto de hacer una comparación del desempeño del servidor streaming de video con los parámetros planteados, el Uso del CPU y memoria RAM se realizó dos tipos de escenarios diferentes; transmisión multimedia de video mediante Open IMS Core y Utilizando el Servidor VLC, en la transmisión Unicast y Multicast.
- La transmisión Multicast de video mediante la plataforma Open IMS Core es más eficiente que la transmisión Multicast utilizando VLC porque dicha transmisión consume menos recursos en el servidor de video. De tal manera que cuando se desea implementar un servicio de Streaming de video a gran escala se debe tener en cuenta la utilización de la plataforma IMS Core, porque ella permite el registro de usuarios, creación de perfiles de usuario, filtros, triggers lo cual da un mejor flujo de paquetes.
- Para la transmisión de video en ambos casos se tiene una disponibilidad de 96 Mbps de ancho de banda donde se limitó a la interfaz Ethernet a 128, 256, 512, 1024 y 2048 Kbps y de acuerdo a las evaluaciones mediante la Metodología MOS de ITU-T se enuncia que se debería tener mínimo 1024 Kbps de ancho de banda con el cual se recibe una imagen excelente en el cliente, pero con un bit rate de video a transmitir de (1536 Kbps y 1754 Kbps).

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se actualice las librerías de UCT IMS Client y que se permita facilidad en su instalación, de igual manera que sea compatible con las plataformas Windows, Linux y Unix. De esta manera la recepción del video en el cliente sería mucho más efectiva que conectarse mediante un archivo .sh como lo es en este proyecto.
- Open IMS Core al ser una plataforma de código abierto y orientada principalmente a la parte educativa se recomienda hacer los análisis necesarios para que pueda ser enlazada con la plataforma de Educación Virtual moodle, ya que en la creación de cursos virtuales el docente podría hacer uso de un video del prototipo implementado.
- Las implementaciones de este tipo de proyectos no se deben utilizar para fines comerciales, ya que Open IMS Core siendo una plataforma de software libre está completamente disponible en la web y cualquier persona podría utilizar para diferentes empresas, de tal forma estas aplicaciones se deberían utilizar en fines educativos.
- Para la implementación de prototipos de streaming de video utilizando la plataforma IMS Core se debe hacer un estudio y análisis de los protocolos que intervienen en la red IMS, así como en la transmisión de video, para tener un mejor resultado de video en el usuario final.

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**MULTICAST:** Es el envío de información en una red a múltiples receptores de manera simultánea, un emisor envía un mensaje y son varios los receptores que lo reciben.

**OPEN IMS CORE:** Es un proyecto de código abierto para realizar bancos de prueba en el núcleo de la red IMS.

**QoE:** Es una medida de extremo a extremo del desempeño del sistema, la cual es realizada en la capa de servicio y desde la perspectiva del usuario, además este indica el grado en que el sistema satisface las necesidades del usuario.

**NETWORK ATTACHMENT SUBSYSTEM (NASS)** es el encargado de implantar las ordenes por las que se comunica el UE con la red. Esto se obtiene por la autenticación y autorización de las configuraciones del UE unido con la asignación eficiente y reservación de recursos mediante IP.

**RESOURCE AND ADMINISTRATION CONTROL SUBSYSTEM (RACS)** se encarga de reservar los recursos que requiere el UE, así como la administración y control de dichos recursos.

**APPLICATION SERVER (AS):** Pertenece a la entidad SIP que ejecutará los servicios de valor agregado. Los SIP Application Servers pueden simplificar enormemente la construcción de aplicaciones a través del uso de Service Creation Environments (SCEs), que permiten a los desarrolladores concentrarse en el sistema de negocio abstrayéndose de toda la infraestructura.

**STREAMING:** La tecnología streaming permite la distribución de contenidos multimedia (audio y/o vídeo) mediante una red de datos (puede ser Internet) de forma continua y en tiempo real, sin descargarse el archivo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Badilla, C., Benzi, M., & Zepeda, P. (2016). Transmisión de video usando RTP y RTSP.
- Benito, M. R. (2009). Desarrollo de una aplicación de audio conferencia basada en Multicast para escenarios de red con soporte IMS. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid.
- Blum, N., Carvalho, F., & Magedanz, T. (2006). Aplicabilidad de la infraestructura IMS. aplicabilidad de la infraestructura IMS. Berlin, Germany.
- Camarilla, G., & García, M. (2006). The 3G IP Multimedia Subsystem (IMS) (2 ed., Vol. 414 ).
- Camarilla, G., & García, M. (2006). The 3G IP Multimedia Subsystem (IMS). (Second Edition ed.).
- Candelas, F. (2009). Manual de la Práctica 3: Protocolos de Transporte TCP y UDP. Universidad de Alicante.
- Colores, J. M. (2008). Estudio comparativo de sistemas de difusión de video afluente. Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital.
- CONELEC. (2012). Plan Maestro de Electrificación 2012-2021. Quito.
- Costilla, D., & Reaño, S. (2008). Streaming de Audio/video. Protocolo RTSP. Enginy@eps.
- García, M. S., & Ramírez, A. A. (2009). Video Sobre IP. Mexico: Centro de Investigación y Tecnología Digital.
- García, M. S., & Ramírez, A. A. (2009). Video Sobre IP. Mexico: Centro de Investigación y Tecnología Digital.
- García, M., & Ramírez, A. (2014). Video sobre IP. México: Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital, perteneciente al Instituto Politécnico Nacional.
- Georg Mayer, P. M., & Aki Niemi, K. H. (2009). The IMS: IP Multimedia Concepts and Services (3rd Edition ed.). John Wiley & Sons.
- Hasan, K. A., & Qadeer, M. A. (2010). User Centric Quality of Experience Testing for Video on Demand over IMS. Madrid.
- Kurt, R. (2010). Diseño e Implementación de un Laboratorio de IPTV. Memoria de Título para optar a la carrera de Ingeniero Civil Electricista. Santiago, Chile. : Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas .
- Lizana, R. (2008). Subsistemas Multimedia IP (IMS) en 3GPP y 3GPP2,. Santiago de Chile: Departamento de Ingeniería Eléctrica Universidad de Santiago de Chile.
- Louckx, W. (2013). Streaming media over multicast. Finland: Mikkelin Ammattikorkeakoulu.
- M, R. L., & Member, S. (2008). Subsistemas Multimedia IP (IMS) en 3GPP y 3GPP2. Santiago de Chile: IEEE. Departamento de Ingeniería Eléctrica Universidad de Santiago de Chile.

- Macdonald, A. K. (2009). Servicios Personalizados de Multimedia ofrecidos sobre la plataforma IP Multimedia Subsystem. México: Laboratorio de Redes Avanzadas Instituto Tecnológico de México.
- MacDonald, A. K. (2009). Servicios Personalizados de Multimedia Ofrecidos Sobre la Plataforma IP Multimedia Subsystem. Mexico, Mexico D.F.
- Meza, A. (2012). Implementación de plataforma para streaming de video en tiempo real, a partir de tecnologías libres . Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala.
- Networking Research Group. (2017). Transmisión en internet streaming de audio y video. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Open IMS Playground@FOKUS. (2015). Un acercamiento a la arquitectura IMS, las amenazas y medidas de seguridad.
- Open Source IMS Project. (2018). Open Source implementation of IMS Call Session Control Functions.
- Ramos Benito, M. (2009, 03 15). Desarrollo de una aplicación de audioconferencia basada en multicast para escenarios de red con soporte IMS. Desarrollo de una aplicación de audioconferencia basada en multicast para escenarios de red con soporte IMS. Madrid, España.
- Ramos, M. (2009). Desarrollo de una aplicación de audio conferencia basada en Multicast para escenarios de red con soporte IMS. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid. .
- Rodríguez, R., López, J., Ferreras, A., & García, J. (2004). Servicio de Vídeo sobre redes Móviles de Nueva Generación. Madrid: Telefónica Móviles - Investigación y Desarrollo.
- Rodríguez, R., López, J., Ferreras, A., & García, J. (2014). Servicio de Vídeo sobre redes Móviles de Nueva Generación. Telefónica Móviles. España: Telefónica Móviles- Investigación y Desarrollo.
- Santamaría, W. (2011). Protocolos de señalización usada actualmente para terminales móviles e IP. Bogotá: Fundación Universitaria Konrad Lorenz.
- SENPLADES. (2013). Plan Nacional de Desarrollo / Plan Nacional para el Buen Vivir 2013 - 2017. Versión resumida. Quito.
- Tejada, M., & Osorio, A. (2010). Análisis de métodos del protocolo de inicio de sesión (SIP) en escenarios que emplean traducción de direcciones de red (NAT). Medellín: Universidad San Buenaventura.
- University of Cape Town. (2018). UCT IMS Client.
- Waiting, D., Good, R., Spiers, R., & Ventura, N. (2008). Características funcionales del cliente UTC IMS Client. South África.

## ANEXOS

### Anexo A. Instalación del Open IMS Core

#### Prerrequisitos:

Para la instalación es necesario:

Habilitar el repositorio partner en /etc/apt/source.list

```
root@edgar-Vostro-3460:/# cd/etc/apt/  
root@edgar-Vostro-3460:/etc/apt# vi source.list
```

Actualizar los repositorios del sistema.

```
root@edgar-Vostro-3460:/etc/apt# apt-get update
```

Instalar el software utilizando sudo apt-get install:

```
root@edgar-Vostro-3460:/etc/apt# apt-get install subversion ant sun-java6-jdk bison flex mysql-  
server libmysqlclient15-dev libxml2 libxml2-dev libxml2-dev bind9
```

Configurar el JAVA HOME. Luego de la instalación Java (JRE & JDK), modifica el archivo profile, que se ubica en /etc/profile. Es importante verificar que exista el patch usr/lib/jvm/java-6-sun-1.6.0.20

```
export JAVA_HOME=/usr/lib/jvm/java-6-sun-1.6.0.20  
export CLASSPATH=.:$JAVA_HOME/lib:$JAVA_HOME/lib/dt.jar:$JAVA_HOME/lib/tools.jar  
export PATH=$JAVA_HOME/bin:$PATH
```

Una vez que se ha editado el archivo profile, es necesario reiniciar el servidor.

