



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

**“EVALUACIÓN DE CODECS DE VIDEO SOBRE TRÁFICO MULTICAST EN
IPV6 PARA EL DESARROLLO DE UN PROTOTIPO EN EL LABORATORIO**

LIRSI – FIE”

**“TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN SISTEMAS INFORMÁTICOS”**

PRESENTADO POR:

EVELYN PAMELA CHAVEZ PAREDES

DIEGO ARMANDO CASTRO ARROBO

RIOBAMBA – ECUADOR

- 2014 -

El fin de una meta ha llegado, el sentimiento de alegría y gratitud en mi corazón es inmenso, por ello mi más sincero agradecimiento a Dios, por ser mi guía y compañero siempre; A toda mi familia por la confianza depositada en mí; A mi querida madre por su ternura, amor y comprensión internacional; A la ESPOCH por permitirme crecer intelectual y profesionalmente; A mis amigos por la motivación y cariño; A ti Diego por tu paciencia y tolerancia; Y una gratitud especial a los Ingenieros: Diego Ávila y Alberto Arellano, por sus consejos y apoyo necesario para culminar con éxito la presente tesis.

Evelyn Pamela Chavez Paredes

Para mí, es un verdadero placer utilizar este medio para expresar mi agradecimiento; A ti Dios, por darme la oportunidad de vivir, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente; A ti Marco, por tu incondicional apoyo, tanto al inicio como al final de mi carrera; A ti mami Betty, que tienes algo de Dios por la inmensidad de tu amor, y mucho de ángel por ser mi guarda y por tus incansables cuidados, porque si hay alguien que está detrás de todo este trabajo, eres tú mami, que has sido, eres y serás el pilar de mi vida; A todos mis amigos y en especial a ti Pamela por ser la persona que me ha apoyado siempre, por ser tolerante, comprensiva, paciente y por ayudarme a hacer realidad nuestro sueño; Agradecer al Ing. Diego Ávila e Ing. Alberto Arellano por sus importantes aportes y disponibilidad para llevar a cabo el desarrollo de ésta tesis.

Diego Armando Castro Arrobo

Sin sacrificio no existe la victoria, dedico este trabajo de tesis con todo mi corazón, admiración y respeto a Dios por cuidar de mí y a mi familia de manera incondicional;

En especial a mi madre Noemí por el sacrificio y esfuerzo que realiza día a día para brindarme la oportunidad de tener una carrera profesional; A mi hermano Cristian por su infinito amor; A mi abuelita Enriqueta por sus bendiciones y abrazos de confianza; Y a mis amigos Diego, Lorena, Jessica, Aníbal, Luis por su amistad y compañía estos años juntos en la carrera.

Evelyn Pamela Chavez Paredes

El presente trabajo realizado con mucha paciencia y esmero, se lo dedico a Dios, por ser quien me dio la fortaleza, fe, salud y esperanza para alcanzar este anhelo que se vuelve una realidad tangible; A Marco, porque gracias a él, sé que la responsabilidad se la debe vivir como un compromiso de dedicación y esfuerzo; A mi mami Betty, cuyo vivir me ha demostrado que en el camino hacia la meta se necesita de la dulce fortaleza para aceptar las derrotas y del sutil coraje para derribar miedos; A mis hermanos María José y Mateo por ser mi inspiración día tras día, los que nunca dudaron que lograría este triunfo y los que me motivan para empezar nuevas búsquedas; A mis familiares, en especial a mi mami Digna y mi papi Pepe porque de una u otra forma, con su apoyo moral me han incentivado a seguir adelante, a lo largo de toda mi vida.

Diego Armando Castro Arrobo

FIRMAS RESPONSABLES Y NOTAS

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Iván Menes Camejo DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	_____	_____
Ing. Jorge Huilca Palacios DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS	_____	_____
Ing. Diego Ávila Pesantez DIRECTOR DE TESIS	_____	_____
Ing. Alberto Arellano MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____
Ing. Eduardo Tenelanda DIRECTOR DEL CENTRO DE DOCUMENTACIÓN	_____	_____
NOTA:	_____	

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

“Nosotros: **EVELYN PAMELA CHAVEZ PAREDES** y **DIEGO ARMANDO CASTRO ARROBO**, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en ésta Tesis de Grado; y, el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**”.

Evelyn Pamela Chavez Paredes

Diego Armando Castro Arrobo

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ARTS	Advanced Real Time Streaming - Tiempo Real Avanzado de Streaming
AS	Simple Avance - Avance Simple
AVC	Advanced Video CODEC – CODEC de Video Avanzado
AVS	Audio Video Standard - Audio de Video Estándar
BP	Baseline Profile – Perfil Básico
Bps	Bytes Per Second - Bits Por Segundo
CBP	Constrained Baseline Profile – Perfil Básico Limitado
CD	Compact Disc – Disco Compacto
CODEC	Codificador – Decodificador
CPU	Central Processing Unit - Unidad Central De Proceso
CSS	Cascading Style Sheets - Hojas de Estilo en Cascada
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol - Protocolo de Asignación Dinámica de Direcciones
DNS	Domain Name System – Sistema de Nombres de Dominio
DVB	Digital Video Broadcasting – Broadcast de Video Digital
DVD	Digital Versatile Disc – Disco de Almacenamiento de Datos
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
E3	34.368Mbits/Second
FIE	Facultad de Informática y Electrónica
FMS	Flash Media Server – Servidor de Medios Flash
FMO	Flexible Macroblock Ordering – Orden Flexible de Macroblock

FTP	File Transfer Protocol - Protocolo de Transferencia de Archivos
GPL	General Public License - Licencia Pública General
H₀	Hipótesis Nula
H₁	Hipótesis Alternativa
HD	High Definition – Alta Definición
HiP	High Profile – Alto Perfil
Hi10P	High 10 Profile – Alto Perfil 10
Hi422P	High 4:2:2 Profile – Alto Perfil 4:2:2
Hi444PP	High 4:4:4 Predictive Profile – Alto Perfil Predictivo 4:4:4
HTML	HyperText Markup Language – Lenguaje de Marcas de Hipertexto
HTTP	Hypertext Transfer Protocol - Protocolo de Transferencia de Hipertexto
IANA	Internet Assigned Numbers Authority - Autoridad de Asignación de Números de Internet.
ICMP	Internet Control Message Protocol – Protocolo de Mensajes de Control de Internet.
ID	Identificador
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers - Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IETF	Internet Engineering Task Force - Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet
IGMPv3	Internet Group Management Protocol - Protocolo de Administración de Grupos de Internet Versión Tres
IOS	Internetworking Operating System - Sistema Operativo de

	Interconexión
IP	Internet Protocol – Protocolo de Internet
IPv4	Internet Protocol Version 4 - Protocolo de Internet Versión 4
IPv6	Internet Protocol Version 6 - Protocolo de Internet Versión 6
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
ISP	Internet Service Provider - Proveedor de Servicios de Internet
ITU	International Telecommunication Union - Unión Internacional de Telecomunicaciones
JVT	Joint Video Team - Equipo de Video Conjunto
Kbps	Kilobits Per Second - Kilobits Por Segundo
LAN	Local Área Network – Red de Área Local
LIRSI	Laboratorio de Investigación, Redes y Seguridades Informáticas.
MAC	Media Access Control - Control de Acceso al Medio
Mb	MegaBit
MB	MegaByte
MBONE	Multicast Backbone
Mbps	Megabits Per Second - Megabits Por Segundo
MLD	Multicast Listener Discovery - Descubrimiento de Oyentes de Multidifusión
MMS	Microsoft Media Server – Servidor de Medios Microsoft
MP	Main Profile – Perfil Principal
MPEG	Moving Picture Experts Group – Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento
Ms	Milisecond – Milisegundos

NAL	Network Abstraction Layer - Capa de Abstracción de Red
OS	Operating System - Sistema Operativo
OSI	Open System Interconnection - Modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos
PIM	Protocol Independent Multicast - Protocolo Independiente de Multidifusión
PIM-SM	Protocol Independent Multicast - Sparse Mode, Protocolo Independiente Multicast – Modo Disperso
PIM-SSM	Protocol Independent Multicast - Source-Specific Multicast, Protocolo Independiente Multicast – Modo de Origen Especifico
QoS	Service Quality - Calidad de Servicio
RAID	Redundant Array of Independent Disks- Conjunto Redundante de Discos Independientes
RFC	Requests for Comments - Petición De Comentarios
RIP	Routing Information Protocol - Protocolo de Información de Ruteo
RP	Rendezvous Point – Punto de Encuentro
RTCP	Real-time Transport Control Protocol - Protocolo de Control de Transporte en Tiempo Real
RTMP	Real Time Messaging Protocol – Protocolo de Mensajería en Tiempo Real
RTMPT	Real Time Messaging Protocol Tunneled - Protocolo de Mensajería en Tiempo Real Canalizado
RTMP	Real Time Messaging Protocol Secure - Protocolo de Mensajería en Tiempo Real Asegurado

RTMPE	Real Time Messaging Protocol Encrypted - Protocolo de Mensajería en Tiempo Real Encriptado
RTP	Real-Time Transport Protocol - Protocolo de Transporte en Tiempo Real
RTSP	Real Time Streaming Protocol – Protocolo de Streaming en Tiempo Real.
OSPF	Open Shortest Path First - Primer Camino Más Corto
RTVE	Spanish Radio Television - Radio de Televisión Española
SDH	Synchronous Digital Hierarchy - Jerarquía Digital Síncrona
SLA	Service Level Agreement – Acuerdo de Nivel de Servicio
SSD	Solid-State Drive – Unidad de Estado Sólido
SVCD	Super Video Compact Disc – Disco Compacto de Súper Video
TCP	Transmission Control Protocol - Protocolo de Control de Transmisión.
T3	44.736 Mbps line
TS	Transport Stream - Transporte de Streaming
UDP	User Datagram Protocol – Protocolo de Datagrama de Usuario
USB	Universal Serial Bus - Bus Universal en Serie.
VCEG	Video Coding Experts Group - Grupo de Expertos en Codificación de Video
VCD	Video Compact Disc – Disco de Video Compacto
VCL	Video Coding Layer - Capa de Codificación de Video
VHS	Video Home System – Video de Sistema Casero
VLAN	Virtual Local Area Network - Red de Área Local Virtual

VLC	Video LAN Client – Cliente de Video LAN
VLS	Video LAN Server – Servidor de Video LAN
VoIP	Voice over IP - La Voz Sobre IP
WAN	Wide Area Network – Red de Área Amplia
XP	Extended Profile – Perfil Extendido

ÍNDICE GENERAL

FIRMAS RESPONSABLES Y NOTAS	- 6 -
RESPONSABILIDAD DEL AUTOR	- 7 -
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	- 8 -
ÍNDICE GENERAL	- 14 -
ÍNDICE DE TABLAS	- 21 -
ÍNDICE DE GRÁFICOS	- 22 -
INTRODUCCIÓN	- 24 -
CAPÍTULO I.....	- 27 -
1. MARCO REFERENCIAL	- 27 -
1.1. ANTECEDENTES.....	- 28 -
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS.....	- 30 -
1.2.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	- 30 -
1.2.2. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	- 31 -
1.2.3. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	- 32 -
1.3. OBJETIVOS	- 34 -
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	- 34 -
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	- 34 -
1.4. HIPÓTESIS	- 34 -
CAPÍTULO II	- 36 -
2. MARCO TEÓRICO	- 36 -
2.1. STREAMING	- 37 -
2.1.1. STREAMING DE VIDEO	- 37 -
2.1.2. TIPOS DE STREAMING DE VIDEO.....	- 38 -
2.1.2.1. EN DIRECTO O TIEMPO REAL.....	- 38 -
2.1.2.2. SOBRE DEMANDA	- 38 -
2.1.3. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE STREAMING DE VIDEO..	- 39 -
2.1.3.1. SERVIDOR DE STREAMING.....	- 40 -

2.1.3.2.	CLIENTE.....	- 40 -
2.1.3.3.	RED DE COMUNICACIÓN – MEDIO	- 41 -
2.1.4.	PROTOSCOLOS PARA REALIZAR STREAMING	- 42 -
2.1.4.1.	PROTOSCOLOS PARA STREAMING EN DIRECTO.....	- 42 -
2.1.4.2.	PROTOSCOLOS PARA STREAMING SOBRE DEMANDA.....	- 43 -
2.1.5.	ARQUITECTURAS DE RED UTILIZADAS EN LOS SISTEMAS DE STREAMING	- 43 -
2.2.	CODEC	- 46 -
2.2.1.	CODEC DE VIDEO.....	- 46 -
2.2.2.	COMPRESIÓN DE VIDEO.....	- 47 -
2.2.2.1.	FUNCIONAMIENTO DE LA COMPRESIÓN DE VIDEO	- 47 -
2.2.2.2.	TIPOS DE COMPRESIÓN DE VIDEO	- 48 -
2.2.3.	CODEC H.264.....	- 49 -
2.2.3.1.	IMPORTANCIA.....	- 50 -
2.2.3.2.	CARACTERÍSTICAS	- 50 -
2.2.3.3.	PERFILES	- 51 -
2.2.4.	CODEC XVID.....	- 52 -
2.2.4.1.	CARACTERÍSTICAS	- 53 -
2.2.4.2.	PERFILES	- 53 -
2.2.5.	CODEC THEORA	- 54 -
2.2.5.1.	CARACTERÍSTICAS	- 55 -
2.2.5.2.	PERFILES	- 55 -
2.3.	PROTOSCOLO DE INTERNET VERSIÓN 6.....	- 57 -
2.3.1.	IPv6 - PROTOSCOLO DE INTERNET VERSIÓN 6.....	- 57 -
2.3.1.1.	DIRECCIONES IP DISPONIBLES	- 58 -
2.3.1.2.	CARACTERÍSTICAS DE IPv6	- 58 -
2.3.1.3.	TIPOS DE DIRECCIONES IPv6	- 60 -
2.4.	MULTICAST	- 62 -
2.4.1.	ÁREAS DE APLICACIÓN Y USABILIDAD	- 62 -
2.4.2.	ESTRUCTURA DE UNA DIRECCIÓN MULTICAST EN IPV6	- 62 -
2.4.3.	COMUNICACIÓN EN UNA RED MULTICAST.....	- 64 -
2.4.4.	PROTOSCOLOS DE ENRUTAMIENTO MULTICAST CON IPV6.....	- 66 -

CAPÍTULO III..... - 67 -

3. APLICACIONES DE DISTRIBUCIÓN LIBRE PARA SERVIDOR

STREAMING DE VIDEO - 67 -

3.1 CARACTERÍSTICAS DE UN SERVIDOR STREAMING DE VIDEO .. - 68 -

3.2 APLICACIONES PARA REALIZAR STREAMING DE VIDEO - 69 -

3.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS APLICACIONES DE SOFTWARE LIBRE ..-
70 -

□ FLUMOTION - 70 -

□ VIDEO LAN - 71 -

□ RED 5 MEDIA SERVER - 73 -

□ ICECAST - 75 -

□ GNUMP3D - 76 -

□ FFMPEG - 78 -

□ DARWIN STREAMING SERVER (DSS) - 79 -

CAPÍTULO IV - 83 -

4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE AMBIENTES DE PRUEBA..... - 83 -

4.1. TOPOLOGÍA, ALCANCE Y DISEÑO DE LA RED INFORMÁTICA ... - 84 -

4.1.1. TOPOLOGÍA - 84 -

4.1.2. ALCANCE - 85 -

4.1.3. DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DEL ESCENARIO DE PRUEBAS - 86 -

4.2. DIRECCIONAMIENTO DE LA RED - 89 -

4.3. EQUIPOS USADOS PARA LA ARQUITECTURA DEL STREAMING - 90 -

4.3.1. HARDWARE Y SOFTWARE DEL SERVIDOR DE STREAMING DE
VIDEO - 91 -

a) SOFTWARE - 91 -

b) HARDWARE - 92 -

c) CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE PARA LA EMISIÓN DE
VIDEO - 93 -

4.3.2. HARDWARE Y SOFTWARE DEL CLIENTE DE STREAMING DE
VIDEO - 95 -

a) SOFTWARE - 95 -

b)	HARDWARE	- 96 -
4.4.	EQUIPOS UTILIZADOS PARA UNA TRANSMISIÓN EN VIVO	- 97 -
4.4.1.	CARACTERÍSTICAS DE LA TARJETA CAPTURADORA Y FILMADORA	- 97 -
4.4.2.	CONFIGURACIÓN DEL MÓDULO V4L2 PARA TARJETA CAPTURADORA DE VIDEO	- 98 -
4.5.	HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA GENERAR CONGESTIÓN. -	101 -
4.6.	CONFIGURACIÓN DE LOS CODEC's EN EL SERVIDOR PARA GENERAR EMISIÓN	- 104 -
a)	CONFIGURACIÓN DEL CODEC H.264 PARA STREAMING DE VIDEO SOBRE DEMANDA Y EN VIVO.	- 104 -
<input type="checkbox"/>	Configuración sobre demanda	- 104 -
<input type="checkbox"/>	Configuración en vivo	- 106 -
b)	CONFIGURACIÓN DEL CODEC XVID PARA STREAMING DE VIDEO SOBRE DEMANDA Y EN VIVO.	- 108 -
<input type="checkbox"/>	Configuración sobre demanda	- 108 -
<input type="checkbox"/>	Configuración en vivo	- 109 -
c)	CONFIGURACIÓN DEL CODEC THEORA PARA STREAMING DE VIDEO SOBRE DEMANDA Y EN VIVO.	- 110 -
<input type="checkbox"/>	Configuración sobre demanda	- 110 -
<input type="checkbox"/>	Configuración en vivo	- 111 -
4.7.	CONFIGURACIÓN DEL CLIENTE PARA RECIBIR EMISIÓN	- 111 -
 CAPÍTULO V		- 113 -
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS-		113 -
5.1.	DETERMINACIÓN DE ESCENARIOS Y NÚMERO DE PRUEBAS..	- 114 -
5.2.	PARÁMETROS PARA ANALIZAR EL RENDIMIENTO EN REDES	- 116 -
5.2.1.	PÉRDIDA DE PAQUETES	- 116 -
5.2.2.	LATENCIA	- 117 -
5.2.3.	JITTER.....	- 118 -
5.2.4.	ANCHO DE BANDA.....	- 118 -
5.3.	HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA MEDIR EL RENDIMIENTO-	119 -