#### Obtención del Código Open IMS Core

Iniciar un terminal linux, para ello se debe crear el directorio /opt/OpenIMSCore

```
root@edgar-Vostro-3460:/opt# mkdir /opt/OpenIMSCore  
root@edgar-Vostro-3460:/opt# cd /opt/OpenIMSCore
```

Crear el directorio ser\_ims

```
root@edgar-Vostro-3460:/opt /OpenIMSCore# mkdir ser_ims
root@edgar-Vostro-3460:/opt /OpenIMSCore# svn checkout
http://svn.berlios.de/svnroot/repos/openimscore/ser_ims/trunk ser_ims
```

Crear el directorio FHoSS

```
root@edgar-Vostro-3460:/opt /OpenIMSCore# mkdir FHoSS
root@edgar-Vostro-3460:/opt /OpenIMSCore# svn checkout
http://svn.berlios.de/svnroot/repos/openimscore/FHoSS/trunk FHoSS
```

Compilar el código

```
root@edgar-Vostro-3460:/opt /OpenIMSCore# cd ser_ims
root@edgar-Vostro-3460:/opt /OpenIMSCore/ser_ims# make install-libs all
root@edgar-Vostro-3460:/opt /OpenIMSCore/ser_ims# cd..
```

Si durante la compilación aparece un mensaje de error es porque posiblemente no se instalaron los prerequisites que se han indicado. Se debe verificar que la versión de JDK sea superior a 1.5.

```
root@edgar-Vostro-3460:/opt/OpenIMSCore# java -version
java version "1.6.0_20"
Java(TM) SE Runtime Environment (build 1.6.0_20-b02)
Java HotSpot(TM) Server VM (build 16.3-b01, mixed mode)
```

```
root@edgar-Vostro-3460:/opt /OpenIMSCore# cd FHoSS
root@edgar-Vostro-3460:/opt /OpenIMSCore / FHoSS# ant compile
root@edgar-Vostro-3460:/opt /OpenIMSCore / FHoSS# ant deploy
root@edgar-Vostro-3460:/opt /OpenIMSCore / FHoSS# cd ..
```

## Configuración del servicio DNS

En la carpeta ser\_ims/cfg/ se encuentra el archivo open-ims.dnszone. Copiar ese archivo en el directorio de configuración bind /etc/bind/

```
root@edgar-Vostro-3460:/opt /OpenIMSCore# cd ser_ims/cfg
root@edgar-Vostro-3460:/opt /OpenIMSCore/ser_ims/cfg# cp open-ims.dnszone /etc/bind/
```

Es importante editar el archivo `named.conf` ubicado en el directorio `/etc/bind`. Para evitar tener complicaciones en el arranque del servicio `named` se debe tener cuidado en evitar errores sintácticos al modificar el archivo `named.conf`

```
root@edgar-Vostro-3460:/# cd /etc
root@edgar-Vostro-3460:/etc# cd bind
root@edgar-Vostro-3460:/etc/bind# vim named.conf
```

Inserta las siguientes líneas:

```
zone "open-ims.test" {
    type master;
    file "/etc/bind/open-ims.dnszone";
};
```

Una declaración `zone` precisa las características de una zona, así como la ubicación de su archivo de configuración y especificaciones de la zona. En la declaración, la zona se identifica como `open-ims.test`, el tipo es configurado como `master` y el servicio `named` se dirige para leer el archivo `/etc/bind/open-ims.dnszone`. Finalmente, para terminar la configuración del servicio DNS se reinicia el servicio.

```
root@edgar-Vostro-3460:/etc/bind# /etc/init.d/bind9 restart
```

Se verifica que el archivo `/etc/resolv.conf` apunte como servidor DNS a la ip `192.168.1.10`, de esta forma se asegura que el mismo servidor resuelva el dominio `open-ims.test`. Se verifica que la resolución se efectúe en el servidor de la siguiente forma:

```
root@edgar-Vostro-3460:/etc/bind# nslookup hss.open-ims.test
Server:      192.168.1.10
Address:     192.168.1.10 #53

Name:   hss.open-ims.test
Address: 192.168.1.10
```

## Configuración de la Base de Datos

MySQL es utilizado como servidor de la base de datos, y para la creación de las tablas se utiliza los scripts que se ubican en las carpetas `/opt/OpenIMSCore/ser_ims/cfg/` y `/opt/OpenIMSCore/FhoSS/scripts/`

```
root@edgar-Vostro-3460:/opt/OpenIMSCore# mysql -u root -p -h localhost<ser_ims/cfg/icscf.sql
root@edgar-Vostro-3460:/opt/OpenIMSCore # mysql -u root -o -h localhost <
FHoSS/scripts/hss_db.sql
root@edgar-Vostro-3460:/opt/OpenIMSCore # mysql -u root -o -h localhost <
FHoSS/scripts/userdata.sql
```

## Configuración de Open IMS Core

Hasta llegar a esta configuración es necesario que los servicios MySQL y DNS se encuentren corriendo. Copiar los archivos pcsf.cfg, pcsf.sh, icscf.cfg, icscf.xml, icscf.sh, scscf.cfg, scscf.xml, scscf.sh que se encuentran ubicados en la carpeta /opt/OpenIMSCore/ser\_ims/cfg a la carpeta etc/OpenIMSCore/

```
root@edgar-Vostro-3460:/opt/OpenIMSCore# cd ser_ims/cfg
root@edgar-Vostro-3460:/opt/OpenIMSCore /ser_ims/cfg#cp*./etc/OpenIMSCore/
```

El script configurator.sh que se ubica en el directorio /opt/OpenIMSCore, consiente la personalización de la dirección IP y el dominio. La dirección IP que se utiliza en los archivos de configuración es la loopback 127.0.0.1 y el dominio open-ims.test. En el presente prototipo se personaliza la ip a 192.168.1.10, mientras que el dominio no presentó cambios.

```
root@edgar-Vostro-3460:/opt/OpenIMSCore# ./configurator.sh
Domain Name:open-ims.test
Ip Adress:192.168.1.10
File to change ["all" for everything, "exit" to quit]:all
```

## Inicializar los componentes

Se ejecuta los scripts en terminales distintas que levantan los servicios pcsf.sh, icscf.sh y scscf.sh.

```
root@edgar-Vostro-3460:/opt/OpenIMSCore # ./pcscf.sh
```

```
root@edgar-Vostro-3460: ~
5(7572) INF : PCSCF:----- Subscription list end -----
5(7572) INF : PCSCF:----- Registrar Contents begin -----
5(7572) INF : PCSCF:----- Registrar Contents end -----
5(7572) INF : PCSCF:----- Subscription list begin -----
5(7572) INF : PCSCF:----- Subscription list end -----
5(7572) INF : PCSCF:----- Registrar Contents begin -----
5(7572) INF : PCSCF:----- Registrar Contents end -----
5(7572) INF : PCSCF:----- Subscription list begin -----
5(7572) INF : PCSCF:----- Subscription list end -----
5(7572) INF : PCSCF:----- Registrar Contents begin -----
5(7572) INF : PCSCF:----- Registrar Contents end -----
5(7572) INF : PCSCF:----- Subscription list begin -----
5(7572) INF : PCSCF:----- Subscription list end -----
5(7572) INF : PCSCF:----- P - CSCF Dialog List begin -----
5(7572) INF : PCSCF:----- P - CSCF Dialog List end -----
5(7572) INF : PCSCF:----- Registrar Contents begin -----
5(7572) INF : PCSCF:----- Registrar Contents end -----
5(7572) INF : PCSCF:----- Subscription list begin -----
5(7572) INF : PCSCF:----- Subscription list end -----
5(7572) INF : PCSCF:----- Registrar Contents begin -----
5(7572) INF : PCSCF:----- Registrar Contents end -----
5(7572) INF : PCSCF:----- Subscription list begin -----
5(7572) INF : PCSCF:----- Subscription list end -----
```

Figura 1: Servicio pscsf.sh

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

```
root@edgar-Vostro-3460:/opt/OpenIMSCore# ./icscf.sh
```

```
root@edgar-Vostro-3460: ~
14(7599) [16777216, 10415]
14(7599) [16777216, 4491]
14(7599) [16777216, 13019]
14(7599) [16777217, 10415]
14(7599) [16777221, 10415]
14(7599) -----
14(7599) DBG:peer_timer(): Peer hss.open-ims.test State 5
14(7599) --- Peer List: ---
14(7599) S[R_Open] hss.open-ims.test:3868 D[]
14(7599) [16777216, 10415]
14(7599) [16777216, 4491]
14(7599) [16777216, 13019]
14(7599) [16777217, 10415]
14(7599) [16777221, 10415]
14(7599) -----
14(7599) --- Peer List: ---
14(7599) S[R_Open] hss.open-ims.test:3868 D[]
14(7599) [16777216, 10415]
14(7599) [16777216, 4491]
14(7599) [16777216, 13019]
14(7599) [16777217, 10415]
14(7599) [16777221, 10415]
14(7599) -----
```

Figura 2: Servicio scscf.sh

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

```
root@edgar-Vostro-3460:/opt/OpenIMSCore# ./scscf.sh
```

```

root@edgar-Vostro-3460: ~
dt.jar:/usr/lib/jvm/java-6-sun-1.6.0.15/lib/tools.jar:log4j.properties:..
2018-02-04 15:39:16,760 INFO de.fhg.fokus.hss.main.TomcatServer - startTomcat T
omcat-Server is started.
2018-02-04 15:39:17,598 WARN org.apache.catalina.connector.MapperListener - reg
isterEngine Unknown default host: 127.0.0.1
2018-02-04 15:39:19,266 INFO de.fhg.fokus.hss.web.servlet.ResponseFilter - init
Response Filter Initialisation!
2018-02-04 15:39:19,715 INFO de.fhg.fokus.hss.main.TomcatServer - startTomcat W
ebConsole of FHoSS was started !
2018-02-04 15:39:22,848 WARN org.hibernate.impl.SessionFactoryObjectFactory - a
ddInstance InitialContext did not implement EventContext
2018-02-04 15:39:22,884 INFO de.fhg.fokus.diameter.DiameterPeer.DiameterPeer -
<init> Bean style constructor called, don't forget to configure!
2018-02-04 15:39:22,887 INFO de.fhg.fokus.diameter.DiameterPeer.DiameterPeer -
configure FQDN: hss.open-ims.test
2018-02-04 15:39:22,887 INFO de.fhg.fokus.diameter.DiameterPeer.DiameterPeer -
configure Realm: open-ims.test
2018-02-04 15:39:22,888 INFO de.fhg.fokus.diameter.DiameterPeer.DiameterPeer -
configure Vendor ID : 10415
2018-02-04 15:39:22,888 INFO de.fhg.fokus.diameter.DiameterPeer.DiameterPeer -
configure Product Name: JavaDiameterPeer
2018-02-04 15:39:22,888 INFO de.fhg.fokus.diameter.DiameterPeer.DiameterPeer -
configure AcceptUnknwonPeers: true
2018-02-04 15:39:22,888 INFO de.fhg.fokus.diameter.DiameterPeer.DiameterPeer -
configure DropUnknownOnDisconnect: true
2018-02-04 15:39:22,911 INFO de.fhg.fokus.hss.main.HSSContainer - waitForExit
Type "exit" to stop FHoSS!

```

**Figura 3: Servidor scscf.sh**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

El adecuado funcionamiento del Core Open-IMS se refleja en la información que despliegan los procesos en el instante de comunicarse entre estos. Las funciones del dominio IMS ocupan los siguientes puertos:

**Tabla 1: Puertos Utilizados Open IMS Core**

Función	Número de Puerto
P-CSCF	4060
I-CSCF	5060
S-CSCF	6060
HSS (Diameter)	3868, 3869, 3870, 8080

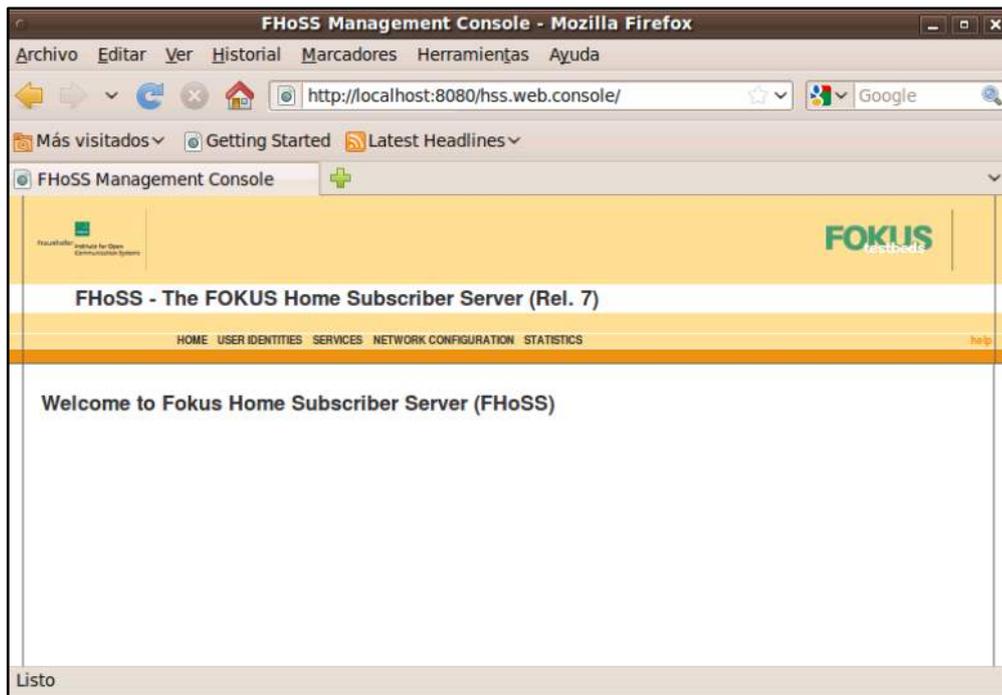
**Fuente:** (Rodríguez, López, Ferreras, & García, 2014)

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

Una vez realizadas las configuraciones mencionadas se puede visualizar la interfaz web para administrar el Core del proyecto digitando <http://localhost:8080> en el navegador

Username: Admin

Password: admin



**Figura 4: Consola de Administración Web. FHoSS**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

Por defecto las entidades IMS cuentan con usuarios de prueba que se llaman sip:

alice@open-ims-test

bob@open-ims.test

Estas entidades poseen la clave de alice y bob respectivamente

### **Instalación de Apache**

El servidor HTTP Apache es un servidor web HTTP de código abierto que se utiliza en plataformas Unix (BSD, GNU/Linux, etc.), Microsoft Windows, Macintosh y otras, que implementa el protocolo HTTP/1.12 y la noción de sitio virtual.

Generalmente se utiliza para enviar páginas web a través del Internet. Además de ser utilizado para el envío de páginas estáticas y dinámicas, muchas aplicaciones web están diseñadas asumiendo como ambiente de implantación a Apache.

Para su instalación se debe descargar el instalador del servidor web, para esto se debe dirigir al sitio web de apache, a continuación, el enlace para la descarga del instalador.

<http://httpd.apache.org/download.cgi>

Descargado el archivo se debe instalar en el sistema ejecutando el archivo obtenido.

1. Se abrirá un asistente el cual guiará durante el proceso de instalación del servidor.
2. El asistente preguntará por el nombre del dominio del servidor, el cual se debe llenar con localhost.
3. Pedirá una dirección de correo, ésta puede ser llenada con cualquiera que se desee.
4. Realizará una pregunta sobre si se desea que el servidor responda a través del puerto 80 para todos los usuarios, o solamente para el usuario actual por el puerto 8080 al iniciar manualmente; se marca la primera opción.

Terminados estos pasos queda el Apache configurado inicialmente, para el propósito de desarrollo está bien hasta aquí, ahora, si quisieran hacerse configuraciones adicionales más adelante, se pueden hacer vía el archivo de configuración httpd.conf que se encuentra en el fichero de instalación de Apache.

### **Instalación de Java**

Debido a que se tiene el servidor web, es imprescindible pasar a la instalación y configuración de Java, para lo cual es importante descargar la JDK más reciente de la página de Oracle.

<http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/index.html>

A continuación, seguimos los siguientes pasos:

1. Es necesario pasar a la instalación, ejecutando el archivo que se descargó.
2. Seguir el asistente que guiará a través del proceso, para continuar se debe aceptar los términos de la licencia.
3. Configurar las variables de entorno; para ello es necesario ejecutar el comando javac en una ventana de símbolo del sistema.
4. Ir a las propiedades del equipo e ir a opciones avanzadas, luego variables de entorno, para agregar una variable de entorno se debe
5. Es necesario editar la variable Path, agregando al final de ella la ubicación donde fue instalada la JDK, para lo cual hay que tener cuidado de no borrar nada de lo que ya existía en la variable, solo agregar la parte nueva precedida por un punto y coma.

6. Luego de este proceso se debe hacer lo mismo que en el punto anteriormente mencionado, sólo que ésta vez con la variable llamada CLASSPATH.
7. Aceptar los cambios, y se completará la instalación correctamente junto con la configuración para utilizarse la JDK.

## **Instalación de Servicios y Librerías**

### **Librería live555**

Para la instalación de la librería live555 se debe seguir lo siguiente:

**Paso 1:** Descargar la librería de la página oficial [www.live555.com](http://www.live555.com)

**Paso 2:** Descomprimir el archivo

Tar-x live555-latest.tar.gz

**Paso 3:** Ejecutar el comando que se registra a continuación para generar los ficheros

```
./genMakefile linux
```

**Paso 4:** Ejecutar **make** e instalar las librerías

```
make install
```

### **Live Media**

Es un conjunto de clases que se encargan del flujo de media y de formatos. Permiten la transmisión de audio y video en diversos formatos. Presenta un cliente SIP, lo que le permite realizar un registro, iniciar sesión y detenerla.

### **LibVLC**

LibVLC es el motor principal y la interfaz para el marco multimedia en el que se basa VLC Media. Permite a los desarrolladores crear una gran gama de aplicaciones multimedia con la utilización de las características de VLC. El cliente precisa de la librería libVLC para poder visualizar el video. Para la instalación de esta librería se debe descargar de la página oficial [www.videolan.org](http://www.videolan.org) y posteriormente realizar el “*make install*” para su instalación.

### **BIND9**

Bind9 es un servidor DNS, es decir que traduce nombres de dominio a direcciones IPs y viceversa. Esta herramienta presenta 3 modos de funcionamiento: maestro, esclavo y servidor caché DNS.

En el modo maestro, el servidor se comporta como un auténtico DNS en la red local. Es quien se encarga de atender las peticiones, trasladarlas al DNS maestro obteniendo la respuesta, la almacena y la proporciona a quien realizó la petición.

Para instalar Bind9 se ejecuta el siguiente comando

```
sudo apt-get install bind9
```

Open IMS Core requiere de un servidor DNS maestro, razón por la cual se ha elegido Bind9 debido a la amplia distribución y el número elevado de documentación existente sobre esta herramienta en la web

### **VLC en Cliente y Servidor**

VLC media player es un reproductor y framework multimedia de código libre desarrollado por VideoLan. Posee la capacidad de streaming, además de una herramienta a modo de interfaz para la gestión de ésta: VLM, de “Video Lan Manager”. La interacción con esta se la puede realizar por medio de una interfaz telnet del propio VLC.