5.4.	VALORES REFERENCIALES PARA ANÁLISIS DE INDICADORES DEL RENDIMIENTO	- 120 -
5.4.1.	PÉRDIDA DE PAQUETES	- 120 -
5.4.2.	LATENCIA	- 121 -
5.4.3.	JITTER.....	- 122 -
5.4.4.	ANCHO DE BANDA.....	- 126 -
5.5.	PROCESAMIENTO DE RESULTADOS	- 127 -
5.5.1.	CAPTURA Y MEDICIÓN DE DATOS DEL CODEC H.264	- 127 -
5.5.2.	CAPTURA Y MEDICIÓN DE DATOS DEL CODEC XVID	- 128 -
5.5.3.	CAPTURA Y MEDICIÓN DE DATOS DEL CODEC THEORA... -	129 -
5.6.	COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS	- 130 -
5.6.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	- 130 -
5.6.2.	MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	- 131 -
5.6.3.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS	- 132 -
a.	Análisis del indicador Pérdida de Paquetes	- 132 -
b.	Análisis del indicador Latencia.....	- 133 -
c.	Análisis del indicador Jitter	- 135 -
d.	Análisis del indicador Ancho de Banda.....	- 137 -
5.6.4.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y DETERMINACIÓN DEL CODEC ÓPTIMO	- 139 -
5.6.5.	ANALISIS Y PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS NULA Y ALTERNATIVA MEDIANTE CHI CUADRADO	- 142 -
a.	Valores observados	- 143 -
b.	Valores esperados	- 144 -
c.	Tabla de contingencia	- 145 -
d.	Chi Cuadrado calculado.....	- 146 -
e.	Grados de Libertad.....	- 147 -
f.	Nivel de significancia	- 147 -
g.	Interpretación de resultados del Valor Crítico y Chi Cuadrado.....	- 148 -
	CONCLUSIONES	- 150 -
	RECOMENDACIONES	- 152 -

RESUMEN	- 154 -
SUMMARY	- 155 -
ANEXOS.....	- 156 -
ANEXO 1	- 156 -
SECCIÓN I: Archivo de configuración del router emisor.....	- 156 -
SECCIÓN II: Archivo de configuración del router de punto de redirección.....	- 160 -
SECCIÓN III: Archivo de configuración del router receptor	- 165 -
ANEXO 2	- 170 -
SECCIÓN I: Mediciones en la red del CODEC H.264	- 170 -
SECCIÓN II: Mediciones en la red del CODEC Xvid.....	- 178 -
SECCIÓN III: Mediciones en la red del CODEC Theora	- 186 -
ANEXO 3	- 194 -
Tabla de distribución de chi cuadrado con valores críticos	- 194 -
ANEXO 4	- 196 -
Guía de implementación de streaming de video sobre una red con tráfico Multicast en IPv6 para el laboratorio LIRSI – FIE.....	- 196 -
1. DISEÑO Y CONFIGURACIÓN DE UNA RED MULTICAST IPv6.....	- 196 -
1.1. Esquema de la Red.....	- 196 -
1.2. Configuración de los Routers	- 197 -
1.2.1. Configuración del router de emisión de multidifusión	- 199 -
1.2.2. Configuración del router como punto de redirección de la multidifusión .	- 201 -
1.2.3. Configuración del router receptor de multidifusión.....	- 203 -
2. INSTALACIÓN DE LA APLICACIÓN EMISORA Y RECEPTORA DE VIDEO VLC	- 205 -
2.1 Instalación de VLC en Linux.....	- 205 -
2.2 Instalación de VLC en Windows	- 207 -
3. CONFIGURACIÓN PARA LA EMISIÓN DE VIDEO	- 212 -
3.1 Emisión en vivo desde una filmadora.....	- 213 -
3.1.1 Configuración del driver Video4Linux	- 215 -
3.2 Emisión sobre demanda desde una webcam.....	- 217 -
3.3 Emisión sobre demanda	- 220 -

4. RECEPCIÓN DE UN VIDEO EN UN CLIENTE DESDE UNA FUENTE DE
MULTIDIFUSIÓN.....- 222 -

GLOSARIO.....- 225 -

BIBLIOGRAFÍA- 230 -

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA II. 1 Diferencias entre los tipos de streaming de video	- 39 -
TABLA II. 2 Comparativa entre los CODEC's de video.....	- 56 -
TABLA II. 3 Tipos de direcciones IPv6 y Prefijos	- 61 -
TABLA III. 1 Comparativa de aplicaciones de software libre	- 81 -
TABLA IV. 1 Direccionamiento del escenario de pruebas	- 90 -
TABLA IV. 2 Características de la máquina designada para Servidor	- 92 -
TABLA IV. 3 Requisitos de instalación para VLC	- 93 -
TABLA IV. 4 Características de la máquina cliente portátil.....	- 96 -
TABLA IV. 5 Características de la máquina cliente de escritorio	- 97 -
TABLA V. 1 Valoración cuantitativa en la medición del rendimiento	- 127 -
TABLA V. 2 Comportamiento del CODEC H.264 en los distintos escenarios	- 128 -
TABLA V. 3 Comportamiento del CODEC Xvid en los distintos escenarios	- 129 -
TABLA V. 4 Comportamiento del CODEC Theora en los distintos escenarios....	- 130 -
TABLA V. 5 Indicadores de rendimiento para los CODEC H.264, Xvid y Theora	- 132 -
TABLA V. 6 Valores observados de los CODEC de video	- 144 -
TABLA V. 7 Valores esperados de los CODEC de video	- 145 -
TABLA V. 8 Tabla de Contingencia Chi Cuadrado.....	- 146 -

ÍNDICE DE GRÁFICOS

FIGURA I. 1 Planteamiento del escenario de pruebas	- 33 -
FIGURA II. 1 Tecnología de streaming	- 37 -
FIGURA II. 2 Difusión de streaming en vivo	- 38 -
FIGURA II. 3 Difusión de streaming sobre demanda	- 39 -
FIGURA II. 4 Arquitectura centralizada basada en un solo servidor	- 45 -
FIGURA II. 5 Sistema de distribución de jerarquía en el registro de internet	- 57 -
FIGURA II. 6 Cabeceras de IPv4 e IPv6.....	- 60 -
FIGURA II. 7 Dirección Multicast en IPv6.....	- 63 -
FIGURA II. 8 Comunicación con trafico Multicast	- 65 -
FIGURA III. 1 Servidor de streaming RED 5	- 75 -
FIGURA III. 2 Servidor de streaming Gnump3d	- 78 -
FIGURA III. 3 Servidor de streaming Darwin	- 80 -
FIGURA IV. 1 Diseño del escenario de pruebas	- 87 -
FIGURA IV. 2 Prototipo de pruebas con equipos reales.....	- 87 -
FIGURA IV. 3 Pantalla principal de la distribución Ubuntu	- 91 -
FIGURA IV. 4 Pantalla inicial de Software VLC en Ubuntu	- 95 -
FIGURA IV. 5 Pantalla de configuración de Ostinato	- 102 -
FIGURA IV. 6 Configuración de Ostinato para una congestión moderada	- 103 -
FIGURA IV. 7 Configuración de Ostinato para una congestión fuerte.....	- 103 -
FIGURA IV. 8 Abrir medio para CODEC H.264	- 105 -
FIGURA IV. 9 Configuración de destino sobre demanda para CODEC H.264	- 105 -
FIGURA IV. 10 Configuración de preferencias difusión sobre demanda.....	- 106 -

FIGURA IV. 11 Configuración de dispositivo de captura	- 107 -
FIGURA IV. 12 Abrir medio para CODEC Xvid	- 108 -
FIGURA IV. 13 Configuración de destino sobre demanda para CODEC Xvid	- 109 -
FIGURA IV. 14 Abrir medio para CODEC Theora.....	- 110 -
FIGURA IV. 15 Configuración de destino sobre demanda para CODEC Theora .	- 111 -
FIGURA IV. 16 Abrir volcado de red en un cliente de multidifusión	- 112 -
FIGURA V. 1 Diagrama de Árbol.....	- 114 -
FIGURA V. 2 Visualización del comando para comprobar la latencia.....	- 122 -
FIGURA V. 3 Ingreso a Jperf/Iperf por medio de comando	- 123 -
FIGURA V. 4 Ingreso a Jperf/Iperf en modo gráfico.....	- 123 -
FIGURA V. 5 Jperf/Iperf en modo servidor.....	- 124 -
FIGURA V. 6 Jperf/Iperf en modo cliente	- 125 -
FIGURA V. 7 Análisis de la pérdida de paquetes en porcentajes	- 133 -
FIGURA V. 8 Análisis de la latencia	- 134 -
FIGURA V. 9 Análisis de la latencia en valores porcentuales	- 135 -
FIGURA V. 10 Análisis del Jitter.....	- 136 -
FIGURA V. 11 Análisis del Jitter en valores porcentuales	- 137 -
FIGURA V. 12 Análisis del Ancho de Banda	- 138 -
FIGURA V. 13 Análisis del Ancho de Banda en valores porcentuales	- 139 -
FIGURA V. 14 Porcentajes de los indicadores	- 140 -
FIGURA V. 15 Chi Cuadrado	- 149 -

INTRODUCCIÓN

El mundo es cada vez más competitivo, por ello las empresas buscan diferentes formas para poder transmitir sus mensajes y/o contenido multimedia (audio/video) a la sociedad, y así poder llegar a gran cantidad de audiencia de manera rápida, económica y eficiente, no sólo a nivel local sino también nacional, por tal motivo se ha buscado alternativas como la implementación de servicios de streaming de video que mediante el uso adecuado de los CODEC's (Codificador - Decodificador) de video, faciliten la comunicación con los usuarios.

El servicio de streaming de video o video afluente es una evolución de las telecomunicaciones, que permite transmitir voz y video en tiempo real y sobre demanda, para ello hace uso de los CODEC's o algoritmos de compresión, que reduce considerablemente el tamaño de un archivo de contenido multimedia para transmitirlo por la red y llevar su contenido a los destinatarios finales. Con el avance masivo del contenido multimedia se espera que las aplicaciones utilicen tráfico Multicast con IPv6 (Protocolo de Internet versión 6), las cuales son propuestas interesantes para el servicio de streaming, ya que el tráfico Multicast, permite el envío de un paquete para múltiples destinatarios, ahorrando el ancho de banda; mientras que la aparición del protocolo IPv6 proporciona un ambiente rico en funciones para el futuro de la interconexión mundial, eliminando las barreras que el protocolo IPv4 (Protocolo de Internet versión 4) presenta, como la falta de direcciones.

La presente investigación tiene como objetivo llevar a cabo la evaluación de los CODEC's de video H.264, Xvid y Theora sobre tráfico Multicast en IPv6, para el desarrollo de un prototipo en el laboratorio de investigación LIRSI (Laboratorio de

Investigación, Redes y Seguridad Informática) – FIE (Facultad de Informática y Electrónica), por lo que se ha diseñado ambientes de prueba, los mismos que permiten tener datos referenciales acerca del CODEC óptimo, para una transmisión de video en tiempo real y sobre demanda bajo las configuraciones de la red mencionada, mediante la estimación del rendimiento que presenta el CODEC en cada escenario, el análisis de la comunicación los datos y el comportamiento de los mismos, culminando con la emisión de resultados y la creación de una guía de implementación de streaming de video.

En el Capítulo I *Marco Referencial*, se detalla los antecedentes, la justificación de la investigación, los objetivos a cumplirse y la hipótesis planteada que al final del trabajo será comprobada.

El Capítulo II *Marco Teórico*, comprende el estudio acerca de las principales características de los CODEC's H.264, Xvid y Theora para streaming de video; el protocolo de internet versión 6 y el funcionamiento de tráfico Multicast en equipos Cisco y servidores Linux.

En el Capítulo III *Aplicaciones de Distribución Libre para el Servidor Streaming de Video*, se presenta información sobre las aplicaciones de software gratuito comúnmente utilizadas para la configuración del servidor de streaming de video, permitiendo la comunicación entre los clientes y el servidor, con la finalidad de tener acceso a las transmisiones multimedia.

En el Capítulo IV *Diseño e Implementación de Ambientes de Prueba*, se contempla los diferentes ambientes de prueba realizados en la investigación, los mismos que constan

de aspectos como diseño, direccionamiento, enrutamiento, configuración y captura de datos sobre la red con tráfico Multicast en IPv6.

En el Capítulo V *Análisis de Resultados y Comprobación de la Hipótesis*, se describe el análisis de los valores obtenidos en el Capítulo IV con el fin de establecer diferencias y conclusiones para comprobar la hipótesis planteada en el trabajo de investigación, para lo cual se detalla las principales características acerca de los parámetros básicos para la medición del rendimiento en redes.

Finalmente en la sección de *Anexos* se recalca la creación de una guía de implementación de streaming de video sobre tráfico Multicast en IPv6, con la finalidad de que diferentes instituciones y en especial el laboratorio LIRSI - FIE cuente con este aporte científico para futuras implementaciones.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

En todo proceso de investigación, un elemento que sustenta el camino a seguir en un trabajo científico es sin duda el marco referencial, ya que en éste se contempla aquellas ideas o teorías fundamentales sobre las cuales se basa la tesis.

Este capítulo comprende los antecedentes, la justificación teórica, metodológica y la práctica, en la que se exponen las razones acerca del problema, la usabilidad, utilidad y los beneficios a obtener cuando se lleve a cabo la ejecución de los resultados del estudio a realizar.

Además se contempla los objetivos que se van a cumplir y la hipótesis propuesta para ser probada durante el desarrollo de la tesis.

1.1. ANTECEDENTES

El incremento definitivo de internet en la segunda década del siglo XXI, hace que cada vez haya millones de personas que utilizan la red, no sólo para comunicarse, sino para acceder a contenidos de todo tipo. Los libros, documentos, fotografías, cine o música ya no se consumen de la misma manera, y cada día la red se reinventa para ofrecer nuevas formas de acceder a ellos y hacer su disfrute más sencillo.

El sector audiovisual en la red, suscitado primordialmente por las necesidades de las personas, es uno de los más importantes en la actualidad, ya que es capaz de llevar sus contenidos multimedia a la sociedad y originar un gran crecimiento en la comunicación, promoviendo el desarrollo de la cultura, amplias fuentes de información, conocimiento y ocio mediante su difusión a través del internet.

El streaming nace como el primer desarrollo de la informática de consumo, permitiendo ampliar negocios a niveles empresariales, educativos y en la salud, proporcionando un alcance a gran audiencia de manera fácil y económica, garantizando transmisiones en línea, utilizados ya sea para ruedas de prensa, negocios o aulas virtuales.

Existen varios tipos de streaming, entre ellos el más popular es el streaming de video o video afluente, el cual apareció en abril de 1995, en sus inicios se permitía descargar completamente el archivo para poderlo visualizar, mientras que ahora se puede descargar un archivo o reproducirlo al mismo tiempo en la red.

Para que el contenido multimedia se realice, los datos deben ser comprimidos en el equipo de origen mediante un CODEC, que sirve para transformar las señales de audio y video, a datos que puedan ser enviados por la red, la misma que ayuda a que viajen

comprimidos a través del circuito de comunicación y se descomprimen en el lugar de destino, obteniendo una mejor calidad de voz y video.

Para poder proporcionar un acceso claro, convincente y continuo, el streaming de video se apoya en los beneficios que presenta el tráfico o difusión de contenido mediante la tecnología Multicast, que permite conservar el ancho de banda, específicamente diseñado para reducir el tráfico, transmitiendo un único flujo de información a miles de destinatarios. De esta forma, se sustituyen las múltiples copias para todos los beneficiarios con la entrega de un único flujo de información. En contraste con Unicast, en donde se envía una copia, flujo de información a cada cliente o receptor que se conecte al grupo.

En la actualidad, el intercambio de información a través de la internet clásica se realiza de forma Unicast, por lo cual la transmisión es: ineficiente y limita la comunicación entre múltiples usuarios, más aún cuando los recursos a consumir son mayores.

Sin embargo, y a pesar de las ventajas señaladas del video streaming y la difusión Multicast, el mayor inconveniente que presenta el video afluente al desplegarlo, es que el ancho de banda utilizado es directamente proporcional a la calidad del video en términos de tiempo y resolución, esto es, entre más alta es la calidad del video se requiere un ancho de banda más importante, por ello, es imprescindible usar algoritmos de compresión de video que permitan maximizar el ancho de banda, ya que la desacertada elección del CODEC para el servidor de streaming de video, provoca aparte de la mala resolución del video e incomodidad por parte del usuario, problemas de congestión en la red y bajo rendimiento en las aplicaciones por el consumo de ancho de banda que el contenido multimedia requiere, por lo que nace la necesidad de realizar

una evaluación de CODEC's de video sobre tráfico Multicast en IPv6 para el desarrollo de un prototipo en el laboratorio LIRSI- FIE.

Con la finalidad de determinar el CODEC más adecuado, que incremente el rendimiento en las transmisiones de contenido multimedia, sobre tráfico Multicast IPv6 y así brindar a las instituciones públicas, privadas y en especial al laboratorio LIRSI, una guía de implementación de streaming de video con el CODEC que mejor rendimiento presente en la difusión Multicast IPv6, para lo cual se realizará un prototipo de MBone (Multicast Backbone) para la comprobación y evaluación de cada uno de los algoritmos de compresión.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS

Toda idea plasmada en una investigación debe encontrarse claramente justificada, con el objetivo de respaldar la ejecución de un escenario y una supuesta teoría o hipótesis de conocimiento, por tal razón a continuación se da a conocer la justificación teórica, metodológica y práctica.