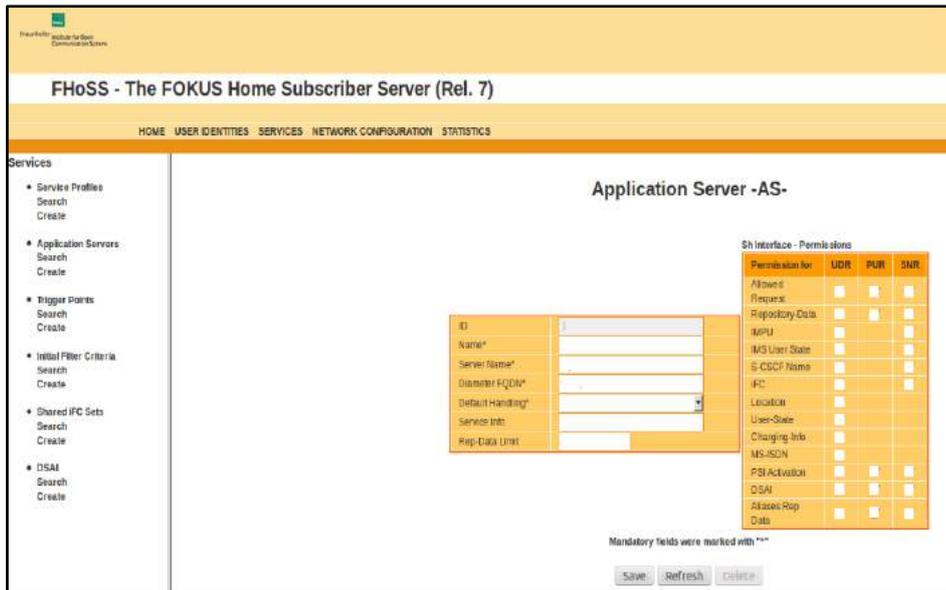
### **Anexo B. Configuración de Servicios Open Ims Core**

Para cada servicio que se incluye en la plataforma IMS es necesario realizar las configuraciones que se especifican en este apartado. Para el cumplimiento de ello es importante:

#### **Agregar el Application Server (AS) al registro HSS.**

En primera instancia es necesario crear un Application Server (AS) con la dirección IP, puerto, FQDN del servidor. Para realizar el registro del AS se sigue los siguientes pasos:

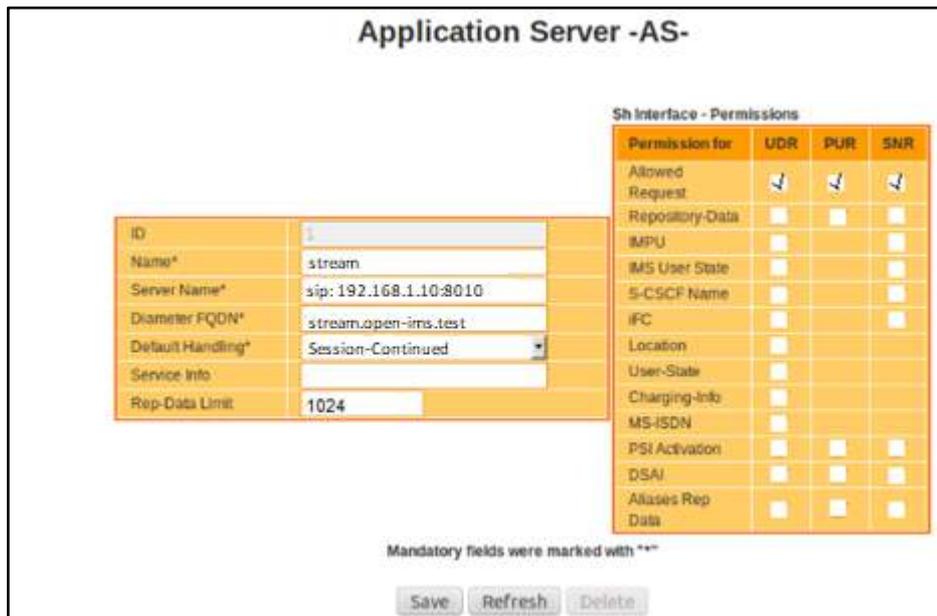
1. Seleccionar en el menú la opción **Service**
2. Dentro de esta seleccionar **Application Servers**
3. Finalmente seleccionar **Create**.



**Figura 5: FHOSS. Interfaz web**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

En la siguiente figura se representa la configuración que se hace desde la interfaz web. Dentro de esta configuración se establece la dirección IP y el puerto que utiliza el servidor de la aplicación.



**Figura 6: Registro Application Server**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

## Agregar un Trigger Point al registro HSS

En esta parte es necesario definir un patrón que permite al S-CSCF detectar la solicitud del servicio dentro de los encabezados de mensajes SIP que están predefinidos. El tipo de mensaje y el patrón que identifica la solicitud se encuentra en relación de dependencia del funcionamiento lógico del Application Server.

La combinación de condiciones se denomina Trigger Point, y para crearlo se debe seguir los siguientes pasos:

1. Seleccionar **Service**,
2. Elegir **Trigger Point**
3. Finalmente, **Create**

ID	IFC Name	Detach
2	stream_filter	Detach

**Figura 7: Agregar un Trigger Point**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

## Initial Filter Criteria (iFC) para Unir los Pasos Anteriores

La información que el HSS almacena en los Initial Filter Criteria tienen como finalidad proveer un mecanismo de filtrado que permita enviar los mensajes SIP al servidor de aplicaciones correspondientes al instante de dotar un servicio. La solicitud de los servicios es detectada por el iFC por medio de las expresiones regulares que se hallan como parámetros en el interior de los encabezados específicos del mensaje del SIP. Una vez que se confirma el cumplimiento de las condiciones dispara la entrega del servicio que corresponde, en este caso permite implantar la ruta y el trato que recoge el mensaje SIP hacia el AS. La configuración se muestra en la siguiente figura:

### Initial Filter Criteria -iFC-

ID	<input type="text" value="2"/>
Name*	<input type="text" value="stream_filter"/>
Trigger Point	<input type="text" value="stream_trigger"/>
Application Server*	<input type="text" value="stream"/>
Profile Part Indicator	<input type="text" value="Any"/>

Mandatory fields were marked with "\*"

**Figura 8: Initial Filter Criteria (iFC)**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

#### Agregar el iFC a un perfil de Servicio.

El perfil se utiliza para administrar los servicios en el grupo. Esto admitirá la habilitación o deshabilitación de los servicios a usuarios con determinados perfiles.

Este perfil permite la administración de los servicios que se encuentran registrados por los usuarios, de tal manera que los servicios se habiliten para usuarios que poseen dicho perfil y se deshabiliten para aquellos que no cuenten con el mismo.

### Shared iFC Sets -Sh-iFC-

ID-Set	<input type="text" value="1"/>
Name*	<input type="text" value="default_shared_set"/>

Mandatory fields were marked with "\*"

**Attach iFC**

<input type="text" value="Select iFC..."/>	Priority <input type="text" value="0"/>	<input type="button" value="Attach"/>
--	---	---------------------------------------

Warning: Priority values defined here can overwrite priority values defined in SP-iFC setup!

**List of attached iFCs**

ID	Name	Priority	Detach
1	default_ifc	0	<input type="checkbox"/>
2	stream_filter	2	<input type="checkbox"/>

**Figura 9: Configuración Shared iFC**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

## Anexo C. Código Fuente Registro del Servidor Streaming de Video en IMS

```
#!/bin/bash
printf "\n"
printf "\t *** Streaming de Video en IMS ***"
printf "\n"
:<<-!
REGISTER sip:open-ims.test SIP/2.0
Call-ID
Cseq: 1 REGISTER
To: < sip:bob@open-ims.test:55556>
From:<sip: bob@open-ims.test:55556>;tag=2512109996
Authorization: Digest username="bob@open-ims.test", realm=" • open-ims.test, response=
"" • , uri="sip:open-ims.test" • , algorithm=MD5
VÃa: SIP/2.0/UDP open-ims.test:55556
Contact: <sip:bob@open-ims.test:55556>
Expires: 3600
User-Agent: SIP Video Server
Content-Length: 0
!
printf
"\n*****\n"
printf "\n El Usuario bob se ha registrado como Servidor de Video Correctamente en IMS..."
printf "\n"
printf
"\n*****\n"
printf "\n"
printf " *** Elija una Opcion ***\n"
printf "\n"
printf "1. Conectarse con Clientes IMS\n"
printf "2. Salir\n"
SALIR=0
OPCION=0
while [ $$SALIR -eq 0 ]; do
    read OPCION
    case $OPCION in
        1)
```

```

printf
*****\n"
printf "Escuchando Clientes IMS\n"
printf
*****\n"
echo "El cliente <sip:edgarbp@open-ims.test:55557> se conecto y solicita video" ;;

2)
SALIR=1 ;;
*)
echo "Opcion erronea, escoja otra opcion";;
esac
done

```

#### Anexo D. Registro de Servidor en Open IMS Core

**Método del mensaje acompañado de la uri de petición y la versión del SIP**  
REGISTER sip:open-ims.test SIP/2.0

**Identifica de manera única la petición. Las respuestas de este mensaje presentan el mismo valor.**  
Call-ID

**Número de secuencia**  
Cseq: 1 REGISTER

**Receptor de la solicitud. Debido a que se trata de un mensaje de registro el valor es el mismo que el de la cabecera From**  
To: <sip:bob@open-ims.test:55555>

**Iniciador de la solicitud. En este caso el usuario IMS del servidor es Bob**  
From:<sip: bob@open-ims.test:55556>;tag=2512109996

**Cabecera para autenticación. Proporciona información del usuario y además informa que se utiliza el algoritmo MD5 para obtener la respuesta al reto que enviará IMS.**  
Authorization: Digest username="bob@open-ims.test", realm=" open-ims.test", response= "", uri=sip:open-ims.test", algorithm=MD5

**Camino de la solicitud hasta el presente momento**  
Vía: SIP/2.0/UDP open-ims.test:55555

**URI donde se puede localizar al usuario**  
Contact: <sip:bob@open-ims.test:55555>

**Tiempo de validez del registro**  
Expires: 0

**Cliente que realiza la comunicación**  
User-Agent: SIP Video Server

**Contenido del cuerpo del mensaje. En el caso de la aplicación es 0 debido a que no presenta información adicional.**  
Content-Length: 0

**Figura 10: Petición REGISTER**

En la siguiente figura se muestran las tramas capturadas por el analizador de red wireshark:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info	Src Port	Dest Port
157	15.955123000	192.168.1.12	192.168.1.12	SIP	471	Request: REGISTER sip:open-ims.test	55556	dsmeter - iatc
158	15.955292000	192.168.1.12	192.168.1.12	SIP	846	Request: REGISTER sip:open-ims.test	dsmeter - iatc	sip
219	15.987382000	192.168.1.12	192.168.1.12	SIP	914	Request: REGISTER sip:scscf.open-ims.test:6060	sip	x11
260	15.993161000	192.168.1.12	192.168.1.12	SIP	1053	Status: 401 Unauthorized - Challenging the UE (0 bindings)	x11	sip
261	15.993364000	192.168.1.12	192.168.1.12	SIP	996	Status: 401 Unauthorized - Challenging the UE (0 bindings)	sip	dsmeter - iatc
262	15.993483000	192.168.1.12	192.168.1.12	SIP	934	Status: 401 Unauthorized - Challenging the UE (0 bindings)	dsmeter - iatc	55556
263	15.993641000	192.168.1.12	192.168.1.12	SIP	525	Request: REGISTER sip:open-ims.test	55556	dsmeter - iatc
264	15.993745000	192.168.1.12	192.168.1.12	SIP	900	Request: REGISTER sip:open-ims.test	dsmeter - iatc	sip
321	16.004538000	192.168.1.12	192.168.1.12	SIP	968	Request: REGISTER sip:scscf.open-ims.test:6060	sip	x11
432	16.040908000	192.168.1.12	192.168.1.12	SIP	1079	Status: 200 OK - SAR successful and registrar saved (1 bindings)	x11	sip
433	16.040998000	192.168.1.12	192.168.1.12	SIP	1022	Status: 200 OK - SAR successful and registrar saved (1 bindings)	sip	dsmeter - iatc
434	16.041113000	192.168.1.12	192.168.1.12	SIP	968	Status: 200 OK - SAR successful and registrar saved (1 bindings)	dsmeter - iatc	55556

**Figura 11: El Servidor se Registra en Open IMS Core**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

## Anexo E. Código Fuente Registro de Clientes en IMS

```
#!/bin/bash
printf "*****\n"
printf "\t Streaming de Video IMS\n"
# conexion con Open IMS Core
:<<-!
REGISTER sip:open-ims.map SIP/2.0
Call-ID
Cseq: 2 REGISTER
To: < sip: edgarbp@open-ims.map:55557>
From:<sip: edgarbp@open-ims.map:55557>;tag=3647288890
Authorization: Digest username="edgarbp@open-ims.map" • , realm="open-ims.map" • ,
nonce="db95bf28a4a4c34e149fad84fb7be772",response="1d0f4521531c7a8b5eac771f09030e0f
" • , uri="open-ims.map" •
Via: SIP/2.0/UDP open-ims.test:55557
Contact: <sip:edgarbp@open-ims.test:55557>
Expires: 3600
User-Agent: SIP Video Server
Content-Length: 0
!
printf "*****\n"
printf "El Cliente edgarbp se ha registrado Correctamente en IMS..."
printf "\n\n"
printf "Elija una Opcion\n\t"
printf "\n"
```

```

printf "1. Conectarse con el Servidor de Video\n"
printf "2. Salir\n"
SALIR=0
SALIR1=0
OPCION=0
OPCION1=0
while [ $$SALIR -eq 0 ]; do
  read OPCION
  case $OPCION in
    1)
      printf "*****\n"
      printf "Solicitando Video...\n"
      :<<-!
      INVITE sip:bob@open-ims.map SIP/2.0
      Call-ID:
      Cseq: 3 INVITE
      To: < sip:bob@open-ims.test:>
      From:< sip: edgarbp@open-ims.test:55557>; tag=3231895250
      VÃa: SIP/2.0/UDP open-ims.test:55557
      Route: <sip:orig@scscf.open-ims.map:6060;lr>
      Contact: <sip:edgarbp@open-ims.map:55557>
      Expires: 3600
      User-Agent: SIP Video Server
      Content-Type: application/sdp
      Content-Length:119
      v=0
      o= edgarbp 3619790567 3619790567 IN IP4 192.168.1.5
      s=video.mkv
      t=0 0
      c=IN IP4 10.0.2.12
      m=video 55557 RTP/AVP 33
      !
      echo "Videos Disponibles:"
      echo "video.mkv"
      echo "SpanishGirl.mkv"
      echo "Nacho.mkv"
      printf "*****\n"

```

```
printf "\n"
printf "**** OPCIONES DE VIDEO ****\n"
printf "1. Reproducir Video.mkv\n"
printf "2. Reproducir SpanishGirl.mkv\n"
printf "3. Reproducir Nacho.mkv\n"
:<<-!
INFO sip:bob@open-ims.map:55556 SIP/2.0
Call-ID
Cseq: 4 INFO
To: < sip:bob@open-ims.map>;tag=1220444376
From:< sip: edgarbp@open-ims.map:55557>;tag=3231896250
VÃa: SIP/2.0/UDP open-ims.test:55557
Route:< sip:mo@pcscf.open-ims.map:4060;Ir>,< sip:mo@scscf.open-
ims.map:6060;Ir>,< sip:mtqscscf.open-ims.map:6060;Ir>,< sip:mt@pcscf.open.ims.map:
4060;Ir>
Expires: 3600
User-Agent: SIP Video Server
Content-Type: plain/text
Content-Length: 4
    !
printf "4. Salir\n"
read OPCION1
case $OPCION1 in
    1)
        vlc rtsp://127.0.1.1:8554/video.mkv;;
    2)
        vlc rtsp://10.0.2.12:8554/SpanishGirl.mkv;;
    3)
        vlc rtsp://10.0.2.12:8554/Nacho.mkv;;
    4)
        SALIR=1;;
esac
SALIR=1;;
2)
SALIR=1 ;;
*)
echo "Opcion erronea, escoja otra opcion";;
```

esac

## Anexo F. Registro de clientes en IMS Core

### Método del mensaje acompañado de la uri de petición y la versión del SIP

REGISTER sip:open-ims.map SIP/2.0

**Identifica de manera única la petición. Las respuestas de este mensaje presentan el mismo valor. Call-ID**

### Número de secuencia

Cseq: 2 REGISTER

**Receptor de la solicitud. Debido a que se trata de un mensaje de registro el valor es el mismo que el de la cabecera From**

To: < sip: edgarbp@open-ims.map:55557>

**Iniciador de la solicitud. En este caso el usuario IMS del servidor es edgarbp**

From:< sip: edgarbp@open-ims.map:55557>;tag=3647288890

**Cabecera para autenticación. Proporciona información del usuario y del realm. En este caso incorpora el campo nonce enviado de manera previa por IMS y la respuesta al reto en el campo response.**

Authorization: Digest username="edgarbp@open-ims.map", realm=" open-ims.map", nonce="db95bf28a4a4c34e149fad84fb7be772", response="1d0f4521531c7a8b5eac771f09030e0f", uri="open-ims.map"

**Camino de la solicitud hasta el presente momento**

Vía: SIP/2.0/UDP open-ims.test:55557

**URI donde se puede localizar al usuario**

Contact: < sip: edgarbp@open-ims.test:55557>

**Tiempo de validez del registro**

Expires: 3600

**Cliente que realiza la comunicación**

User-Agent: SIP Video Server

**Contenido del cuerpo del mensaje. En el caso de la aplicación es 0 debido a que no presenta información adicional.**

Content-Length: 0

Figura 12: Petición REGISTER del Cliente en IMS

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

En la siguiente figura se muestra las tramas que intercambian el cliente e IMS

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info	Src Port	Dest Port
169	50.81229000	192.168.1.1	192.168.1.1	SIP	470	Request : REGISTER sip: open-ims.test	55557	sr - iatc
1610	50.813271000	192.168.1.1	192.168.1.1	SIP	845	Request : REGISTER sip: open-ims.test	dsmeter - iatc	sip
1669	50.826082000	192.168.1.1	192.168.1.1	SIP	913	Request : REGISTER sip: scscl.open-ims.test:6060	sip	x11
1709	50.831345000	192.168.1.1	192.168.1.1	SIP	1052	Status : 401 Unauthorized - Challenging the UE (0 bindings)	x11	sip
1710	50.831471000	192.168.1.1	192.168.1.1	SIP	995	Status : 401 Unauthorized - Challenging the UE (0 bindings)	sip	dsmeter - iatc
1711	50.831551000	192.168.1.1	192.168.1.1	SIP	933	Status : 401 Unauthorized - Challenging the UE (0 bindings)	dsmeter - iatc	55557
1712	50.831551000	192.168.1.1	192.168.1.1	SIP	525	Request : REGISTER sip: open-ims.test	55557	dsmeter - iatc
1713	50.831820000	192.168.1.1	192.168.1.1	SIP	900	Request : REGISTER sip: open-ims.test	dsmeter - iatc	sip
1770	50.837586000	192.168.1.1	192.168.1.1	SIP	968	Request : REGISTER sip: scscl.open-ims.test:6060	sip	x11
1893	50.866166000	192.168.1.1	192.168.1.1	SIP	1079	Status: 200 OK - SAR successful and registrar saved (1 bindings)	x11	sip
1894	50.866272000	192.168.1.1	192.168.1.1	SIP	1022	Status: 200 OK - SAR successful and registrar saved (1 bindings)	sip	dsmeter - iatc
1895	50.866388000	192.168.1.1	192.168.1.1	SIP	960	Status: 200 OK - SAR successful and registrar saved (1 bindings)	dsmeter - iatc	55557