1.2.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La difusión de contenido multimedia (streaming de video) en la red, se ha convertido en uno de los servicios actualmente más solicitados por las empresas, ya que dicha transmisión permite que puedan ofertar sus productos y/o conocimientos mediante videos publicitarios, magistrales, video clases, videotecas, etc., logrando que los usuarios puedan acceder a información y recomendaciones importantes mediante las aplicaciones visuales (videos) ofertadas.

Para el streaming de video es necesario la implementación de varios componentes, entre ellos, el más importante y no tan estudiado es el CODEC de compresión de video, por tal motivo se va a llevar a cabo un estudio de los CODEC's: H.264, Xvid y Theora, los mismos que permiten codificar (comprimir) un video, garantizando la alta calidad de imagen y la reducción del tamaño del archivo, tanto para la transmisión de éste en la red como en el espacio que ocupa dentro de un dispositivo de almacenamiento masivo (memoria USB (Bus Universal en Serie), SSD (Unidad de Estado Sólido), disquete, etc.), permitiendo que el archivo de video sea manejable.

Dichos CODEC's fueron seleccionados por sus características relevantes, como lo son: libre distribución, altamente utilizados en el mercado, eficientes y sobre todo apropiados para el manejo de la transmisión multimedia.

IPv6 es la nueva generación del protocolo básico de internet, el motivo para crear un nuevo protocolo fue: proporcionar un ambiente rico en funciones para el futuro de la interconexión mundial y eliminar barreras que el protocolo IPv4 presenta como la falta de direcciones. Además con el avance masivo del tráfico de voz, video y de aplicaciones de tiempo real, se espera que las aplicaciones utilicen el tipo de tráfico Multicast para un ahorro de ancho de banda en los enlaces troncales de la red, por tal motivo se estudiará su funcionamiento, direccionamiento y enrutamiento.

1.2.2. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La tesis se va a enfocar en una investigación analítica y práctica, en la que se utilizará el método científico y las técnicas de investigación como: benchmark, la observación y la documentación, técnicas que permitirán recopilar información necesaria y útil, para llevar a cabo el estudio de los CODEC's antes mencionados.

1.2.3. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Para llevar a cabo la evaluación de los CODEC's de video sobre tráfico Multicast en IPv6, se necesitará de la difusión de contenido multimedia en la red en tiempo real y sobre demanda, ya que estas dos maneras de difusión son actualmente las más solicitadas por los usuarios, permitiendo el acceso a cualquier tipo de información.

En las difusiones en tiempo real se necesitará una cámara digital (filmadora) y una tarjeta capturadora de video. En la transmisión sobre demanda se empleará videos educativos, que serán comprimidos y almacenados en el disco duro de dicho servidor, el mismo que será configurado en la plataforma Linux.

Los trabajos experimentales se los realizará sobre escenarios de prueba con la utilización de los equipos de la academia Cisco (Router Cisco 2811, Switch Cisco Catalyst 2960, cables de red, computadoras de escritorio y portátiles).

Dichos escenarios se describen a continuación:

- Red IPv6 Multicast, con el CODEC H.264 para streaming sobre demanda y en tiempo real.
- Red IPv6 Multicast, con el CODEC Theora para streaming sobre demanda y en tiempo real.
- Red IPv6 Multicast, con el CODEC Xvid para streaming sobre demanda y en tiempo real.

El núcleo de la red tendrá como funcionalidad principal el ruteo Multicast en IPv6 y en los bordes de esta red estarán los posibles usuarios con el direccionamiento IPv6 que se podrán unir a los grupos Multicast generados.

Una vez realizadas las configuraciones básicas e iniciada la difusión de video en la red, se procederá a la inyección de tráfico en la red, ya que sería muy fácil tener un buen rendimiento en aplicaciones si las redes nunca se congestionaran, por tal motivo se alterará la red con una congestión moderada, congestión fuerte y sin congestión.

Posteriormente se realizará mediciones de rendimiento, tomando en cuenta los siguientes parámetros cuantitativos:

- Latencia
- Jitter
- Ancho de banda
- Pérdida de paquetes

Logrando determinar el CODEC con mejor rendimiento, bajo los parámetros mencionados.

Para mayor comprensión se presenta a continuación la **Figura I. 1**: Planteamiento del escenario de pruebas, en la que abarca todas las configuraciones descritas.

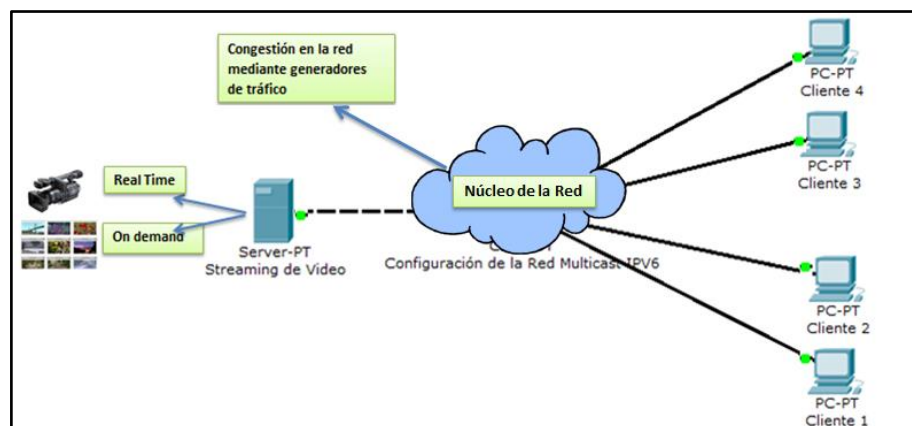


FIGURA I. 1 Planteamiento del escenario de pruebas

Fuente: Elaboración propia de los autores

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar los CODEC's de video sobre tráfico Multicast en IPv6 para el desarrollo de un prototipo en el laboratorio LIRSI – FIE.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar las principales características de los CODEC's H.264, Xvid y Theora para streaming de video, el protocolo de internet versión 6 (IPv6) y la tecnología Multicast en equipos Cisco y servidor Linux.
- Analizar y determinar las aplicaciones de distribución libre para la implementación del servidor streaming de video.
- Implementar y configurar los escenarios de prueba para evaluar los CODEC's de video aplicado al streaming que permita determinar el más adecuado en base a su rendimiento en transmisiones visuales en la red.
- Diseñar una guía de implementación de streaming de video sobre una red de tráfico Multicast en IPv6 para el laboratorio LIRSI – FIE.

1.4. HIPÓTESIS

El análisis de CODEC's de video sobre tráfico Multicast en IPv6 para el desarrollo de un prototipo en el laboratorio LIRSI – FIE permitirá determinar el CODEC más adecuado, que mejorará el rendimiento en transmisiones visuales en la red.

- **Variable independiente:** CODEC's de streaming de video
- **Variable dependiente:** Rendimiento
 - **Parámetros de medición (indicadores):**
 - Consumo del ancho de banda
 - Latencia
 - Jitter.
 - Pérdida de datagramas en la red.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

La presencia del marco teórico en un trabajo científico es una de las fases más importantes a desarrollar, ya que éste consiste en revisar distintas literaturas y resaltar la teoría que va a fundamentar el proyecto de tesis con base al problema planteado y las soluciones que el tema contribuye a la sociedad.

El presente capítulo se basa en buscar fuentes documentales que permita recopilar información relevante sobre los objetos de estudio como son: video streaming; CODEC's de video H.264, Xvid, Theora; protocolo de internet versión 6; tráfico, direccionamiento y enrutamiento Multicast, conceptualizando los aspectos y características fundamentales de cada uno de éstos.

2.1. STREAMING

Se define al streaming como: Una técnica para transmitir datos (usualmente sobre el internet) en un flujo continuo, permitiendo que los archivos multimedia de gran tamaño puedan ser vistos en el computador del cliente antes de que sea descargado completamente, Thampi [1], tal como se refleja en la **Figura II. 1**.

El streaming permite acelerar la descarga del contenido multimedia en la web, permitiendo que tanto imágenes y audio se reproduzcan de manera simultánea, cabe mencionar además que mientras se va descargando el archivo desde el servidor, en el cliente se va construyendo un buffer, el cual se va llenando de la información descargada para posteriormente reproducirla.

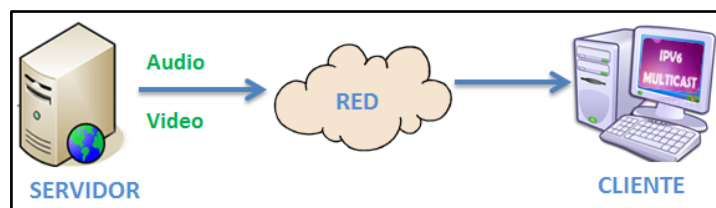


FIGURA II. 1 Tecnología de streaming

Fuente: Elaboración propia de los autores

2.1.1. STREAMING DE VIDEO

El video ha sido y será un importante medio de comunicación y de entretenimiento por mucho tiempo, debido a que el video es mucho más llamativo que los demás medios de comunicación llega a ser utilizado en ámbitos educativos, divulgativos, sitios de conocimiento, ocio, además mediante el video se puede tener seguridad en lugares públicos y privados, en empresas, edificios hasta en automóviles, por esta y muchas más utilidades el video afluente o video streaming actualmente es de gran interés.

La idea básica del video streaming, consiste en dividir el video en partes iguales, para transmitir estas partes en secuencia, permitiendo que el receptor pueda decodificar y

reproducir el video según cómo vaya recibiendo las tramas del video, sin tener que esperar que lleguen todas las partes, Thampi [1].

2.1.2. TIPOS DE STREAMING DE VIDEO

Las dos formas más comunes para la difusión de contenido multimedia son las siguientes: en directo o tiempo real y sobre demanda.

2.1.2.1. EN DIRECTO O TIEMPO REAL

El streaming de video en tiempo real es consumido únicamente en el momento que se está transmitiendo.

El servidor comienza a transmitir en un instante dado y los usuarios que se conectan a él, ven la información que se está emitiendo en ese instante, Ibnoulkhatib [2], tal como se representa en la **Figura II. 2**.

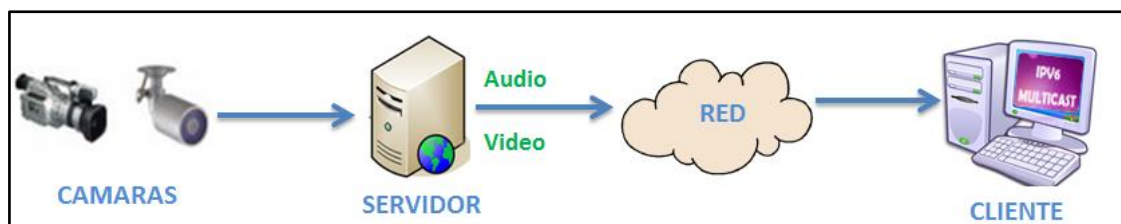


FIGURA II. 2 Difusión de streaming en vivo
Fuente: Elaboración propia de los autores

Éste tipo de streaming está orientado a la multidifusión y no existe interactividad ya que el usuario no puede adelantar ni rebobinar, solo pausar, por ejemplo: la televisión, porque sintoniza señales que están transmitidas en vivo, sin importar si son pregrabadas o no, la señal se transmite en el momento que se lo enciende.

2.1.2.2. SOBRE DEMANDA

En este tipo de servicio los usuarios solicitan el envío de información en el instante que lo deseen, siendo ésta información personalizada para cada usuario, Ibnoulkhatib [2].

Sobre demanda permite que los usuarios interactúen con el contenido, además dicho contenido se encuentra grabado o almacenado en el disco duro de un servidor, tal como se muestra en la **Figura II. 3**, por ejemplo: la página de Youtube, ya que es un repositorio de videos extremadamente grande, los cuales se pueden visualizar cuando es requerido sin importar la hora.



FIGURA II. 3 Difusión de streaming sobre demanda

Fuente: Elaboración propia de los autores

A continuación se presenta la **Tabla II. 1** que especifica las diferencias existentes entre los tipos de transmisión de Streaming de video.

TABLA II. 1 Diferencias entre los tipos de streaming de video

	EN DIRECTO O TIEMPO REAL	SOBRE DEMANDA
<i>Manejo del contenido multimedia</i>	En tiempo real, el contenido no está guardado.	Previamente grabado y almacenado en el disco duro.
<i>Forma de visualizar el contenido multimedia.</i>	El usuario puede ver el inicio, medio o ya al final de la transmisión.	El usuario tiene acceso a ver todo el contenido en cualquier momento.
<i>Interactividad</i>	No posee interactividad	Amplia interactividad.

Fuente: Elaboración propia de los autores

2.1.3. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE STREAMING DE VIDEO

Los sistemas de streaming de video para el presente trabajo van a estar compuestos por tres componentes esenciales: el servidor, la red de comunicaciones y los clientes del sistema de streaming. A continuación se describe la funcionalidad de cada uno de estos componentes.

2.1.3.1. SERVIDOR DE STREAMING

El servidor es la máquina encargada de almacenar y gestionar los videos que se desean distribuir a través de la red de comunicaciones a los diferentes usuarios. Independientemente del tipo de arquitectura que se utiliza en un sistema de streaming de video, el servidor está compuesto por tres subsistemas: El subsistema de control, de almacenamiento y de comunicación.

- Subsistema de control: se encarga de recibir y controlar todas aquellas solicitudes de video que los usuarios realicen, para lo cual el subsistema internamente debe ordenar dichas solicitudes, verificar su petición y atenderlas de mejor manera, logrando que no exista un retraso respecto a las demás solicitudes.
- Subsistema de almacenamiento: su trabajo consiste en el almacenamiento y la recuperación de la información multimedia desde los dispositivos de almacenamiento, en este caso desde el disco duro del servidor.
- Subsistema de comunicación: está relacionado directamente con la red de comunicaciones debido a que éste subsistema atrapa el contenido del video que ya está listo para emitirse y lo entrega a la red permitiendo optimizar el recurso de ancho de banda y del servidor mediante la gestión de políticas.

Posteriormente en el capítulo III del presente documento se detallará con más énfasis las aplicaciones que resultan ser propicias para la configuración del servidor.

2.1.3.2. CLIENTE

Los clientes son cada una de las máquinas receptoras de la información que se trasmite, éstas deben soportar la recepción y la visualización sin cortes de los contenidos multimedia, para ello utiliza un reproductor, un buffer o espacios de memoria que

reserva cierta información para hacer menos notorio algún tipo de retraso en la emisión del video y de un algoritmo de compresión CODEC, como mínimo se necesita tener un cliente, sino no tendría sentido la transmisión.

Los clientes constan de cuatro componentes: interfaz de red, decodificador, buffer y la sincronización, los mismos que trabajan de manera conjunta.

La interface entre los usuarios y el sistema de streaming se realiza mediante el reproductor. Este módulo es el encargado de recibir los comandos del usuario y enviar la señal al servidor a través de la interface de red. El reproductor almacena los contenidos recibidos desde el servidor en unos buffers (espacios de memoria) locales, decodifica los contenidos recibidos en tiempo real y envía las imágenes obtenidas a la pantalla de visualización, con la temporización correcta, Ibnoulkhatib [2].

2.1.3.3. RED DE COMUNICACIÓN – MEDIO

La red de comunicación es el medio por dónde se envía la información, en este caso por donde se envían los videos, la red es el internet, por lo cual se habla de la capa 4 (Transporte) del modelo OSI (Interconexión de Sistemas Abiertos), donde utiliza datagramas UDP (Protocolo de Datagramas de Usuario) para realizar streaming, que son paquetes que se envían sin esperar confirmación de entrega al destinatario, además de permitir que la transmisión sea más rápida y fluida.

La red de comunicación de un sistema de streaming se caracteriza por unos elevados requisitos de ancho de banda (capacidad de transferencia de grandes volúmenes de datos) y grandes velocidades de transmisión, Ibnoulkhatib [2].

Dentro del sistema afluente, existen tres niveles de red dependiendo de la arquitectura estas son: la red principal, troncal y las redes locales. La red principal es donde se conectan los servidores con la red de distribución (red troncal), la red troncal conecta y transporta la información desde los servidores a los clientes. La red local hace la conexión final de los clientes con el sistema afluente.

2.1.4. PROTOCOLOS PARA REALIZAR STREAMING

Existe una variedad de protocolos para realizar Streaming por lo que a continuación se presenta los protocolos más comunes y utilizados en los tipos de video streaming como son: en tiempo real y sobre demanda.

2.1.4.1. PROTOCOLOS PARA STREAMING EN DIRECTO

Para transmitir videos en tiempo real es necesario utilizar protocolos que no estén basados en el protocolo TCP (Protocolo de Control de Transmisión), puesto que éste protocolo está orientado a la conexión y en caso que se produzca un error o se pierda un dato la información se vuelve a reenviar. Debido a ello es preciso utilizar protocolos basados en UDP, el protocolo más importante para realizar la transmisión de video y sonido en tiempo real es RTP (Protocolo de Transporte en Tiempo Real).

- **RTP:** nuevo protocolo creado para transmitir información multimedia como videos en tiempo real de datos sobre UDP, conduce la entrega de paquetes de manera coordinada mediante el RTSP (Protocolo de Streaming en Tiempo Real) y el RTCP (Protocolo de Control de Transporte en Tiempo Real). RTCP se encarga de la comunicación, es decir del empaquetado y el transporte de los datos, usado para transmitir parámetros de información multimedia, controla el estado de la conexión. RTSP trabaja a nivel de aplicación y controla la entrega

de datos ya que el tipo de contenido con el que se trabaja al hacer streaming es muy sensible.

2.1.4.2. PROTOCOLOS PARA STREAMING SOBRE DEMANDA

Cuando se realiza la transmisión de videos sobre demanda, el cliente es el que controla la recepción de los datos, por lo tanto se pueden utilizar protocolos basados en TCP, como HTTP (Protocolo de Transferencia de Archivos) y FTP (Protocolo de Transferencia de Hipertexto). Debido a que los protocolos HTTP y FTP son fiables y se construyen en la capa más alta de TCP, aseguran que los paquetes lleguen a su destino de manera secuencial. Cuando se esté utilizando protocolos basados en TCP existe la ventaja de reenviar los paquetes en caso de que éstos se pierdan en el camino.

Para el presente trabajo se va hacer uso del protocolo RTP /MPEG (Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento) Transport Protocol para transmisiones sobre demanda y transmisiones en vivo, debido a que este protocolo trabaja conjuntamente con el protocolo UDP, permitiendo una comunicación de manera mucho más eficiente.

2.1.5. ARQUITECTURAS DE RED UTILIZADAS EN LOS SISTEMAS DE STREAMING

Antes de implementar un servicio de streaming se debe conocer el tipo de arquitectura de red a utilizar, ya que dependiendo de la arquitectura, el número de componentes utilizados en un servicio de streaming van a variar.

A continuación se describe las principales características de las arquitecturas utilizadas para llevar a cabo la implementación de un sistema de streaming.

- *Arquitectura típica:* cuenta con una máquina servidor y otra máquina cliente, que produce y consume el servicio de streaming respectivamente.

- *Arquitectura sin servidor*: aquí no se cuenta con un servidor de audio y video, esta arquitectura se basa en hacer uso de un servidor web para realizar algunas de las funciones de un servidor multimedia, por tal razón se la conoce como: pseudo-streaming o arranque rápido, ésta arquitectura no es usada para transferencia en tiempo real y no almacena datos en el cliente, por ende no es recomendable para la tecnología streaming.
- *Arquitectura sin cliente*: como su nombre lo indica no existen clientes, por ende para la visualización de contenido multimedia se utiliza un applet Java o un plugin, además los archivos se descargan en ese mismo momento. Este tipo de arquitectura usa páginas web donde se visualice el contenido, un ejemplo de esto es la página www.youtube.com.

Además de las arquitecturas mencionadas, existen otros tipos de arquitecturas, especificadas a continuación.

- *Arquitectura de servidores independientes*: se basa en el uso de redes locales, es decir, usuarios agrupados en segmentos de red cuyo tráfico es independiente de las demás porciones de red.
- *Arquitecturas basadas en servidores proxy*: son estaciones, que pueden funcionar en internet o en redes locales, no almacenan el contenido completo del archivo, solo almacena las partes más importantes, o a su vez las más populares, funciona como una cache y aparece por el costo elevado de los servidores independientes.
- *Arquitectura centralizada*: se basa en una red principal o central, a la cual todos los usuarios se conectan, brindando acceso a un servidor. La principal característica es la gestión centralizada de todas las peticiones de los usuarios y

la utilización de la red principal que es compartida por todos los flujos de información, Ibnoukhatib [2]. En este tipo de esquema se pueden definir otros tipos de arquitecturas dependiendo del número de servidores que puede tener un sistema.

- *Arquitectura con un solo servidor:* la gestión de los clientes se basa en una única estación de trabajo que administra la atención de todas las peticiones de forma centralizada, tal como lo representa la **Figura II. 4**. Por lo tanto una simple computadora puede servir para funcionar como servidor de audio y video. Si existen sistemas donde la cantidad de recursos es elevada, se debe buscar una computadora donde los requerimientos sean mucho más sofisticados (ejemplo gran procesador).

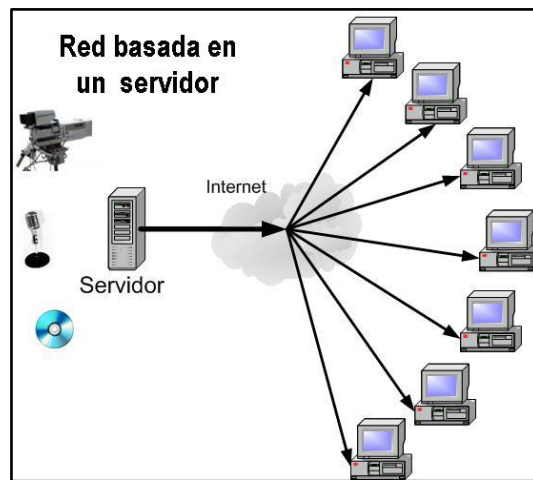


FIGURA II. 4 Arquitectura centralizada basada en un solo servidor

Referencia: <http://wikitel.info/images/9/9e/RedservidorIPTV.jpg>

- *Arquitectura con varios servidores:* se propone para mejorar los problemas y limitaciones de la arquitectura con un solo servidor, ya que tener más servidores va a permitir tener un servicio escalable. Es por ello que dentro de este se conocen dos tipos de arquitecturas más: la

arquitectura que posee servidores paralelos y la otra que es tener un clúster de servidores.

2.2. CODEC

La conversión de ondas analógicas a ondas digitales se lo realiza a través de un codificador - decodificador (CODEC).

Un CODEC es una serie de funciones algorítmicas, un pequeño programa, pieza de software o controlador, que tiene la capacidad de comprimir y descomprimir secuencias de datos de audio y video en su propio formato. El CODEC transforma dichas secuencias a datos que puedan ser enviados por la red, para obtener una mejor calidad de voz y video, por ende un CODEC debe utilizar la menor cantidad de información para lograr tener una tasa de bits sumamente baja, es decir debe ser eficiente.

2.2.1. CODEC DE VIDEO

Todo archivo multimedia y en especial los videos, ocupan y requieren gran capacidad de almacenamiento en un computador, no importa si el video es de mínima duración, de unos pocos minutos, con una resolución apenas aceptable o es de larga duración, de igual forma va a requerir un medio donde almacenarse (disco duro, CD (disco compacto), DVD (disco de almacenamiento de datos)), debido a estos motivos se ocupan los algoritmos de compresión y descompresión mejor conocidos como: CODEC para obtener un almacenamiento mucho menor.

En la actualidad existen dos tipos de CODEC's para manejar archivos multimedia como lo son: CODEC de video y CODEC de audio, de los cuales se limitará al estudio de los de video.

Un CODEC de video en sí es un tipo de CODEC (algoritmo de compresión) que permita comprimir o descomprimir un video digital, tomado de Apuntes SyT [3].

2.2.2. COMPRESIÓN DE VIDEO

En un sistema de video digital existe una etapa de compresión de video que se entiende como codificación de video. Esta etapa es un proceso muy importante, ya que éste reduce la cantidad de información (número de bits) necesaria para representar, transmitir y almacenar un contenido de video sin disminuir la calidad de imagen.

La compresión se define por dos sistemas: el codificador y el decodificador. El codificador convierte una señal de video a un formato comprimido. Este formato es conocido por el decodificador el cual reconstruye la señal de video para ser luego presentada en un reproductor.

2.2.2.1. FUNCIONAMIENTO DE LA COMPRESIÓN DE VIDEO

La compresión de video implica reducir y eliminar datos redundantes del video para que el archivo de video pueda enviarse y almacenarse de manera eficiente en discos duros del computador.

En el proceso de compresión se aplica un algoritmo al vídeo original para crear un archivo comprimido y listo para ser transmitido o guardado. Para reproducir el archivo comprimido, se aplica el algoritmo inverso y se crea un vídeo que incluye prácticamente el mismo contenido que el vídeo original. El tiempo que se tarda en comprimir, enviar, descomprimir y mostrar un archivo es lo que se denomina latencia. Cuanto más avanzado sea el algoritmo de compresión, mayor será la latencia, según Axis Communications [4].

Es decir que si en el proceso de compresión se utiliza un determinado algoritmo, se necesitaría entonces tener instalado en la máquina receptora el mismo algoritmo, ya que

el proceso de compresión se basa en codificar la señal para enviarla por la red y decodificarla al momento de la visualización de video.

2.2.2.2. TIPOS DE COMPRESIÓN DE VIDEO

Dependiendo del método de compresión que se utiliza existen diferentes tipos de CODEC's, por ende la compresión de video se lo hace de dos maneras, explicadas a continuación:

a. COMPRESIÓN CON PÉRDIDAS

El sistema de compresión elimina aquella información de las imágenes que es prácticamente inapreciable por el ojo humano. La calidad de imagen depende directamente de la cantidad de información que se haya eliminado, esto se conoce con el nombre de grado de compresión. A mayor grado de compresión menor calidad de imagen y viceversa, tomado de Universidad Nacional de Educación a Distancia [5]. Los efectos negativos de este método compresión son el empobrecimiento del tono y la nitidez global.

Dentro de los CODEC's más utilizados para la compresión con pérdida se tiene los siguientes: tomado de Apuntes SyT [3]:

- AVS (Audio de video estándar), Cineform, Cinepak, Dirac
- H.261, H.264, H.263, Nero Digital, Xvid, Theora

b. COMPRESIÓN SIN PERDIDAS

Este tipo de compresión se refiere a que conserva todos los datos de la señal original para cuando llega el momento de la descompresión, se obtenga la imagen tal y como era en un principio, tomado de Universidad Nacional de Educación a Distancia [5]. La compresión sin pérdida de datos, es utilizada para comprimir archivos o información

que contienen datos que no pueden ser degradados o perdidos, como pueden ser documentos de texto, archivos ejecutables, etc

Dentro de los CODEC's más utilizados para la compresión sin pérdida se tiene los siguientes: tomado de Apuntes SyT [3]:

- AVIzlib , CorePNG , Dirac, FastCodec
- Ffv1, SheerVideo, x264, YULS

Como se mencionó anteriormente los CODEC's H.264, Xvid y Theora son los propicios para llevar a cabo nuestro estudio por ser de distribución libre, altamente utilizados en el mercado, eficientes y sobre todo apropiados para el manejo de la transmisión multimedia.

2.2.3. CODEC H.264

El CODEC H.264 AVC (CODEC de Video Avanzado) fue aprobado en Marzo del 2003, sus inicios se dio a principios del año 98, cuando el VCEG (Grupo de Expertos en Codificación de Video) propusieron reunirse para trabajar conjuntamente en un nuevo proyecto llamado H.26L, con el objetivo de que dicho proyecto pueda duplicar la eficiencia de codificación respecto a estándares desarrollados anteriormente, finalmente en Diciembre del 2001 se formó un JVT (Equipo de Video Conjunto) el cual ayudaría a terminar el proyecto H.26L.

El CODEC H.264 cubre dos capas de desarrollo, descritas a continuación:

- **VCL (Capa de Codificación de Video):** se encarga de todo el procesamiento, codificación y compresión de la señal de video, Nicholls & Reina [6].
- **NAL (Capa de Abstracción de Red):** Pensando en los ambientes de red sobre el cual está orientado el desarrollo del estándar H.264, se provee una capa que

brinda información de cabecera a cada dato del VCL, de manera apropiada para las diferentes capas de transporte o medios de almacenamiento, Nicholls & Reina [6].

2.2.3.1. IMPORTANCIA

EL estándar H.264/AVC surgió con el objetivo de crear un estándar que fuera capaz de proporcionar una buena calidad de imagen, reduciendo notablemente el flujo de bits de salida de la secuencia de video codificada, y cuyo objetivo adicional es que se pueda aplicar a una gran variedad de aplicaciones, como el almacenamiento en Bluereys, videoconferencias, televisión por cable, aplicaciones a bajo caudal, televisión HD (Alta Definición) y video streaming a través de internet, etc.

H.264/AVC permite comprimir mucho más las secuencias de video y proporcionar mayor flexibilidad, destinada a satisfacer el mayor número de aplicaciones posibles, admite alta robustez frente a errores y tolera errores en la transmisión en la red bajando considerablemente su latencia.

2.2.3.2. CARACTERÍSTICAS

A continuación se presenta las características de la norma de codificación de alta compresión H.264 o MPEG-4 parte 10.

- Alcanza un alto nivel en calidad de video y compresión, puesto que es robusto a errores, lo cual lo consigue porque incorpora un ordenamiento tolerante de macro bloques FMO (Orden Flexible de Macroblock) y la transmisión redundante de tramas.
- Representa una extensión de los formatos antes ya desarrollados (MPEG-1, MPEG-2, H.261, H.263) porque sigue manteniendo la base para la codificación.

- EL formato H.264 emplea un módulo de transformación para el manejo de la información residual y correlación espacial de los cuadros.
- Presenta diferentes perfiles para el flujo de datos (bitstream). Estos especifican un conjunto de características y alcances del codificador. Tales como elementos de la sintaxis del estándar; esto determina la carga que opera sobre el codificador. En la norma H.264 existen tres perfiles bases: baseline el cual se emplea para aplicaciones de teleconferencia; main empleado para aplicaciones de video digital de alta calidad; extended el cual se emplea en aplicaciones multimedia para internet, Flores [7].

2.2.3.3. PERFILES

Un perfil de un CODEC es un conjunto de características identificadas, para cumplir con un determinado conjunto de especificaciones de las aplicaciones previstas.

El formato H.264 incluye los perfiles: CBP (Perfil Básico Limitado), BP (Perfil Básico), MP (Perfil Principal), XP (Perfil Extendido), HiP (Alto Perfil), Hi10P (Alto Perfil 10), Hi422P (Alto Perfil 4:2:2), Hi444PP (Alto Perfil Predictivo 4:4:4) y Alto Perfil Estéreo, Salavert [8].

- CBP y BP: los dos perfiles son usados principalmente en aplicaciones de bajo costo, pero BP requiere un grado adicional de robustez en la presencia de errores, por tal motivo añade herramientas para recuperación de error.
- MP: desarrollado inicialmente para las aplicaciones de difusión y almacenamiento, lamentablemente su importancia fue opacado cuando apareció el perfil High.
- XP: delegado para video streaming, tiene una capacidad de compresión alta y robustez de la pérdida de datos.

- HiP: éste es el perfil principal para las aplicaciones de difusión y almacenamiento en disco, en especial para aplicaciones de televisión de alta definición, adoptado en HD DVD y Blue-ray Disc.
- Los perfiles Hi10P, Hi422P, Hi444PP están basados en el perfil HiP usados para video entrelazado donde la crominancia va variando, es decir se usan hasta 10 y 14 bits por muestra de precisión de la imagen.
- Alto Perfil Estéreo: está orientado al video 3D estereoscópico y combinan las herramientas del perfil High con capacidad de predicción inter-vista de la extensión multi-vista de codificación de video, Salavert [8].

2.2.4. CODEC XVID

Es un CODEC de video gratuito y de código abierto, bajo GPL (Licencia Pública General), apareció en el año 2004, desarrollado por programadores voluntarios de todo el mundo, está basado en las librerías que utilizan los CODEC's DivX 4 y OpenDivX, por ello existen numerosos colaboradores mejorándolo desinteresadamente, por su calidad y eficiencia ha ganado gran popularidad y es utilizado en muchas aplicaciones entre ellas video streaming.

Éste CODEC trabaja realizando compresiones con pérdida, es decir, aquellas donde la copia, una vez comprimida es distinta byte a byte que al original, y habitualmente de menor calidad (salvo algunos casos donde, con el uso de filtros de imagen, se pueden arreglar determinados defectos de un video). Afortunadamente, utilizando un buen programa de compresión y las configuraciones adecuadas, esta pérdida llega a ser indistinguibles y permite comprimir una película DVD al tamaño de un CD con calidad similar, tomado de MundoDivX [9].

DivX, Xvid, y 3DivX son diferentes implementaciones del estándar MPEG-4 Parte 2. Éstos CODEC's proporcionan un factor de compresión muy alto, ya que usando un bitrate similar al del VCD (Disco de Video Compacto) o SVCD (Super Disco de Video Compacto), se obtiene una calidad de imagen muy similar al DVD. A su vez, mediante el uso del CODEC MP3, se logra una óptima compresión de audio. Todo esto, al encapsularse en el formato contenedor AVI, permite almacenar películas completas de excelente calidad en 1 o 2 CD. Estos formatos se pueden reproducir en los nuevos reproductores de DVD que tengan el logo de DivX Certified, tomado de DivXLand.org [10].

2.2.4.1. CARACTERÍSTICAS

Las principales características del CODEC Xvid son las siguientes:

- Compatible diferentes sistemas operativos (Linux, Windows, Mac).
- Su instalación es fácil y rápida, garantiza la mejor calidad en audio y video.
- Contiene un algoritmo de compresión que optimiza el espacio en computador.
- Posee un simple panel de configuración, se adapta perfectamente a cualquier entorno.
- Permite la creación y el intercambio interoperable de video digital entre distintas aplicaciones de software y una amplia gama de dispositivos.

2.2.4.2. PERFILES

Los perfiles que posee Xvid permiten que la codificación sea compatible con los reproductores de mesa DivX. Posee un submuestreo de 4:2:2. El perfil AS (Avance Simple) limita la resolución a 352 x 288 y la velocidad de transmisión de bits permite hasta 384 Kbits/s. Los perfiles ARTS (Tiempo Real Avanzado de Streaming) limitan el

video a la misma resolución que el perfil simple pero el límite de velocidad de transmisión de bits es de 4 Mbits/s.

Cada perfil tiene varios niveles con los que se puede variar la resolución/bitrate. Existe también la posibilidad de configurar libremente el CODEC sin utilizar ningún perfil, Beltrán & Basañez [11].

2.2.5. CODEC THEORA

Es un formato de compresión de video con pérdidas. Fue desarrollado por la fundación Xiph.Org quien publicó la versión final el 3 de noviembre del 2008, y es distribuido sin derechos de licencia, junto con sus otros proyectos de medios de comunicación libres y de código abierto, WebAcademico [12], tiene una eficiencia similar al CODEC MPEG 4 - parte 2 con respecto al diseño y la tasa de transferencia, éste CODEC posee una transformación y compensación de movimiento basada en bloque de coseno discreta de 8 x 8 por lo tanto le coloca en la misma clase de CODEC's que: MPEG 1, H. 263 Y MPEG 2.

Generalmente trabaja junto con el CODEC de audio Vorbis o Flac, dentro de sus ventajas, éste CODEC puede ser almacenado en cualquier formato contenedor, pero se encuentra en el contenedor OGG, el mismo que resulta ser ideal para difundir streaming de video por internet.