Figura 13: Registro del cliente en IMS Core

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

## Anexo G. Inicio Sesión entre Cliente IMS y Servidor de Video

**Método del mensaje acompañado de la uri de petición y la versión del SIP**  
INVITE sip:bob@open-ims.map SIP/2.0

**Identifica de manera única la petición. Las respuestas de este mensaje presentan el mismo valor.**  
Call-ID:

**Número de secuencia**  
Cseq: 3 INVITE

**Receptor de la solicitud. En este caso el usuario IMS del servidor**  
To: <sip:bob@open-ims.test:>

**Iniciador de la solicitud. En este caso el usuario IMS del servidor es edgarbp**  
From:< sip:edgarbp@open-ims.test:55557>; tag=3231895250

**Camino de la solicitud hasta el presente momento**  
Vía: SIP/2.0/UDP open-ims.test:55557

**Ruta devuelta por IMS durante el registro**  
Route: <sip:orig@scscf.open-ims.map:6060;lr>

**URI donde se puede localizar al usuario**  
Contact: <sip:edgarbp @open-ims.map:55557>

**Tiempo de validez del registro**  
Expires: 3600

**Cliente que realiza la comunicación**  
User-Agent: SIP Video Server

**Tipo de contenido del mensaje. En este caso es sdp**  
Content-Type: application/sdp

**Longitud del contenido del mensaje**  
Content-Length:119

v=0  
o= edgarbp 3619790567 3619790567 IN IP4 192.168.1.5

**Nombre del video que se va a reproducir**  
s=map.ts  
t=0 0

**Dirección IP donde se debe enviar el contenido**  
c=IN IP4 192.168.1.5

**Tipo de contenido, puerto y formato del contenido**  
m=video 55557 RTP/AVP 33

**Figura 14: Inicio Sesión entre Cliente y Servidor**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

En la siguiente figura se visualiza el intercambio de mensaje entre cliente y servidor

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info	Src Port	Dest Port
427	20.149826000	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP/SDP	535	Request: INVITE sip:bob@open-ims.test	55557	dsmeter-iatc
428	20.150284000	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	537	Status: 100 trying -- your call is important to us	dsmeter-iatc	55557
429	20.150344000	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP/SDP	884	Request: INVITE sip:bob@open-ims.test	dsmeter-iatc	x11
430	20.151003000	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	617	Status: 100 trying -- your call is important to us	x11	dsmeter-iatc
431	20.151060000	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP/SDP	951	Request: INVITE sip:bob@open-ims.test	x11	x11
432	20.151731000	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	605	Status: 100 trying -- your call is important to us	x11	x11
433	20.151825000	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP/SDP	1162	Request: INVITE sip:bob@open-ims.test:55556	x11	dsmeter-iatc
434	20.152253000	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	764	Status: 100 trying -- your call is important to us	dsmeter-iatc	x11
435	20.152330000	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP/SDP	1259	Request: INVITE sip:bob@open-ims.test:55556	dsmeter-iatc	55556
441	20.153706000	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	827	Status: 200 OK	55556	dsmeter-iatc
442	20.154334000	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	826	Status: 200 OK	dsmeter-iatc	x11
443	20.154678000	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	734	Status: 200 OK	x11	x11
444	20.154958000	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	672	Status: 200 OK	x11	dsmeter-iatc
445	20.155310000	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	610	Status: 200 OK	dsmeter-iatc	55557
446	20.155606000	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	466	Request: ACK sip:bob@open-ims.test:55556	55557	dsmeter-iatc
447	20.156172000	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	585	Request: ACK sip:bob@open-ims.test:55556	dsmeter-iatc	x11
448	20.156323000	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	598	Request: ACK sip:bob@open-ims.test:55556	x11	x11
449	20.156428000	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	595	Request: ACK sip:bob@open-ims.test:55556	x11	dsmeter-iatc
450	20.156810000	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	622	Request: ACK sip:bob@open-ims.test:55556	dsmeter-iatc	55556

**Figura 15: Inicio de Sesión Cliente-Servidor**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

## Anexo H. Envío de Comandos del Cliente IMS al Servidor

### Método del mensaje acompañado de la uri de petición y la versión del SIP

INFO sip:bob@open-ims.map:55556 SIP/2.0

### Identifica de manera única la petición. Las respuestas de este mensaje presentan el mismo valor.

Call-ID

### Número de secuencia

Cseq: 4 INFO

### Receptor de la solicitud. En este caso es el usuario IMS del servidor

To: < sip:bob@open-ims.map>;tag=1220444376

### Iniciador de la solicitud. En este caso el cliente

From:< sip: edgarbp@open-ims.map:55557>;tag=3231896250

### Camino de la solicitud hasta el presente momento

Vía: SIP/2.0/UDP open-ims.test:55557

### Ruta que sigue el mensaje hasta llegar al destino

Route:< sip:mo@pcscf.open-ims.map:4060;Ir>,< sip:mo@scscf.open-ims.map:6060;Ir>,< sip:mtqscscf.open-ims.map:6060;Ir>,< sip:mt@pcscf.open-ims.map:4060;Ir>

### Tiempo de validez del registro

Expires: 3600

### Cliente para realizar la comunicación, en la aplicación es la siguiente

User-Agent: SIP Video Server

### Tipo de contenido del mensaje. En este ejemplo es texto.

Content-Type: plain/text

### Longitud del contenido del mensaje

Content-Length: 4

**Figura 16: Envío del Comando PLAY**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

Los mensajes que se envían con la opción pausar y reproducir son iguales, a excepción del cuerpo del mensaje, el mismo que contiene el comando pertinente.

En la siguiente figura se muestra las tramas que intercambian el cliente y servidor durante el envío de un comando.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info	Src Port	Dest Port
507	26.178595000	192.168.1.12		SIP	498	Request : INFO sip:bob@open-ims.test:55556	55557	dsmeter - iatc
508	26.179190000	192.168.1.12		SIP	637	Request : INFO sip:bob@open-ims.test:55556	dsmeter - iatc	x11
509	26.179397000	192.168.1.12		SIP	661	Request : INFO sip:bob@open-ims.test:55556	x11	x11
510	26.179554000	192.168.1.12		SIP	685	Request : INFO sip:bob@open-ims.test:55556	x11	dsmeter - iatc
511	26.180018000	192.168.1.12		SIP	732	Request : INFO sip:bob@open-ims.test:55556	dsmeter - iatc	55556
512	26.180372000	192.168.1.12		SIP	645	Status: 200 OK	55556	dsmeter - iatc
514	26.180762000	192.168.1.12		SIP	583	Status: 200 OK	dsmeter - iatc	x11
517	26.181197000	192.168.1.12		SIP	492	Status: 200 OK	x11	x11
520	26.181197000	192.168.1.12		SIP	431	Status: 200 OK	x11	dsmeter - iatc
521	26.181600000	192.168.1.12		SIP	369	Status: 200 OK	dsmeter - iatc	55557

**Figura 17: Intercambio de Tramas entre Cliente-Servidor durante Envío de Comandos**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

## Anexo I Envío de Contenido Multimedia desde el servidor de Video

En la siguiente figura se puede visualizar el envío del contenido multimedia con formato MP2T del servidor a cliente por medio del puerto 55557.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info	Src Port	Dest Port
573	27.056612000	192.168.1.5	192.168.1.5	MPEG TS	1372	PT=MPEG-II transport streams, SSRC=0xE85561A7, Seq=48361, Time=283932330	55557	55557
574	27.068630000	192.168.1.5	192.168.1.5	MPEG TS	1372	PT=MPEG-II transport streams, SSRC=0xE85561A7, Seq=48362, Time=283932438	55557	55557
575	27.080635000	192.168.1.5	192.168.1.5	MPEG TS	1372	PT=MPEG-II transport streams, SSRC=0xE85561A7, Seq=48363, Time=283932546	55557	55557
576	27.092667000	192.168.1.5	192.168.1.5	MPEG TS	1372	PT=MPEG-II transport streams, SSRC=0xE85561A7, Seq=48364, Time=283932655	55557	55557

**Figura 18: Envío de Contenido Multimedia**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

## Anexo J. Finalización de sesión entre Cliente y Servidor

A continuación, se describe los mensajes que se han intercambiado en el proceso:

**Método del mensaje acompañado de la uri de petición y la versión del SIP**  
INFO sip:bob@open-ims.map:55556 SIP/2.0

**Identifica de manera única la petición. Las respuestas de este mensaje presentan el mismo valor.**  
Call-ID

**Número de secuencia**  
Cseq: 8 INFO

**Receptor de la solicitud. En este caso es el usuario IMS del servidor**  
To: < sip:bob@open-ims.map>

**Iniciador de la solicitud. En este caso el cliente**  
From:< sip: edgarbp @open-ims.map:55557>;tag=1850389210

**Camino de la solicitud hasta el presente momento**  
Vía: SIP/2.0/UDP open-ims.map:55557

**Ruta que sigue el mensaje hasta llegar al destino**  
Route< sip: mo@pcscf.open-ims.map:4060;lr>,< sip: mo@scscf.open-ims.map:6060;lr>,< sip: scscf.open-ims.map:6060;lr>,< sip: mt@pcscf.open.ims.map:4060;lr>

**Tiempo de validez del registro**  
Expires: 3600

**Cliente para realizar la comunicación, en la aplicación es la siguiente**  
User-Agent: SIP Video Server

**Tipo de contenido del mensaje. En este ejemplo es texto.**  
Content-Type: plain/text

**Longitud del contenido del mensaje**  
Content-Length: 0

**Figura 19: Mensajes de intercambio en la finalización de sesión entre Cliente y Servidor**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

En la figura siguiente se muestra el intercambio de tramas que se efectúa para finalizar la sesión.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info	Src Port	Dest Port
6981	57.553228000	192.168.1.12	192.168.1.12	SIP	451	Request: BYE: sip: bob@open-ims . test: 55556	55557	dsmeter - iatc
6982	57.553465000	192.168.1.12	192.168.1.12	SIP	590	Request: BYE: sip: bob@open-ims . test: 55556	dsmeter - iatc	x11
6983	57.553572000	192.168.1.12	192.168.1.12	SIP	615	Request: BYE: sip: bob@open-ims . test: 55556	x11	x11
6984	57.553646000	192.168.1.12	192.168.1.12	SIP	640	Request: BYE: sip: bob@open-ims . test: 55556	x11	dsmeter - iatc
6985	57.553817000	192.168.1.12	192.168.1.12	SIP	687	Request: BYE: sip: bob@open-ims . test: 55556	dsmeter - iatc	55556
6986	57.553960000	192.168.1.12	192.168.1.12	SIP	646	Status: 200 OK	55556	dsmeter - iatc
6987	57.554093000	192.168.1.12	192.168.1.12	SIP	584	Status: 200 OK	dsmeter - iatc	x11
6988	57.554129000	192.168.1.12	192.168.1.12	SIP	492	Status: 200 OK	x11	x11
6989	57.554129000	192.168.1.12	192.168.1.12	SIP	430	Status: 200 OK	x11	dsmeter - iatc
6990	57.554305000	192.168.1.12	192.168.1.12	SIP	368	Status: 200 OK	dsmeter - iatc	55557

**Figura 20: Finalización de sesión entre cliente y servidor**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

## **Anexo K. Metodología MOS (Puntuación de Opinión Medida)**

### **Información introductoria**

La calidad de audio y video son inherentemente subjetivas. Esto significa que la línea de base para audio y la calidad del video es la opinión del usuario. Sin embargo, la opinión de una persona sobre lo que es "bueno" puede ser muy diferente a la opinión de otra persona donde puede ser correcta o incorrecta. (UIT-T P.10, 2006)

La Recomendación UIT-T P.800.1 proporciona una terminología que se utilizará junto con las expresiones de calidad de audio y video en términos de puntaje de opinión promedio (MOS). Esta terminología está motivada con el objeto de evitar equivocaciones en cuanto a si los valores específicos de MOS para audio están relacionados con la calidad de escucha, la calidad de conversación, si se originan de pruebas subjetivas, de modelos objetivos o de modelos de planificación de redes, así como Ampliando el concepto a calidad de video. (UIT-T P.10, 2006)

MOS es una medida utilizada en cuanto a la Calidad de Experiencia e ingeniería de telecomunicaciones, la cual representa la calidad general de un estímulo o sistema. Es la media aritmética sobre todos los "valores individuales en una escala predefinida que un sujeto asigna a su opinión sobre el desempeño de una calidad del sistema". Las calificaciones generalmente se agrupan en una prueba de evaluación de calidad subjetiva, pero también pueden estimarse algorítmicamente. (UIT-T P.10, 2006)

MOS se enuncia como un solo número racional en el rango 1–5, donde 1 es la calidad percibida más baja y 5 es la calidad percibida más alta. También se admiten otros rangos de MOS, dependiendo de la escala de calificación que se haya utilizado en la prueba subyacente. La escala de Clasificación de Categoría Absoluta es muy comúnmente utilizada, que asigna calificaciones entre Malo y Excelente a números entre 1 y 5, como se ve en la tabla a continuación.

**Tabla 2: Parámetros MOS**

<b>Variable</b>	<b>Indicador</b>
5	Excelente
4	Bueno
3	Justo
2	Pobre
1	Malo

**Fuente:** (Yamagishi, 2008)

**Realizado por:** Edgar Barragán, 2018

MOS está sujeto a propiedades matemáticas. En general, hay un debate en curso sobre la utilidad del MOS para cuantificar la calidad de la experiencia en un solo valor escalar. [ (Hoßfeld, Heegaard, Varela, & Möller, (2016-12-01))3]

Cuando el MOS se adquiere mediante escalas de calificación categóricas, se basa en una escala ordinal, similar a las escalas de Likert. En este caso, la clasificación de los elementos de escala es conocida, pero su intervalo no lo es. Por lo tanto, es matemáticamente incorrecto calcular una media sobre calificaciones individuales para obtener la tendencia central; la mediana se debe utilizar en su lugar. Sin embargo, en la práctica y en la definición de MOS, se considera aceptable calcular la media aritmética.

Algunos modelos que se utilizan para la evaluación de la calidad de video (como PSNR o SSIM ) son modelos de calidad de imagen , esta salida se calcula para cada secuencia de una secuencia de video. Esta medida de calidad de cada fotograma se puede grabar y agrupar a lo largo del tiempo para evaluar la calidad de una secuencia de video completa. (Raake & Egger, 2014)

Si bien este método es fácil de implementar, no tiene en cuenta ciertos tipos de degradaciones que se desarrollan con el tiempo, como los artefactos en movimiento causados por la pérdida de paquetes y su ocultamiento .

## Anexo L. Configuración de Streaming de Video Multicast

Para la transmisión Multicast, el stream de datos se envía a una dirección IP Multicast cuyas direcciones reservadas van de 224.0.0.0 a 239.255.255.255. De acuerdo a ello cualquier máquina de la red puede ser añadida al grupo Multicast a través del envío de una solicitud en la red, y automáticamente recibirá el stream de datos. La transmisión Multicast posee la ventaja de que solamente las máquinas que deseen recibir el streaming de video la reciben de forma efectiva, y el servidor streaming únicamente envía una corriente, sin importar que existan varios clientes que lo reciben.

Para arrancar el servicio VLC se debe editar el siguiente código:

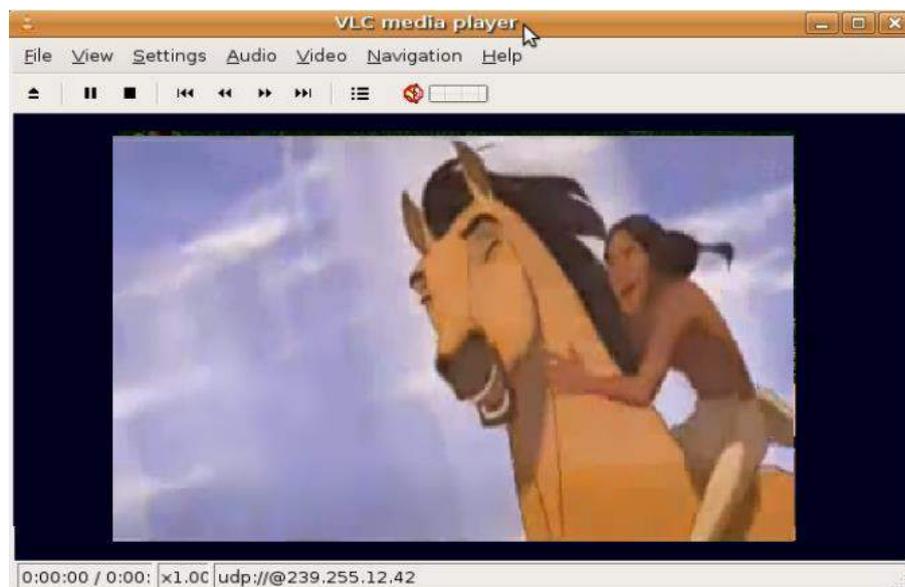
```
root@edgaredison-virtualBox:/home/user/Escritorio/ vlc -vvv/VIDEOS/Up_limite.mp4 --sout udp: 239.255.12.42 -- ttl 12
```

### Dónde:

- Cielo\_limite.mp4 es el archivo que se requiere transmitir
- 239.255.12.42 es la dirección multicast
- 12 es el valor del tiempo de vida (TTL) de los paquetes IP (esto representa que la secuencia de multidifusión podrá cruzar 12 routers)

Para iniciar el cliente VLC se requiere:

```
root@edgaredison-virtualBox:/home/user/Escritorio/ vlc -vvv udp:@239.255.12.42
```



**Figura 21: Funcionamiento Streaming Multicast**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

## Anexo M. Configuración de Streaming de Video Unicast

Para el servicio de video unicast se utilizó el software VideoLan, el mismo que representa una solución integral para el streaming de video y que se encuentra bajo la licencia GNU (GLP). Se instala el servidor streaming en el equipo:

```
root@edgaredison-virtualBox:/home/user/Escritorio/# apt-get install vlc
```

Para la configuración del inicio manual del servidor de streaming de video bajo demanda se ejecuta el siguiente comando:

```
root@edgaredison-virtualBox:/home/user/Escritorio/ vlc --ttl 12 -vvv --color -l telnet --telnet-password prueba --stsp-host 0.0.0.0:5554
```

Por medio de este comando se empieza a escuchar al servidor VLC, la IP que va a escuchar y el puerto 5554 a utilizar. Este puerto es utilizado para el intercambio de tramas RTP/RTSP. De igual manera se configura el acceso al servidor por medio de telnet con el password videolan.