A diferencia de los CODEC's propietarios sin documentación pública disponible, Theora presenta su documentación disponible para todos los usuarios en cualquier momento y sin restricciones.

La naturaleza de ser código abierto hace que sea muy poco probable que pueda desaparecer, lo que si puede pasar con los CODEC's propietarios una vez que sus desarrolladores decidan abandonar el negocio.

El formato de compresión de video Theora es esencialmente compatible con el formato de compresión video VP3, que consiste en un súper conjunto compatible con versiones anteriores. Theora es un súper conjunto de VP3, donde las corrientes de VP3 se pueden convertir en flujos de Theora sin re-compresión. La compresión de video VP3 puede ser decodificada utilizando implementaciones Theora pero la compresión de video Theora por lo general no se puede descodificar utilizando implementaciones antiguas VP3, WebAcademico [12].

2.2.5.1. CARACTERÍSTICAS

Entre sus principales características se encuentran:

- Transmisión a una tasa de bits variable y con pérdidas.
- Tiene implementado el algoritmo DCT para comprimir archivos.
- Se puede transmitir prácticamente desde cualquier servidor HTTP.
- Theora es multiplataforma, debido que en Linux funciona normalmente y también existen soluciones fáciles de instalar en Windows y Mac OS (Sistema Operativo).
- Theora es adecuado para la entrega de contenido de internet.

A pesar de que es un formato de compresión libre no presenta eficiencia respecto a los anteriores estándares de codificación, debido a que no tiene soporte para video entrelazado y optimización de transmisión de videos de altas resoluciones.

2.2.5.2. PERFILES

Theora que actualmente soporta datos de video de dimensiones arbitrarias progresivas a una velocidad constante en uno de los varios espacios de color Y'CbCr. Entre los

perfiles con los que el CODEC es compatible están tres formatos de submuestreo de croma diferentes que son: 04:02:00, 04:02:02, 04:04:04, Barbato [13].

A continuación se presenta la **Tabla II. 2** en manera de resumen sobre las principales características, ventajas e historia de los CODEC's H.264, Xvid y Theora.

TABLA II. 2 Comparativa entre los CODEC's de video

	H.264	Xvid	Theora
<i>Año de lanzamiento</i>	2003	2004	2008
<i>Empresa o grupo desarrollador</i>	VCEG inicia un nuevo proyecto llamado H.26L. En el 2001 se formó JVT para terminarlo.	Es código abierto, bajo licencia GPL, desarrollado por programadores voluntarios de todo el mundo.	Fundación Xiph.Org, y es distribuido sin derechos de licencia, código libre.
<i>Características y Ventajas</i>	Reduce el flujo de bits. Proporciona buena calidad de imagen. Mayor flexibilidad. Alta robustez de errores.	Factor de compresión alto, compatible con diferentes sistemas operativos, garantiza mejor calidad de audio y video.	Multiplataforma, adecuado para internet sobre http, transmite a una tasa de bits variable, usa DCT.
<i>Tipo de compresión</i>	Con pérdidas	Con pérdidas	Con pérdidas
<i>Usabilidad</i>	Videoconferencia, Televisión por cable y HD, video streaming, almacenamiento Bluerays.	Video streaming, almacena películas completas en 1 0 2 CD, comprimir una película DVD	Reproduce de videos con formato Ogg, Ogg Streaming de video,
<i>CODEC similar y contenedores</i>	MPEG-4 parte 10, MP4	MPEG-4 Parte 2, AVI	MPEG-4 Parte 2, OGG Vorbis
<i>Algoritmos de compresión predecesores</i>	MPEG-1, MPEG-2, H.261, H.263.	Basado en las librerías que utilizan los CODEC's DivX 4 y OpenDivX	VP3, MPEG 1, MPEG 2, H.263.
<i>Submuestreo de croma y luma</i>	4:2:2, 4:4:4	4:2:0	4:2:0, 4:2:2, 4:4:4.

Fuente: Elaboración propia de los autores

2.3. PROTOCOLO DE INTERNET VERSIÓN 6

2.3.1. IPv6 - PROTOCOLO DE INTERNET VERSIÓN 6

Una dirección IP (Protocolo de Internet) se utiliza en internet para comunicar un ordenador de manera similar que un número de teléfono, se utiliza para conectar a una línea telefónica. Cada dirección IP es única y todos los datos que se transmiten a esa dirección serán enviados a través del internet para llegar a su destino, Duarte [14].

Para que cada computador pueda tener una dirección del protocolo de internet es necesario formar parte de una subdivisión, lo que conlleva a la asignación de una dirección, es ahí donde el sistema de registros de internet tal como se presenta en la **Figura II. 5**, entra en funcionamiento, ya que éste ha sido creado con el objetivo de cumplir el proceso de ruteo e información, encargándose de que los espacios de direcciones de internet sean asignados correctamente a los usuarios finales, cada una de las organizaciones tiene una subdivisión y un espacio para poder utilizar direcciones, es ahí donde los clientes de IPv6 para el presente trabajo han de utilizar la subdivisión /64 como mascara para la conexión con otros usuarios.

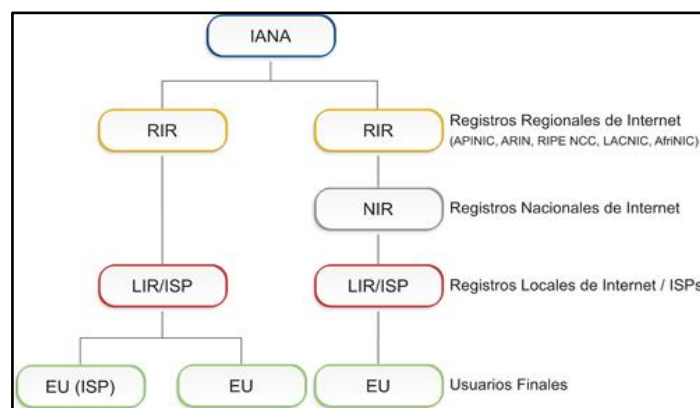


FIGURA II. 5 Sistema de distribución de jerarquía en el registro de internet

Referencia: http://3.bp.blogspot.com/-XAaDmSXUSKg/UHSTvDOC1iI/AAAAAAAAAHY/r7U9mIWCBEI/s320/RegistroInternet_figura1.jpg

2.3.1.1. DIRECCIONES IP DISPONIBLES

El actual espacio de direcciones IPv4 contiene 4.3 mil millones de direcciones. El número de direcciones que ofrece IPv6 es 340.282.366.920.938.000.000.000.000 trillones de trillones de direcciones (2 a la potencia de 128), lo que significa que el tamaño de internet podría duplicarse cada año, y todavía así se tendría suficientes direcciones para los próximos 96 años, Duarte [14].

2.3.1.2. CARACTERÍSTICAS DE IPv6

El protocolo de internet versión 6 es la nueva versión del protocolo de internet, diseñado como el sucesor del protocolo de internet versión 4.

Los cambios de IPv4 a IPv6 según el RFC (Petición De Comentarios) 2460 Especificación Protocolo Internet, Versión 6 [15], recaen principalmente en:

- *Capacidades de Direccionamiento Extendida:* IPv6 incrementa el tamaño de dirección IP de 32 bits a 128 bits, para dar soporte a más niveles de direccionamiento jerárquico, un número mucho mayor de nodos direccionables, y una autoconfiguración más simple de direcciones. La escalabilidad del enrutamiento multienvío se mejora agregando un campo ámbito a las direcciones multienvío.
- *Simplificación del Formato de Cabecera:* Algunos campos de la cabecera IPv4 se han sacado o se han hecho opcional, para reducir el costo del caso común de proceso de tratamiento de paquete y para limitar el costo del ancho de banda.
- *Soporte Mejorado para las Extensiones y Opciones:* Los cambios en la manera en que se codifican las opciones de la cabecera IP permiten un reenvío más eficiente, límites menos rigurosos en la longitud de opciones, y mayor flexibilidad para introducir nuevas opciones en el futuro.

- *Capacidad de Etiquetado de Flujo:* Una nueva capacidad se agrega para permitir el etiquetado de paquetes que pertenecen a flujos de tráfico particulares para lo cual el remitente solicita tratamiento especial, como la calidad de servicio no estándar o el servicio en tiempo real.
- *Capacidades de Autenticación y Privacidad:* Extensiones para utilizar autenticación, integridad de los datos y confidencialidad de los datos.

A continuación se especifica un listado de resumen de más características de IPv6.

- IPv6 presenta la oportunidad para actualizar funcionalidades, es decir este protocolo soporta Multicast, QoS (Calidad de Servicio) y movilidad.
- El protocolo IPv6 ya no cuenta con direcciones broadcast.
- Cada campo de una dirección IPv6 es conocido como prefijo, este prefijo permite conocer su ruta de encaminamiento.
- Cualquier campo de la dirección IPv6 puede contener una cantidad de bits sólo de ceros o sólo de unos.
- Las direcciones IPv6 se las debe colocar a las interfaces de red, asociando la dirección con un prefijo de subred con un enlace, para el presente trabajo se tiene prefijo /64.
- Cuando se configura una dirección IPv6, aparte de la dirección de la interfaz aparece una dirección de enlace local/global.
- Otra de las principales diferencias respecto a IPv4 se encuentra en el formato de cabecera tal como se presenta la **Figura II. 6**, toda la información de este formato se describe en el RFC 2460 Especificación Protocolo Internet, Versión 6 [15].

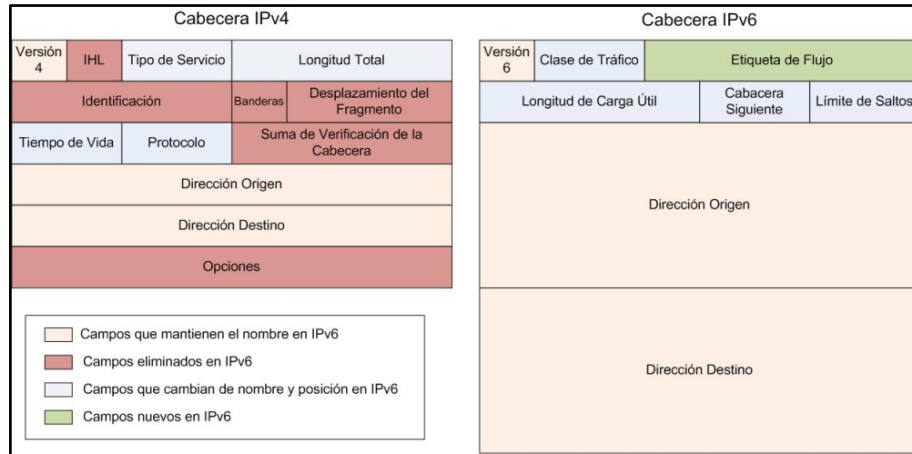


FIGURA II. 6 Cabeceras de IPv4 e IPv6

Referencia: http://www.redclara.net/imag/var/MapTopolDecember_08_2006.gif

2.3.1.3. TIPOS DE DIRECCIONES IPv6

A nivel general, las direcciones de IPv6 se las clasifica en tres grandes categorías descritas a continuación:

- Unicast
 - Link-Local
 - Site- Local
 - Global- Local
 - Dirección inespecífica
 - Dirección de Loopback
 - Compatible con IPv4
- Multicast
- Anycast

a. DIRECCIONES UNICAST

Al igual que en IPv4, son las más comunes y utilizadas. Estas son asignadas a una interface o nodo permitiendo la comunicación directa entre dos nodos de la red. Ésta técnica de comunicación es conocida como uno a uno (one-to-one), Duarte [16].

A continuación se puede ver un ejemplo de una dirección IPv6 Unicast:
2001:1dc9:4d5c:0026:0000:0000:1e3g:2a3b/64

b. DIRECCIONES MULTICAST

Las direcciones Multicast permiten identificar múltiples interfaces o nodos en una red. Con éste tipo de direcciones existe la posibilidad de comunicarse con múltiples nodos de manera simultánea. Ésta técnica de comunicación es conocida como uno a mucho (one-to-many), Duarte [16]. Se presenta un ejemplo de una dirección IPv6 Multicast:
FF13:0:0:0:0:0:40

c. DIRECCIONES ANYCAST

Las direcciones Anycast son un nuevo tipo de dirección en IPv6. Al igual que una dirección Multicast, una dirección Anycast identifica múltiples interfaces, sin embargo, mientras que los paquetes de Multicast son aceptados por varios equipos, los paquetes Anycast sólo se entregan a una interfaz o nodo, Duarte [16]. Se presenta un ejemplo de una dirección IPv6 Anycast: 2002:0ef8:7402::/128

Para finalizar la explicación respecto a los tipos de direcciones de IPv6, se cree conveniente realizar una acotación referente a los tipos y los prefijos de direcciones, tal como se observa en la **Tabla II. 3.**, representada a continuación.

TABLA II. 3 Tipos de direcciones IPv6 y Prefijos

Dirección IPv6	Prefijo – Notación IPv6
Dirección inespecífica (no especificada)	:: /128
Dirección reservada de Loopback	::1 /128
Multicast	FF00::/8
Link- Local Unicast	FE80::/10
Site- Local Unicast	FC00::/7
Global- Local Unicast	Todas las demás

Fuente: Elaboración propia de los autores

2.4. MULTICAST

Multicast también conocido como multidifusión IP es una comunicación generada entre un solo emisor (fuente) y múltiples receptores (grupo de destinatarios) dentro de una red, permitiendo que una única transmisión pueda ser dividida entre varios usuarios, es decir se establece una relación de uno a muchos, lo que reduce significativamente el uso de ancho de banda en internet, tomado de TechTerms.com [17].

En este tipo de comunicación, la dirección de la fuente es una dirección Unicast, pero la dirección de destino es una dirección de grupo, un grupo de uno o más destinos/receptores. La dirección de grupo define a los miembros del grupo, que pueden estar localizados en cualquier sitio en internet o en una red privada.

2.4.1. ÁREAS DE APLICACIÓN Y USABILIDAD

La multidifusión se utiliza para transmitir de manera eficiente transmisiones multimedia y otros tipos de datos entre ellos se puede recalcar aplicaciones como: uso general para sistemas distribuidos y para los medios de streaming a través de internet, tales como la televisión en vivo y radio por internet.

También soporta video conferencias, servicios DNS (Sistema de Nombres de Dominio), servicios de tiempo y webcasts. Además se puede utilizar para enviar información variada a través de internet, tales como: juegos en red, noticias, cotizaciones de bolsa, educación a distancia, servicios de descubrimiento, replicación de bases de datos e incluso copias digitales de software, tomado de TechTerms.com [17].

2.4.2. ESTRUCTURA DE UNA DIRECCIÓN MULTICAST EN IPV6

En IPv6 se tiene todo un bloque completo de direcciones para Multicast, los cuales empiezan desde el rango FF00::/8 hasta el rango FFFF::/8.

A continuación en la **Figura II. 7.** se presenta los bloques de una dirección Multicast IPv6.

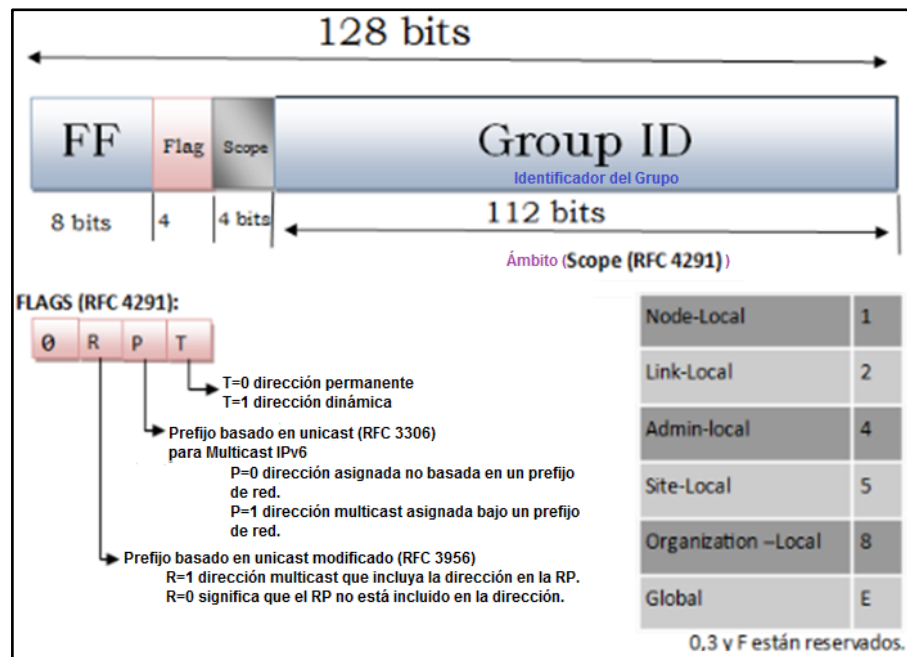


FIGURA II. 7 Dirección Multicast en IPv6

Fuente: Elaboración propia de los autores

Explicando la **Figura II. 7.**, a continuación se detalla cada uno de los octetos.

- **Primer octeto conocido como de mayor orden:** una dirección Multicast siempre empieza con FF, es decir 11111111 en binario.
- **Primeros 4 bits del segundo octeto conocido como Flags:** se encuentra formado por 4 bits, donde el primer bit está reservado para futuras implementaciones, el segundo bit es el R, el tercer bit se conoce como punto de encuentro P y el cuarto bit es el Transient T, donde los valores varían entre uno o cero, dependiendo si son valores bien conocidos permanentemente asignada por IANA (Autoridad De Asignación de Números de Internet) tendrá el valor de cero y si con valores variables poseerán el valor de uno.