Posterior a ello se debe añadir los medios de comunicación, para lo cual se abre una sesión telnet en el servidor con la utilización del puerto 4212. Una vez que la consola telnet de VLV solicita una contraseña, se requiere introducir la contraseña telnet que se había establecido, la cual es **prueba**.

```
root@edgaredison-virtualBox:/home/user/Escritorio/ telnet localhost 4212
Trying 127.0.0.1...
Connectd to localhost.
Escape character is `]`.
Password
Welcome, Master
>
```

Una vez realizado los pasos de forma correcta se procede a añadir la película. Para esto se debe realizar lo siguiente:

```
Welcome, Master
➤ New avatar vod enabled input \VIDEOS\Up_limite.avi
```

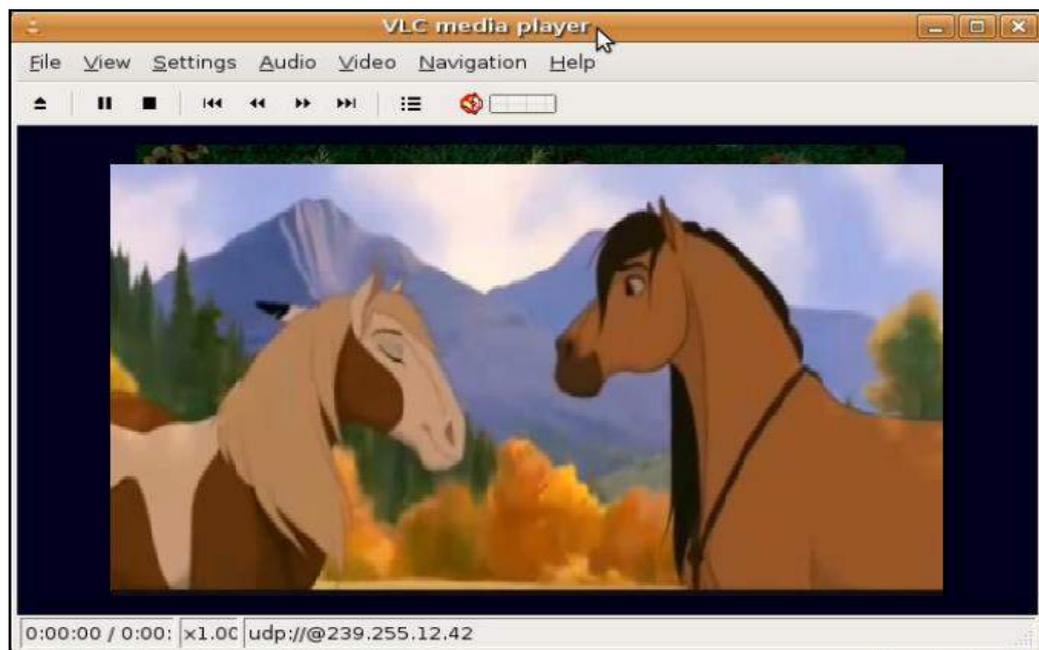
El nombre de la sesión de video bajo demanda puede ser personalizado por cualquier nombre, debido a que sólo es una etiqueta que sirva para identificar la película. La otra parte corresponde a la ruta de acceso a la película en el disco duro. Además se puede añadir más películas utilizando el mismo comando y el formato, lo único importante es asegurarse de que las etiquetas y nombres sean únicos de cada película que se agregue a la lista para escuchar.

Para verificar el adecuado funcionamiento del servidor de video bajo demanda VLC se recomienda el uso del cliente VLC, debido a que muchos reproductores poseen diferentes implementaciones del protocolo RTSP.

Se registra en la opción Medio/Abrir volcado de red, la dirección ip del servidor streaming con el puerto por el cual se entrega el servicio y el canal que se requiere.

**rtsp://192.168.1.10:5554/up**

El tipo streaming que se creó es el video bajo demanda. El streaming y los comandos de programación del video bajo demanda son comandos que se pueden analizar utilizando el comando help en la consola telnet.



**Figura 22: Funcionamiento Streaming de Video Unicast**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

## Anexo N. Pandora FMS

Es un programa de software libre el cual nos permite monitorizar sistemas, aplicaciones o dispositivos de red y medir todo tipo de elementos. Ayuda a conocer el estado de cada elemento de un sistema a lo largo del tiempo ya que dispone de histórico de datos y eventos.

Es un software elaborado en España es Open Source y está publicado bajo licencia GPL2 GNU General Public License, aunque dispone de una versión específica para empresas, bajo el modelo conocido como "openCore", con una licencia comercial, esta versión se conoce como Enterprise. Inicialmente el proyecto fue alojado en Sourceforge, desde donde ha sido descargado un millón de veces. (Lerena, 2017).

Está formado por tres componentes:

- **Servidor**

Es quien procesa los datos recolectados de diferentes maneras; también son los que ejecutan alertas y guardan la información en la base de datos.

- **Consola**

Es la interfaz web dirigida al usuario para administrar los servidores, catalogar la información, crear alertas, crear incidentes, cambiar contraseñas de acceso, permiten toda la configuración del sistema de manera horizontal.

- **Agente**

Son entidades organizativas, generalmente un ordenador. Poseen toda la información, y pertenecen a un solo grupo. Un agente puede ser diferente de un computador, ya sea un vehículo, una edificación o cualquier otro objeto que contiene información. El agente resguarda información en diferentes módulos y bien puede estar relacionado con otros agentes, mediante una o varias relaciones de parentesco. Por tanto los agentes son, unidades organizativas dentro de Pandora FMS, un concepto donde se deposita información de otras unidades de información llamadas módulos.

## Instalación de Pandora FMS

**Tabla 3: Requisitos Hardware Instalación Pandora FMS**

Hardware	Pequeño(500 agentes)
CPU	1 núcleo a 2 GHz
RAM	4 GB
Disco Duro	7200 rpm
Espacio en Disco	40GB recomendado

**Fuente:** (Ruíz, 2010)

**Realizado por:** Edgar Barragán, 2018

**Tabla 4: Requisitos Software Instalación Pandora FMS**

Software	Pequeño(500 agentes)
Sistema Operativo	Ubuntu 11 o Superior
Consola	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PHP 7.2 Para versiones de Pandora FMS 729 o superior.</li> <li>• PHP 5 Para versiones de Pandora FMS 728 o inferior</li> </ul>
Navegadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opera</li> <li>• Chrome</li> <li>• Firefox</li> </ul>
MySQL Standard	Versión 5.5
Percona XTraDB	Solo para más de 4000 agentes (Versión 5.5)

**Fuente:** (Ruíz, 2010)

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

**Tabla 5: Requisitos de Puertos Pandora FMS**

Puerto	Protocolo	Servicio/Proceso	Descripción	Dirección
80	TCT	Consola Pandora FMS	Administración de IPs	Navegador (Consola Pandora FMS)
80	TCT	Consola Pandora FMS (Comunicación API)	Utilización y funcionalidad API/CLI	Navegador/Servidor que inicie consulta (Consola Pandora FMS)
80	TCT	Metaconsola	Comunicación entre Metaconsola y Nodos	Servidor Metaconsola Servidor Nodo Servidor Metaconsola
162	UDP	Consola Pandora FMS	Recepción de TRAPS	Dispositivo generados de traps

**Fuente:** (Ruíz, 2010)

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

#### Instalando Pandora FMS en Ubuntu 14.04

1. Al abrir un terminal se debe añadir al repositorio la dirección “deb <http://www.artica.es/debian/squeeze>”.
2. Actualizar el sistema mediante el comando “apt-get update”.
3. Ejecutamos el comando “apt-get install pandorafms-console pandorafms-server pandorafms-agent-unix” para la instalación.

4. Damos siguiente a cada pantalla presentada del programa de instalación.
5. Para iniciar Pandora server ejecutamos el comando “/etc/init.d/pandora\_server start”
6. Iniciamos sesión de Pandora “http://192.168.1.12:80/pandora\_console; con usuario: admin contraseña: pandora.



**Figura 23: Administración de Pandora FMS**

Realizado por: Edgar Barragán, 2018

Anexo O. Coeficiente de Correlación de Pearson

Tabla 6: Significación del Coeficiente de Correlación de Pearson

$\alpha$ v	0.10	0.05	0.02	0.01	0.002	0.001
1	0.988	0.997	1.000	1.000	1.000	1.000
2	0.900	0.950	0.980	0.990	0.998	0.999
3	0.805	0.878	0.934	0.959	0.986	0.991
4	0.729	0.811	0.882	0.917	0.963	0.974
5	0.669	0.755	0.833	0.875	0.935	0.951
6	0.621	0.707	0.789	0.834	0.905	0.925
7	0.582	0.666	0.750	0.798	0.875	0.898
8	0.549	0.632	0.715	0.765	0.847	0.872
9	0.521	0.602	0.685	0.735	0.820	0.847
10	0.497	0.576	0.658	0.708	0.795	0.823
11	0.476	0.553	0.634	0.684	0.772	0.801
12	0.457	0.532	0.612	0.661	0.750	0.780
13	0.441	0.514	0.592	0.641	0.730	0.760
14	0.426	0.497	0.574	0.623	0.711	0.742
15	0.412	0.482	0.558	0.606	0.694	0.725
16	0.400	0.468	0.542	0.590	0.678	0.708
17	0.389	0.456	0.529	0.575	0.662	0.693
18	0.378	0.444	0.515	0.561	0.648	0.679
19	0.369	0.433	0.503	0.549	0.635	0.665
20	0.360	0.423	0.492	0.537	0.622	0.652
21	0.352	0.413	0.482	0.526	0.610	0.640
22	0.344	0.404	0.472	0.515	0.599	0.629
23	0.337	0.396	0.462	0.505	0.588	0.618
24	0.330	0.388	0.453	0.496	0.578	0.607
25	0.323	0.381	0.445	0.487	0.568	0.597
26	0.317	0.374	0.437	0.479	0.559	0.588
27	0.311	0.367	0.430	0.471	0.550	0.579
28	0.306	0.361	0.423	0.463	0.541	0.570
29	0.301	0.355	0.416	0.456	0.533	0.562
30	0.296	0.349	0.409	0.449	0.526	0.554
35	0.275	0.325	0.381	0.418	0.492	0.519
40	0.257	0.304	0.358	0.393	0.463	0.490
45	0.243	0.288	0.338	0.372	0.439	0.465
50	0.231	0.273	0.322	0.354	0.419	0.443
60	0.211	0.250	0.295	0.325	0.385	0.408
70	0.195	0.232	0.274	0.302	0.358	0.380
80	0.183	0.217	0.257	0.283	0.336	0.357
90	0.173	0.205	0.242	0.267	0.318	0.338
100	0.164	0.195	0.230	0.254	0.303	0.321
120	0.150	0.178	0.210	0.232	0.277	0.294
150	0.134	0.159	0.189	0.208	0.249	0.264
200	0.116	0.138	0.164	0.181	0.216	0.230
300	0.095	0.113	0.134	0.148	0.177	0.188
500	0.074	0.088	0.104	0.115	0.138	0.146
1000	0.052	0.062	0.073	0.081	0.098	0.104

Fuente: (Aitken, 1957)

Realizado por: Edgar Barragán, 2018