- **4 bits del segundo octeto conocido como Scope:** Indica el ámbito de aplicación del conjunto de redes IPv6, para el que deber ser destinado el paquete Multicast. Además provee información por medio de los protocolos de enrutamiento Multicast, donde los routers utilizan el ámbito de multidifusión para determinar si el tráfico Multicast se puede reenviar. Es un valor desde 0 a 0xF en diferentes ámbitos según el RFC 2373 IP Version 6 Addressing Architecture [18], el cual lo recomendamos para la identificación de los valores que este campo deberá poseer, en dicho documento se menciona algunos valores que no están siendo utilizados como 3, 4, 6, 7, 8, A, B, C, D. Para el presente trabajo se utiliza el valor “e”, el cual es un valor de scope global que se lo puede utilizar sin problemas.
- **Group ID:** el identificador de un grupo de Multicast está formado por el flag y el scope, los valores que éstos reciban son de gran importancia para la identificación de estos 128 bits restantes.

2.4.3. COMUNICACIÓN EN UNA RED MULTICAST

Las direcciones Multicast de IPv6 son fundamentales en la nueva era informática, por tal motivo se describe su funcionamiento. Una dirección Multicast en IPv6 se define como un identificador para un grupo Multicast IPv6, éste es un grupo de usuarios receptores que desean recibir un flujo de datos en particular, dicho grupo no tiene fronteras físicas o geográficas, por ende se pueden localizar en cualquier lugar de internet o en cualquier red privada.

Un usuario puede pertenecer a uno o varios grupos Multicast. Los usuarios pueden escuchar múltiples direcciones Multicast al mismo tiempo, estos usuarios pueden unirse

o dejar el grupo Multicast en cualquier momento, esto se debe a que la pertenencia a un grupo de multidifusión es dinámica.

Si un usuario receptor está interesado en recibir flujo de datos que se estén emitiendo, debe pertenecer a un grupo en particular señalado por su router local. Esta señalización se consigue con el protocolo MLD (Descubrimiento de Oyentes de Multidifusión), los routers utilizan el protocolo MLD para saber si los miembros de un grupo están presentes en sus subredes directamente conectadas. Los usuarios se unen a grupos Multicast enviando mensajes de informe MLD, tomado de Cisco System [19].

El flujo de datos Multicast llegará a un número ilimitado de receptores pertenecientes a un grupo, utilizando solo una copia de datos de multidifusión en cada subred, con ello se permite tener niveles de eficiencia de red superiores, disminuyendo los ciclos de procesamiento de CPU (Unidad Central De Proceso) de las computadoras en la red, tomado de Cisco System [19].

Para un mejor entendimiento de lo mencionado se presenta a continuación la **Figura II. 8**, la cual presenta gráficamente la comunicación en una red Multicast.

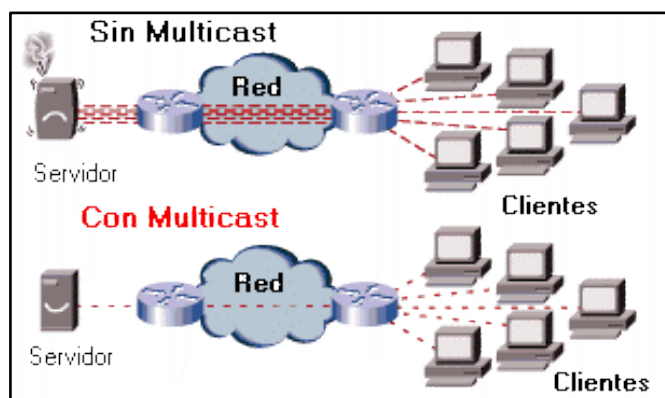


FIGURA II. 8 Comunicación con trafico Multicast

Referencia: <http://www2.san.gva.es/prof/calidadyacred/images/Image4.gif>

2.4.4. PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO MULTICAST CON IPV6

Al hablar de enrutamiento se está hablando de ruteo, éste es un proceso que se debe implementar en equipos que soporten la configuración de protocolos de ruteo, en este caso que soporten ruteo basado en IPv6, permitiendo que los paquetes se envíen y reenvíen entre las máquinas pertenecientes a una red informática.

Con la llegada de IPv6, los protocolos de ruteo deben enfrentarse con varias complicaciones, entre ellas:

- El tamaño de una dirección IPv6 es cuatro veces el de una dirección IPv4. Esto tiene consecuencias en el tamaño de memoria que se necesita para almacenar estas direcciones y en el ancho de banda necesario para enviar las actualizaciones a los demás routers, tomado de Blog personal Sepulveda [20].
- Una misma interfaz puede tener múltiples direcciones IPv6, tomado de Blog personal Sepulveda [20].

El software IOS (Sistema Operativo de Interconectividad) de cisco soporta los siguientes protocolos de ruteo para Multicast IPv6, Cisco System [19]:

- MLD: Utilizado por los ruteadores para encontrar receptores para un grupo de Multicast en los enlaces conectados directamente.
- Protocolo Independiente Multicast – Modo Disperso (PIM-SM): Utilizado entre ruteadores para saber porque interfaces enviar o no paquetes de Multicast.
- Protocolo Independiente Multicast – Modo de Origen Especifico (PIM-SSM): Igual que PIM-SM, con la característica adicional de poder especificar desde qué origen recibir los paquetes de Multicast.

CAPÍTULO III

3. APLICACIONES DE DISTRIBUCIÓN LIBRE PARA SERVIDOR

STREAMING DE VIDEO

El manejo de aplicaciones gratuitas en un país, institución u organización es de suma importancia, ya que los softwares no licenciados permiten un ahorro en los recursos económicos de cualquier institución y ayudan al desarrollo local y/o personal.

El presente capítulo tiene como propósito detallar las principales características de las aplicaciones de software libre en cuanto a facilidades y optimizaciones de la tecnología streaming de video se refiere, ya que dicho análisis va a permitir determinar la aplicación más adecuada para la configuración del servidor streaming, además dicha aplicación debe soportar transmisiones bajo la tecnología Multicast e IPv6, debido a que en eso se enfoca el presente estudio.

3.1 CARACTERÍSTICAS DE UN SERVIDOR STREAMING DE VIDEO

La transmisión de contenido multimedia requiere un servidor con ciertas características, en cuanto a almacenamiento, servicio en tiempo real, calidad de servicio y ancho de banda se refiere, dichas características limitan considerablemente el número de clientes que puede tener un servidor de streaming, por tal motivo a continuación se describe brevemente cada una de estas para poder tomar las debidas precauciones.

- *Capacidad de almacenamiento:* como ya se mencionó los archivos que contengan información multimedia fácilmente exceden la capacidad de almacenamiento que los discos duros poseen, por tal motivo se requiere dispositivos de gran capacidad.
- *Servicio en tiempo real:* para garantizar la reproducción continua de los contenidos multimedia, no es suficiente con que el servidor de streaming envíe los datos al usuario y éste los reciba correctamente; además hace falta que esta recepción se reproduzca dentro un intervalo de tiempo específico. Esto implica que todos los componentes del sistema deben tener un control del tiempo máximo permitido para poder realizar cada uno de las operaciones que intervienen en la entrega de información a los usuarios, Ibnoulkhatib [2].
- *Calidad de Servicio:* en toda entrega de contenido multimedia que se realice a través de una red informática es necesario proporcionar calidad de servicio aceptable para el usuario, ya que la calidad de imagen, retraso y sincronización de audio y video, pixeleo de la imagen, son aspectos que el usuario va a notar al momento de una visualización de video, por ende estos aspectos necesitan de un intensivo control al momento de la transmisión desde el servidor hacia los clientes para verificar dicha calidad.

- *Ancho de banda:* Los contenidos multimedia requieren el procesamiento de un gran volumen de información de forma periódica y durante grandes periodos de tiempo. Este volumen de información exige grandes anchos de banda en la red de transmisión. Los requisitos de ancho de banda no se circunscriben exclusivamente a la red de comunicaciones entre el servidor de streaming y los usuarios finales, sino que también involucran al sistema de almacenamiento. Esto implica la utilización de sistemas de almacenamiento complejos basados en sistemas de almacenamiento jerárquicos o bien la utilización de un conjunto de discos en configuración RAID (Conjunto Redundante de Discos Independientes), Ibnoulkhatib [2].

Cabe mencionar que debido a estas características los servidores genéricos no pueden ser utilizados para brindar el servicio de streaming.

3.2 APLICACIONES PARA REALIZAR STREAMING DE VIDEO

En la actualidad existe una gran variedad de softwares libres y propietarios, utilizados por los administradores de red, para brindar el servicio de streaming de video sobre demanda, en vivo o una combinación de ambas, proporcionando cada uno de los servicios a través de ciertas configuraciones.

- Entre los softwares con licencia propietario se tiene:

QuickTime Streaming Server (Apple), Real Media Server, Helix Universal Server (Real Networks), Helix DNA Server (Real Networks), Windows Media Server (Microsoft), Wozza Media Server, Flash Media Server, entre otros.

- Entre los softwares con licencia libre se tiene:
Flumotion, Video LAN (Red de Área Local) Server, Red5 Media Server, Icecast, GNUMP3D, Ffmpeg Server, Darwin Streaming Server, Live555, Sirannon, entre otros.
- Además de estos, anteriormente existieron otros softwares que lamentablemente ahora ya están fuera de funcionamiento como:
Milgra, Oregano, XL2 Media Server, Palantair, Subsonic, PeerStream, Concurrent, BitBand, Entone, SeaChange, Kasenna, Peercast

3.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS APLICACIONES DE SOFTWARE LIBRE

La importancia de la utilización del software no licenciado en una institución son varias, entre ellas se tiene: autonomía tecnológica, estandarización e integración, seguridad y ahorro en los recursos económicos de cualquier empresa, destacando que no por ser más económico es inseguro.

Por dichos motivos, a continuación se detalla las características de las principales aplicaciones de software libre, considerando que entre sus principales características deberá cumplir con ciertos parámetros como son: soporte de la tecnología Multicast, protocolo IPv6 y transmisiones de video en vivo y sobre demanda.

- **FLUMOTION**

Flumotion no es sólo un software para streaming de video, sino también es una empresa que mantiene su oficina principal en la ciudad de Barcelona – España a partir del año 2006. Desde sus inicios ésta empresa ha sido considerada como la mejor para realizar transmisiones de audio y video en internet. La empresa

cuenta con un sin número de clientes y canales muy importantes entre los que se puede mencionar RTVE (Radio Televisión Española), Grupo COPE, Antena 3, BMW, Tele 5, etc.

Está basado en Linux, su licencia es libre, con la mayoría de componentes bajo LGPL2.1 y el resto bajo GPL 2+, Expat y PSF-2. En función de lo que necesita el cliente, Flumotion proporciona 3 tipos de productos: Flumotion Streaming Platform, Flumotion Streaming Server (Software) y Flumotion WebTV.

Una de las ventajas que posee Flumotion es ser una empresa especializada en el streaming de contenido audiovisual (Streaming Media Server), ofreciendo grandes posibilidades de estabilidad y escalabilidad.

El software Streaming Media Server que ofrece la empresa Flumotion, permite tanto el streaming de ficheros en disco bajo demanda a través de HTTP hasta el streaming en tiempo real de lo que se está grabando a través de una webcam, un screencast, cámara de video, etc.

Además dicha aplicación se encuentra en los repositorios de la distribución de Ubuntu que soporta los CODEC VP8 y Theora, por lo que permite la transmisión de archivos con formato OGG y WEBM. Otra de las características es que el software soporta la difusión Multicast más no soporta IPv6.

- **VIDEO LAN**

Es una aplicación no licenciada que posee código abierto para cualquier usuario, también es considerada como plataforma de video, puesto que puede ser un reproductor, servidor o un plugins de algún navegador web para la reproducción de videos en línea, dependiendo de las necesidades del usuario y el modo de usabilidad que requieran.

Al ser considerado video LAN como un proyecto, es lógico considerar su etapa de desarrollo, resumiendo de esta manera que el proyecto principal se encontraba compuesto de dos tendencias descritas a continuación:

- **VLC (Video LAN Client):** es un software que fue desarrollado en el lenguaje de programación C/C++ para que pueda ser usado como cliente, el cual era capaz de recibir tramas de video.
- **VLS (Video LAN Server):** por su parte VLS también era un software que se creó igualmente bajo el lenguaje de programación C/C++, con el propósito principal de que este software genere flujos de video. En la actualidad el software VLS ya no se desarrolla ni se difunde, por ende su existencia es solo histórica y todas sus funciones fueron heredadas para que forme parte de VLC.

Una vez descrito sus inicios, a continuación se presenta las principales características del software VLC:

- Soporta múltiples plataformas (Windows, Mac OS X, Linux, BeOS, OpenBSD, etc).
- Soporta protocolos: RTSP, UDP, RTP, HTTP, MMS (Servidor de Medios Microsoft), IGMPv3 (Protocolo de Administración de grupos de Internet).
 - ✓ Soporte de múltiples formatos.
 - ✓ **CODEC de video**
MPEG 1, MPEG 2, MPEG 4, DIVX 1, DIVX 2, DIVX 3, H.263, H.264, WMV 1, WMV 2, VP8, M-JPEG

(A/B), Theora, Dirac, XviD, 3ivX D4, H.261, H.263 /
H.263i

✓ **CODEC de audio**

MPEG AUDIO, MP3, MPEG 4 AUDIO (AAC),
VORBIS, FLAC, SPEEX, WAV, WMA 2, A52/AC-3.

✓ **Contenedores**

MPEG-TS, MPEG-PS, MPEG 1, ASF/WMV, WEBM,
MJPEG, MKV, OGG/OGM, WAV, RAW, MP4/MOV,
FLV, AVI.

- Contiene filtros de manipulación y transcodificación de video.
- Soporte redes IPv4 e IPv6.
- Soporta transmisiones de video en Multicast y Unicast.
- Permite la transmisión de cualquier video desde dispositivos que capten video como la filmadora, DVD, VCD, SVCD y DVB (Broadcast de video digital).
- Permite guardar el video mientras se reproduce.

• **RED 5 MEDIA SERVER**

Es un software gratis, de código abierto de FMS (Servidor de Medios Flash) que puede hacer todo lo que Adobe FMS hace. Red 5 es perfecto para poder transmitir video en vivo y transmisiones de audio, como también grabar secuencias multimedia en vivo. Es compatible con todos los formatos populares de audio y formatos de video.

Red 5 es un potente software capaz de manejar hasta miles de conexiones simultáneas a la vez. Es una alternativa mucho más barata en términos de alojamiento como Adobe FMS.

El servidor de flash de código abierto escrito en java Red 5 puede soportar lo siguiente:

- Streaming de Video (FLV, F4V, MP4, 3GP).
- Streaming de audio (MP3, F4A, M4A, AAC).
- Permite grabar series de cliente (FLV y AAC en un contenedor FLV).
- Objetos compartidos
- Transmisión en vivo Publishing.
- Remoting.
- Soporte de protocolos: RTMP (Protocolo de Mensajería en Tiempo Real), RTMPT (Protocolo de Mensajería en Tiempo Real Canalizado), RTMPS (Protocolo de Mensajería en Tiempo Real Asegurado) y RTMPE (Protocolo de Mensajería en Tiempo Real Encriptado).

La multidifusión no está disponible en Flash. Por esa razón, ningún servidor de medios puede ofrecer una solución Multicasting para Flash Player. En lo que respecta a Red 5 cuenta con la funcionalidad de unicasting para sus transmisiones. Para el presente trabajo otra de las deficiencias que presenta dicho servidor es que no permite la configuración del nuevo protocolo IPv6.

A continuación en la Figura III. 1, se puede visualizar la imagen principal del servidor de streaming RED 5.

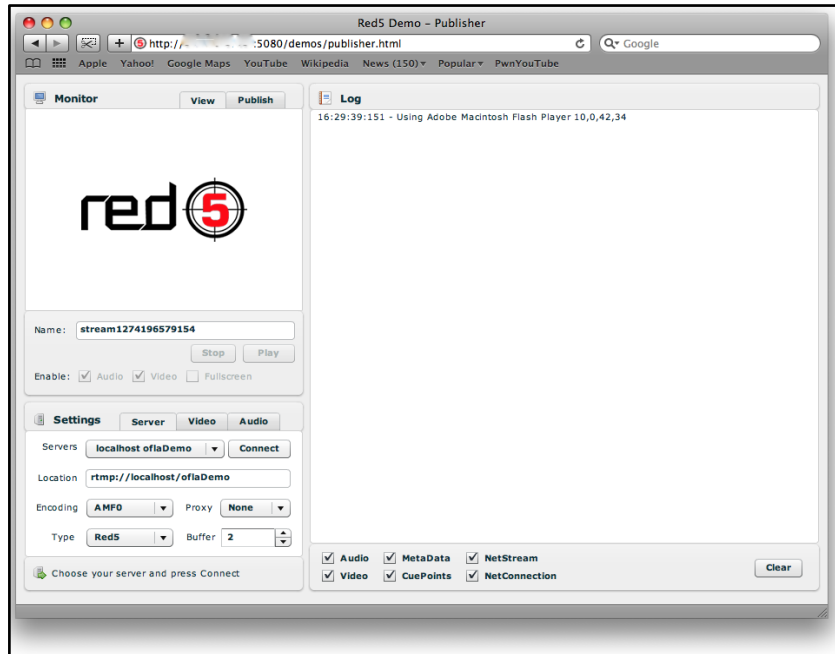


FIGURA III. 1 Servidor de streaming RED 5

Referencia: <http://tyskiebusiness.files.wordpress.com/2010/05/picture-4a.png>

- **ICECAST**

Es un servidor de streaming de licencia libre originalmente de audio, pero también soporta video en sus últimas versiones, como es en el Icecast versión 2. Se puede montar un servidor Icecast en sistemas operativos como: Windows, Linux y Mac.

Es un proyecto de código libre mantenido por la Fundación Xiph.org sin fines de lucro, dedicada a la reproducción de herramientas de dominio público, hogar de la familia de software de Ogg/Vorbis.

Como en su forma original Icecast fue creado para la transmisión de audio en internet, éste puede ser utilizado para crear una estación de radio para alguna empresa o también se puede crear una página web para tener un repositorio de música en la que se use de manera personal.

La manera de operar de éste servidor es parecida al software bajo licencia llamado Shoutcast perteneciente a Nullsoft. Los protocolos que el servidor utiliza son: HTTP Y SHOUTcast2, los formatos que soporta en sus últimas versiones streams son: Ogg Vorbis, MP3, Ogg Speex, Ogg FLAC, Ogg Theora, NSV, y AAC.

Icecast gestiona la autenticación de clientes y proveedores de audio, proporciona varios streaming de forma simultánea y puede variar la calidad de audio limitando el número de clientes que se pueden conectar.

Prácticamente permite la transmisión de las listas de archivos de audio y video que el servidor Icecast tenga bajo su directorio, para lo cual el cliente deberá conectarse desde su navegador web, donde ingresará la dirección del servidor, seguido del puerto; cabe mencionar que esta aplicación permite transmisión en vivo y sobre demanda mediante la web, dicho software presenta ciertas limitaciones como soporte del protocolo IPv6 y transmisión mediante la tecnología Multicast.

- **GNUMP3D**

Es un servidor streaming de audio y video que permite transmisiones bajo demanda y soporta el protocolo IPv4, está escrito inicialmente en C, C++, hasta terminar en lenguaje Perl.

Permite reproducir ficheros de música y video en diferentes formatos, desde otro ordenador distinto del que están almacenados estos ficheros, es compatible con archivos de audio como: 669, AAC, APE, M4A, FAR, FLAC, IT, MID, MOD,

MP3, MTM, OGG, RA, RM, S3M, STM, ULT, WAV, XM, WMA, M4P, MPC, AIF, AIFF, SHN y archivos de video como: MOV, MPG, MPEG, AVI, WMV.

Esta aplicación fue revelada por Steve Kemp el 18 de Octubre del 2007, se distribuye bajo licencia GNU-GPL, forma parte del proyecto Edna, es poco conocido debido a su falta de publicidad, a pesar de ello resulta ser de gran utilidad para aquellas personas que les gusta intercambiar información a través de red locales o mediante amigos en línea.

El contenido multimedia es accesible mediante cualquier navegador web, brinda la posibilidad de escoger la plantilla que más nos agrade o permite la creación de una plantilla personalizada mediante código HTML (Lenguaje de Marcas de Hipertexto) y CSS (Hojas De Estilo en Cascada). Se caracteriza por ser pequeño, estable, portable, seguro, fácil de instalar, configurar y usar.

Es compatible con diferentes plataformas como son: Windows, Unix, GNU. Dentro de los clientes que soportan sus transmisiones se tiene: XMMS, FreeAmp y WinAmp.

Gnump3d resulta ser entonces un servidor streaming capaz de servir su contenido multimedia audio y video mediante la web, usando el protocolo HTTP, además se caracteriza por pasar datos de la canción como título y autor solo con habilitar el protocolo ShoutCast.

La forma de trabajar de este servidor para la transmisión de audio y video en la red, varían en ciertas configuraciones que se las debe realizar en su archivo master, ubicado por lo general en: "/etc/gnump3d/gnump3d.conf", en dicho

archivo se debe configurar las líneas de código referentes al número de puerto (port) y la dirección de la carpeta contenedora de los archivos ya sea audio o video (root), una vez especificado estos parámetros con una serie de comandos se procede a indexar los datos de las carpetas a la página web que la aplicación Gnump3d brinda para que los clientes puedan tener acceso desde cualquier sitio.

A continuación en la **Figura III. 2** se presenta la pantalla principal de Gnump3d, en la que se puede observar un listado de canciones a reproducir.

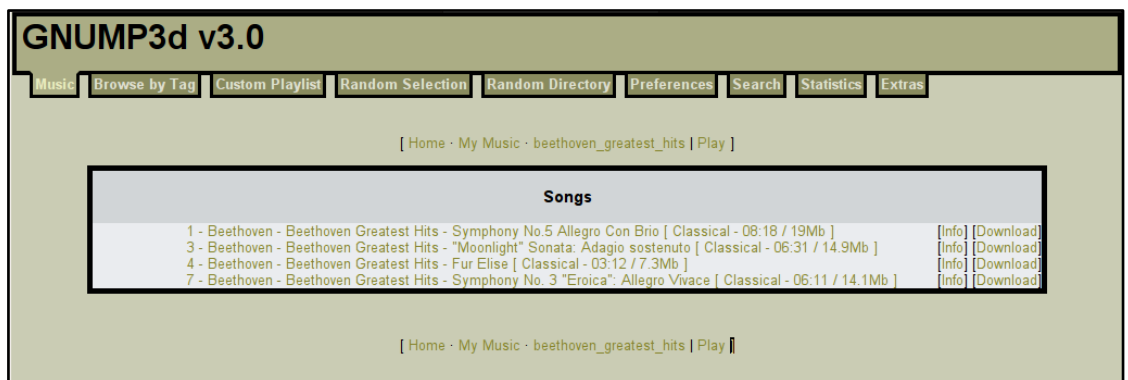


FIGURA III. 2 Servidor de streaming Gnump3d

Referencia: <http://dl.maximumpc.com/galleries/linuxstream/gnump3g1.png>

- **FFMPEG**

Es el marco multimedia líder, capaz de decodificar, codificar, transmitir, reproducir casi cualquier cosa que las personas y las máquinas han creado, permite además hacer streaming de audio y video. Es compatible con los formatos antiguos sin importar si fueron diseñados por algún comité de normas, comunidad o una sociedad anónima, por ende funciona bajo la licencia GNU en Linux, aunque puede ser ejecutado en múltiples sistemas operativos incluyendo Windows.

FFmpeg contiene libavcodec, libavutil, libavformat, libavfilter, libavdevice, libswscale y libswresample que puede ser utilizado por las aplicaciones, este proyecto ofrece varias herramientas como: ffmpeg, ffserver, ffmpegplay y ffmpegprobe que puede ser utilizado por los usuarios finales para la transcodificación, streaming y reproducción.

Ffserver: es un servidor de streaming de audio y video, compatible con varias transmisiones en vivo, recibe archivos pregrabados o fluye archivos desde alguna entrada, se apoya en los protocolos RTP / RTSP / HTTP.

- **DARWIN STREAMING SERVER (DSS)**

El servidor QuickTime Streaming Server posee una versión de software libre no licenciado gratuito que entro en funcionamiento a partir del 16 de marzo de 1999 y es desarrollado por la empresa Apple. Este es considerado como un servidor de streaming que le permite enviar los medios de transmisión de audio y video a los clientes a través de internet utilizando protocolos RTP y RTSP.

Darwin Streaming Server proporciona un alto nivel de personalización y se ejecuta en una variedad de plataformas como: Linux, RedHat Linux, Solaris y Windows NT/2000, que le permite manipular el código para satisfacer las necesidades del cliente.

Entre los formatos que dicho servidor soporta se tiene: 3GP, MP3, MP4, H.264/MPEG-4 AVC y MPEG-4 Parte 2, se cuenta con la última versión 6.0.3 estable, desarrollada en el 10 de mayo del 2007. Este servidor no soporta IPv6 pero si soporta tecnología Multicast.

A continuación se presenta la **Figura III. 3** en la cual se visualiza la pantalla principal del servidor Darwin Streaming

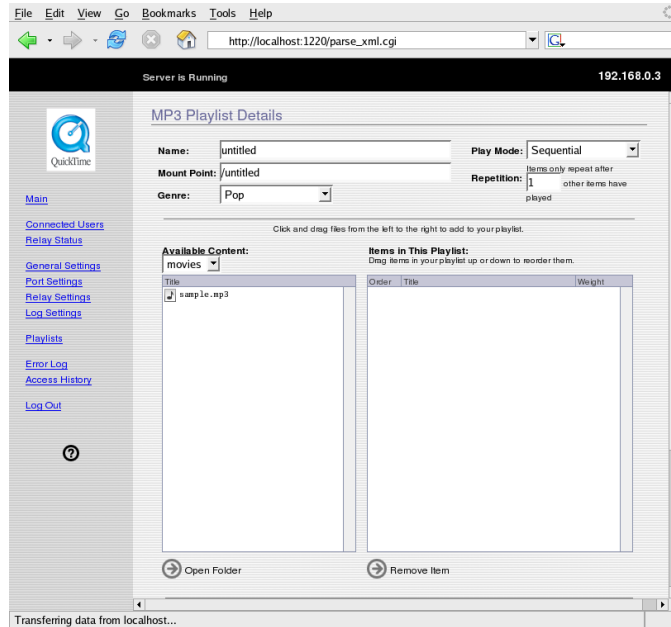


FIGURA III. 3 Servidor de streaming Darwin

Referencia: <https://www.linux-user.de/ausgabe/2005/01/048-darwin/playlist2.png>

A continuación se presenta la **Tabla III. 1** donde se realiza una comparación de las principales características de las aplicaciones de distribución libre ya descritas.

TABLA III. 1 Comparativa de aplicaciones de software libre

	Flumotion	VideoLAN	Red5	Icecast	Gnump3d	FFmpeg	DSS
Soporte de Múltiples Plataformas	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Difusión Unicast	✓	✓	✓	✓	✓		
Difusión Multicast	✓	✓					✓
Soporte IPv4	✓	✓		✓	✓		✓
Soporte IPv6		✓					
Permite Autenticación	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Soporta Monitoreo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Transmisión en Vivo	✓	✓		✓		✓	✓
Transmisión sobre demanda	✓	✓		✓	✓	✓	
Soporte protocolos RTP, RTSP		✓	✓			✓	✓
Soporte de protocolo Http	✓	✓		✓	✓	✓	
CODEC de Video	Vp8, Theora	Mpeg 1,2,4, H.263, H.264, Xvid, Vp8, Theora, Dirac, Divx 2, Divx 3, Wmv 1, Wmv2	FIV, Mp4, , 3Gp, F4V	Mp3, Ogg vorbis, Ogg Theora, Ogg Flac, NSV, AAC	Mov, Mpg, Avi, Wmv, Mpeg	Libdvd css, libavco dec	3Gp, Mp3, Mp4, H.264, Mpeg-4

Fuente: Elaboración propia de los autores

Para el presente trabajo de investigación se requiere una aplicación de software libre que cumpla con ciertas características básicas para llevar a cabo la resolución del problema planteado como lo son: soporte para la tecnología Multicast, direccionamiento sobre el nuevo protocolo de internet IPv6, compatibilidad con los CODEC's en estudio,

permita la emisión de video en vivo y sobre demanda, y que además dicha aplicación se pueda configurar como un servidor streaming y como un reproductor multimedia en los clientes, por tales motivos la aplicación seleccionada es VLC. Además de las características mencionadas cabe recalcar que se busca una aplicación que contenga una gama de contenedores, es decir distintas maneras de encapsular un video para emisiones en la red, uno de esos contenedores puede ser el TS (Transporte de Streaming) los cuales son nuevos contenedores creados y diseñados para soportar pérdidas y errores en una transmisión de largo alcance, es decir fueron creados especialmente para hacer streaming de video donde se encapsule el audio y video y se transmita en la red.

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE AMBIENTES DE PRUEBA

El buen diseño e implementación de una red informática es fundamental en toda empresa, y más aún en un trabajo de investigación, ya que éste permite evitar problemas de: pérdidas de datos, seguridad, lentitud al momento de procesar la información y sobre todo eliminar las caídas en la red.

El presente capítulo tiene como propósito dar a conocer la topología, diseño, configuración y alcance de la red informática utilizada para llevar a cabo la comprobación de cada uno de los CODEC's. Para realizar dicha comprobación se va a describir los ambientes de prueba para la transmisión en directo y sobre demanda de cada uno de los CODEC's, los mismos que constan de aspectos como instalación, configuración y captura de datos.

4.1. TOPOLOGÍA, ALCANCE Y DISEÑO DE LA RED INFORMÁTICA

4.1.1. TOPOLOGÍA

La topología de red permite determinar la disposición física en la que se conectan los equipos a una red de computadores o servidores.

Para el presente trabajo se decide utilizar la topología de red jerárquica, donde la información fluye siguiendo un camino establecido, permitiendo llevar los mensajes hacia los destinatarios finales.

Las redes jerárquicas se administran y se expanden de manera mucho más fácil (escalabilidad) que otras redes, dichas redes constan de tres capas con funciones específicas cada una y estas capas son: núcleo, acceso y distribución.

La capa de acceso es aquella que permite la conexión de los dispositivos finales sean éstos computadoras, teléfonos, e incluso impresoras, a la red. La capa de distribución se basa específicamente en los switch, ya que permite controlar el flujo de tráfico mediante el uso de VLAN (Red de Área Local Virtual). Finalmente la capa de núcleo es la encargada de proporcionar conectividad entre los distintos puntos de acceso (router, switch, etc), permitiendo enlazar diferentes servicios, como: internet, redes privadas, redes LAN y telefonía.

Es decir, cuando se quiere enviar datos desde una computadora hacia otra, éstos deben pasar por la red de acceso, considerada como el primer punto para conectarse con los routers, una vez que la información esté en dicho punto, son ellos los encargados de enviar los datos a los destinatarios finales utilizando el núcleo de la red.

4.1.2. ALCANCE

Es imprescindible dar a conocer el alcance de una red informática que va a poseer el presente trabajo, es decir explicar el tamaño geográfico y al número de equipos y/o componentes físicos.

Debido a que la presente investigación tiene como propósito realizar una guía de implementación de streaming para el laboratorio LIRSI-ESPOCH, se especifica que el alcance del trabajo es con fines académicos, por ende su escenografía va a ser esencial-básica, no tan compleja, donde se simule el internet y la transmisión de video en la red.

Además para el alcance del presente trabajo se va a tomar en cuenta el tiempo de plazo (2 años) que un egresado de la ESPOCH posee para llevar acabo la elaboración del trabajo de grado.

De acuerdo al alcance de la investigación, la infraestructura de la red jerárquica es básica, por lo que se utilizará un número de equipos que satisfagan con el planteamiento de los objetos de estudio en este caso: streaming, Multicast e IPv6, por tal razón se necesita de tres routers cisco catalyst de la serie 2800 con IOS (Sistema Operativo de Interconexión) C2801-ADVIPSERVICESK9-M) Version 12.4(8a) release software (fc2), dos switch catalyst 2960 y computadores portátiles y de escritorio con aceleradores de tarjeta gráfica, donde estos equipos van a estar conectados mediante enlaces Fast Ethernet categoría 5e de tipo cruzado y directo.

4.1.3. DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DEL ESCENARIO DE PRUEBAS

Los routers van a estar configurados con el protocolo de enrutamiento OSPF (Primer Camino Más Corto) y el nuevo protocolo de internet versión 6, para la difusión de datos sobre la tecnología Multicast, para lo cual se va hacer uso de los comandos de Cisco para la configuración de cada uno de los equipos.

Cada router tendrá su propia configuración por lo que existe uno en el cual se da a conocer el grupo Multicast, cabe recalcar que existen diferentes maneras de identificar un grupo Multicast, en esta ocasión va a ser un grupo embebido en RP (Punto de Encuentro), dicho punto es de gran utilidad dentro de una configuración con tecnología Multicast, ya que éste escucha las peticiones por parte de los clientes y envía respuestas a dichas peticiones, es aquí donde los mensajes PIM (Protocolo Independiente Multicast) entran en funcionamiento permitiendo la comunicación entre los routers, además de enviar y recibir información del grupo Multicast para entregar a los routers fronteras que se conectan con los clientes por medio de switchs catalys 2960 y de los mensajes MLD.

Los mensajes MLD permiten la comunicación con los bordes de las redes hacia cada uno de los clientes mediante enlaces Fast Ethernet categoría 5e de tipo directo. Los routers están conectados mediante enlaces Fast Ethernet categoría 5e de tipo cruzado donde cada enlace va a estar configurado con un ancho de banda de 15 Mbps (Megabits por segundo), debido al gran volumen de datos multimedia que un video requiere, lo cual exige un requisito de ancho de banda riguroso sobre la red desde 56 Kbps (Kilobits por segundo) hasta 15 Mbps, Thampi [1].

A continuación en la **Figura IV. 1** se presenta el diseño general del escenario de pruebas para el desarrollo del presente trabajo.

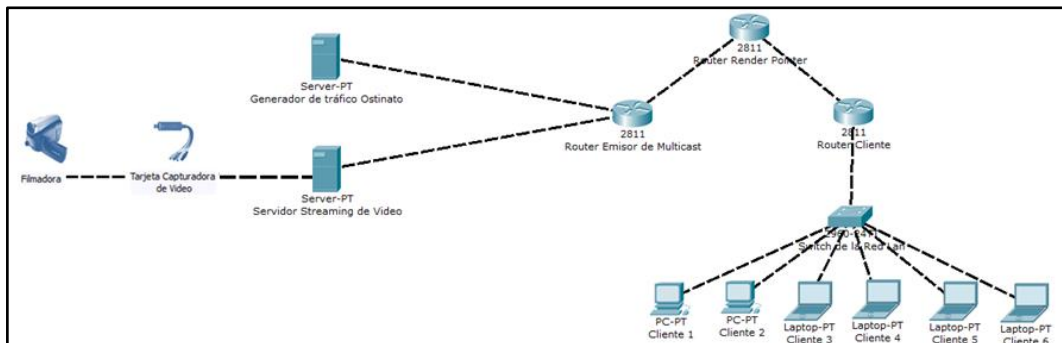


FIGURA IV. 1 Diseño del escenario de pruebas
Fuente: Elaboración propia de los autores

Los prototipos de prueba para cada uno de los escenarios fueron desarrollados físicamente en los laboratorios de la academia de redes Cisco de la ESPOCH tal como se muestra en la **Figura IV. 2**, ya que dichos laboratorios cuentan con el ambiente apropiado y los equipos físicos necesarios para llevar a cabo la implementación de cada uno de los escenarios.



FIGURA IV. 2 Prototipo de pruebas con equipos reales
Fuente: Elaboración propia de los autores

A manera de resumen, a continuación se presenta los comandos de las configuraciones más relevantes.

- Comando basado en el patrón de Cisco para configuración de una dirección del nuevo protocolo de internet versión seis en una de las interfaces de red.

```
ServerStream(config)# interface FastEthernet0/0  
ServerStream(config-if)# ipv6 address 2001:10::1/64
```

- Comando basado en el patrón de Cisco para la configuración del protocolo de ruteo compatible con IPv6. Actualmente los protocolos de ruteo compatibles son OSPF, OSPFv3 o RIP (Protocolo de Información de Ruteo), para el presente trabajo se utiliza el protocolo OSPF, ya que es un protocolo de ruteo interno que distribuye la información entre los routers. Cabe recalcar que para la configuración del protocolo OSPF se debe habilitar ruteo en IPv6, como nuestro estudio es sobre tráfico Multicast este también será activado.

```
ServerStream(config)# ipv6 unicast-routing  
ServerStream(config)# ipv6 Multicast-routing  
ServerStream(config)# ipv6 router ospf 100  
ServerStream(config-rtr)# router-id 1.1.1.1  
ServerStream(config-rtr)# exit
```

- Comando basado en el patrón de Cisco, útil para la configuración del grupo Multicast que como ya se menciona va a ser un grupo embebido.

```
ServerStream(config)# interface FastEthernet0/0  
ServerStream(config-if)# ipv6 mld join-group FF7E:240:2001:2:2:2:0:1
```


- Comando basado en el patrón de Cisco para configurar un router como servidor de DHCP (Protocolo de Asignación Dinámica de Direcciones) que brinde direcciones del protocolo de internet versión 6:

```
RCLIENTE(config)# ipv6 dhcp pool streaming
```

```
RCLIENTE(config-dhcp)# prefix-delegation pool streaming-prefix-new
```

```
RCLIENTE(config-dhcp)# exit
```

```
RCLIENTE(config)# interface fastEthernet 0/1
```

```
RCLIENTE(config-if)# ipv6 address FC01::1/64
```

```
RCLIENTE(config-if)# ipv6 dhcp server streaming
```

```
RCLIENTE(config-if)# no shutdown
```

```
RCLIENTE(config-if)# exit
```

```
RCLIENTE(config)# ipv6 local pool client-prefix-pool FC01::/50 64
```

El archivo de configuración completa de cada uno de los equipos se detalla en el **Anexo 1**, mientras que en el **Anexo 4** en la guía de implementación se detalla paso a paso la configuración de cada uno de los equipos.

4.2. DIRECCIONAMIENTO DE LA RED

Una dirección IPv6 tiene un tamaño de 128 bits, los cuales se encuentran repartidos en 8 bloques, donde cada bloque está formado por números hexadecimales de 16 bits cada uno (valor de 0000 a FFFF), separados por “:”.

Las direcciones IPv6 son muy largas por ende en ocasiones se usan secuencia de ceros representado por doble punto “::”.

A continuación en la **Tabla IV. 1** se da a conocer el direccionamiento IPv6 utilizado para el presente trabajo.

TABLA IV. 1 Direccionamiento del escenario de pruebas

Identificador del Router	Interfaz de Red	Dirección IPv6	Mascara de Red	Puerta de Enlace Predeterminado
ServersStream	F0/1	FC00::1	64	
ServersStream	F0/0	2001:10::1	64	
PRedireccion	F0/1	2001:10::2	64	
PRedireccion	F0/0	2001:20::3	64	
RouterCliente	F0/0	2001:20::4	64	
RouterCliente	F0/1	FC01::1	64	
Clientes	FastEthernet	DHCP	64	FC01::1

Fuente: Elaboración propia de los autores

4.3. EQUIPOS USADOS PARA LA ARQUITECTURA DEL STREAMING

En el Capítulo II, se mencionó los componentes que forman parte de un sistema de video streaming como lo son: servidor, cliente y red, además de mencionar las principales características de las arquitecturas de red utilizadas para llevar a cabo el streaming, debido a dichas características para el presente trabajo se utilizará la arquitectura de red centralizada basada en un sólo servidor de streaming de video, el mismo que será capaz de transmitir la señal audiovisual al núcleo central de la red, el cual estará configurado con la tecnología Multicast IPv6, para finalmente permitir a los clientes disfrutar de dichas emisiones en sus reproductores.

A continuación se describe las principales características en cuanto a software y hardware de cada uno de los clientes y servidores.

4.3.1. HARDWARE Y SOFTWARE DEL SERVIDOR DE STREAMING DE VIDEO

a) SOFTWARE

En la actualidad es muy común encontrar a gran cantidad de empresas con equipos sobre distribuciones libres, no sólo por las ventajas mencionadas sino también por el cumplimiento al decreto N° 1014, el cual ordena el uso de software libre en todas las instituciones públicas del país.

Para el presente trabajo se utilizará la distribución libre Ubuntu versión 12.10, ya que permite habilitar o denegar paquetes Multicast, pero por lo general la multidifusión en Ubuntu ya viene habilitado por defecto y además permite la configuración de red con el protocolo IPv6, a diferencia de otras distribuciones como Fedora que no viene habilitado el tráfico Multicast.

Como se puede observar en la **Figura IV. 3**, Ubuntu es un sistema operativo basado en Linux que incluye su propio entorno de escritorio Unity, orientado al usuario promedio, distribuido bajo licencia libre, su kernel es basado en Unix, de fácil uso, rápido, accesible, libre de virus, eficiente y con gran tendencia a crecer cada día más según la página DistroWatch.com.



FIGURA IV. 3 Pantalla principal de la distribución Ubuntu
Fuente: Elaboración propia de los autores

b) HARDWARE

Una máquina será el servidor streaming por lo que deberá cumplir con algunas características, como: tener gran capacidad de almacenamiento para alojar los videos pero las capacidades de hardware van a variar, ya que esto depende de la aplicación de software que utilice para la configuración.

Además debe tolerar la instalación de la distribución de Linux Ubuntu, que como mínimo para su utilización se necesita 384 MB de RAM, 8 GB de disco duro y un procesador de 1000 MHZ.

A continuación en la **Tabla IV. 2**, se detalla las características físicas de la máquina sobre la cual fue configurada la distribución libre y la aplicación para realizar streaming.

TABLA IV. 2 Características de la máquina designada para Servidor

Características	Valor
<i>Procesador</i>	Pentium(R) Dual- Core
<i>Velocidad del Procesador</i>	T4500 2.30GHz
<i>Memoria RAM</i>	3.00 GB
<i>Disco Duro</i>	300 GB
<i>Tipo de sistema</i>	32 bits
<i>Tarjeta gráfica</i>	Mobile Intel(R) 4 Series Express Chipset Family, de modelo Intel(R) GMA 4500MHD, posee un acelerador gráfico, con memoria dedicada de 128Mb, memoria compartida de 1231 Mb y una resolución de 1366 x 768.
<i>Otras características</i>	Wifi 802.11 b/g/n, webcam, Ethernet gigabit, micrófono, teclado, mouse, cargador.

Fuente: Elaboración propia de los autores

c) CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE PARA LA EMISIÓN DE VIDEO

Inicialmente VLC se lo conoce como un cliente de video LAN – Video LAN Client, es un reproductor de medios, capaz de reproducir los formatos de audio y video más difundidos de manera totalmente autónoma con un resultado excelente gracias a un tratamiento posterior de la imagen y el sonido con una calidad superior.

Actualmente VLC se lo puede configurar como servidor ya que todos los beneficios que en su momento mantuvo VLS se lo trasladó a VLC, por lo tanto ahora VLC puede ser usado como servidor para transmitir audio y video en vivo y sobre demanda en redes del protocolo versión cuatro y seis, sobre tráfico de unidifusión y multidifusión, con el soporte de CODEC's de audio y video, ya antes descritos.

VLC también puede ser usado como cliente, ya que permite recibir las tramas de video, decodificando y visualizando gran variedad de estándares, entre ellos el flujo MPEG sobre varios sistemas operativos debido a que es compatible para plataformas como: Windows, Linux, Mac e incluso para Set-top box.

Dependiendo el software que se seleccione para configurar streaming, los requisitos van a variar, a continuación en la **Tabla IV. 3** se visualiza las características mínimas y recomendadas para la instalación de VLC.

TABLA IV. 3 Requisitos de instalación para VLC

Características	Requisitos Mínimos	Requisitos Recomendaciones
<i>Procesador</i>	500 MHz	2.4 GHz
<i>Memoria RAM</i>	128 Mb	512 Mb
<i>Espacio Libre en el disco duro</i>	50 Mb	100 Mb

Fuente: Elaboración propia de los autores

A pesar de que VLC es una aplicación que viene y reconoce casi cualquier CODEC multimedia, es recomendable que antes de proceder a la instalación de dicho software, se instalen CODEC's multimedia de diferente soporte, para lo cual se procede a la ejecución de algunos comandos.

- Instalar el meta paquete "ubuntu-restricted-extras", el cual es usado para decodificar archivos de formato MP3, otros formatos de audio (plugins GStreamer), las fuentes de Microsoft y para crear archivos de audio comprimidos.

```
# sudo apt-get install ubuntu-restricted-extras
```

- Instalar la librería "libdvdcss", "libdvdcss2" para poder ver DVD's / CD's originales o comerciales:

```
# sudo apt-get install libdvdcss2
```

- Cuando se procede a la instalación de ubuntu-restricted-extras ya se instala la librería "libdvcdread4" en el directorio "/usr/share/doc", ahora sólo queda ejecutarlo con el siguiente comando:

```
# sudo /usr/share/doc/libdvcdread4/install-css.sh
```

La instalación de VLC es sumamente sencillo para lo cual es necesaria la ejecución de algunos comandos que se detallan a continuación:

- Se accede a los repositorios de video LAN y a obtener de este, la versión estable del software.

```
# sudo add-apt-repository ppa:videolan/stable-daily
```

- Actualización del sistema operativo.

```
# sudo apt-get update
```

- Instalación de la aplicación y del plugin correspondiente para el navegador que se tenga en la distribución.

```
# sudo apt-get install vlc browser-plugin-vlc
```

A continuación en la **Figura IV. 4** se presenta la pantalla principal del software VLC, luego de su instalación y listo para entrar en funcionamiento.

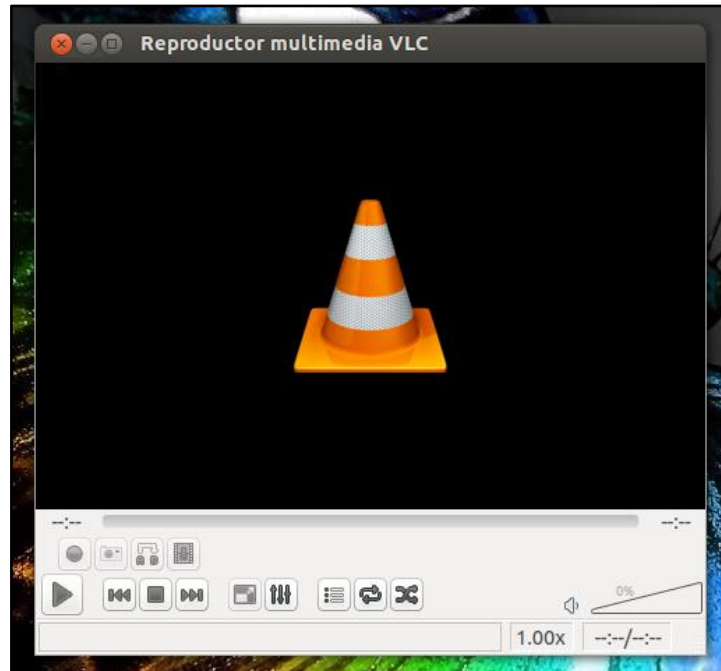


FIGURA IV. 4 Pantalla inicial de Software VLC en Ubuntu
Fuente: Elaboración propia de los autores

4.3.2. HARDWARE Y SOFTWARE DEL CLIENTE DE STREAMING DE VIDEO

a) SOFTWARE

Los clientes que se encuentren conectados a la red, van a poseer un sistema operativo de Windows o Linux. Si el cliente cuenta con un sistema operativo de software libre, es preferible que tenga instalado la distribución de Ubuntu en la misma versión que la instalada en el servidor, debido a las ventajas que presenta, si caso contrario el cliente posee un sistema operativo de software propietario, se aconseja que por el momento

maneje una versión conocida capaz de soportar IPv6 como: Windows Seven Ultimate, Home o Professional.

Cada máquina cliente además de contar con un sistema operativo, debe tener instalado y configurado un reproductor de multimedia, éste será capaz de recibir los flujos de información que el servidor de streaming este emitiendo, para el presente trabajo se necesita que cada cliente ya sea propietario o libre tenga instalado el software VLC.

b) HARDWARE

Se va a utilizar computadoras de escritorio y portátiles con diferentes características, en cuanto al sistema operativo, capacidad del procesador, memoria y sobre todo acelerador en las tarjetas de video gráficas se refiere.

A continuación en la **Tabla IV. 4**, se presenta las características de una de las maquinas portátiles utilizadas como cliente.

TABLA IV. 4 Características de la máquina cliente portátil

Características	Valor
Procesador	Intel(R) Core (TM)
Velocidad del Procesador	T6500 2.10GHz
Memoria RAM	2.00 GB
Disco Duro	320 GB
Arquitectura del sistema	32 bits
Sistema Operativo	Ubuntu 12.10
Características de la tarjeta de video	Mobile Intel(R) 4 Series Express Chipset Family, de modelo Intel(R) GMA 4500MHD, posee un acelerador gráfico, con memoria dedicada de 64Mb, memoria compartida de 1631 Mb, y una resolución de 1366 x 768.
Características de la tarjeta de red	Realtek PCIe FE Family Controller

Fuente: Elaboración propia de los autores

En la **Tabla IV. 5** mostrada a continuación se presenta las características de una de las máquinas de escritorio usadas como cliente de un sistema de multidifusión para la captura de datos.

TABLA IV. 5 Características de la máquina cliente de escritorio

Características	Valor
Procesador	Intel(R) Core
Velocidad del Procesador	I3-530 2.93 GHZ
Memoria RAM	DDR3 4 GB
Disco Duro	500 GB SATA 7200 RPM
Tarjeta Madre	INTEL DH55HC SOCKET 1156
Sistema Operativo	Windows 7, Ubuntu 12.10
Características de la tarjeta de video	Tarjeta de video Nvidia, de modelo Nvidia Geforce EVGA GT 640, con una frecuencia de memoria de 1 GB con una interfaz de 64-bit GDDR5, con una resolución de 2560 x 1600, con soporte para conectividad multimedia VGA, HMDI, Dual Link DVI-D
Características de la tarjeta de red	Realtek PCIe FE Family Controller

Fuente: Elaboración propia de los autores

4.4. EQUIPOS UTILIZADOS PARA UNA TRANSMISIÓN EN VIVO

Para este tipo de difusión se necesita de dispositivos importantes como lo son: tarjeta capturadora de video y una filmadora.

4.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA TARJETA CAPTURADORA Y FILMADORA

Tarjeta Capturadora de Video

La tarjeta utilizada es una EasyCAP de marca Syntek, la cual permite capturar vía USB 2.0, todo tipo de imágenes y vídeos, además de pasar a digital películas desde

videocámaras, videoconsolas, TV, VHS (Video de Sistema Casero), DVD, etc. Este accesorio dispone de cuatro conectores: los tres conectores conocidos RCA son audio estéreo y vídeo, el último conector se lo conoce como: S-VIDEO. Soporta control del brillo y contraste, soporta NTSC, PAL, SECAM, posee una entrada RCA Compuesto y una S-Video, es fácil, pequeño, transportable, tiene entrada de audio estéreo (RCA), su tamaño es de: 95 x 24 x 16 mm, originalmente compatible con Windows XP, vista 7 con arquitectura de x86/x64.

Filmadora

El dispositivo utilizado para captar video es una filmadora handycam de marca sony perteneciente a la serie dcr-sr33 que entre sus principales características tiene: grabar video, imágenes y audio con mayor intensidad, la filmadora posee un disco de almacenamiento interno de 40 gigas, que permite guardar más de una hora de video.

Además de éste almacenamiento la filmadora es compatible con memorias de almacenamiento externo como son las stick duo.

Esta filmadora posee una pantalla táctil en la cual se puede configurar ciertas características propicias para cada ambiente, permite grabar en lugares oscuros, posee un zoom de 40x, resolución de video efectiva de la cámara de 480 pixeles, los videos que se tenga en el disco interno pueden ser editados, eliminados y hasta dividir películas.

4.4.2. CONFIGURACIÓN DEL MÓDULO V4L2 PARA TARJETA CAPTURADORA DE VIDEO

V4L2 es la abreviatura que se le da a Video4Linux, es un driver que los administradores en Linux o computación cargan manualmente a los módulos del kernel de una

distribución de Linux, cuando el montaje de los dispositivos de video por alguna razón no fue detectada con éxito, ya que el funcionamiento de dicho driver se basa en conectar en el módulo del kernel una nueva dirección conocida como: "videodev", el mismo que proporciona funciones auxiliares y una interfaz de aplicación para los dispositivos de video externos que se conecten.

El dispositivo de video virtual v4l2loopback, es un driver para video4linux que permite hacer tuberías con señales de video. Este driver es usado como entrada para el programa que normalmente se comunica con el dispositivo de video4linux y la salida es usada con otros programas como por ejemplo: WebcamStudio o Mplayer, tomado de Blog Caballero [21].

Los dispositivos pueden soportar varias funciones relacionadas, por ejemplo la captura de video, superposición de video y la captura VBI, todas estas de una o de otra manera se encuentran relacionadas, ya que estas comparten varias funciones entre ellas la misma entrada de video y el sintonizador de frecuencia.

En la distribución seleccionada y ya instalada Ubuntu, se va a realizar la instalación del módulo v4l2loopback por medio de una serie de pasos descritos a continuación:

- Antes de empezar la instalación se debe proceder a la actualización del sistema operativo mediante el comando:

```
# sudo apt-get update
```

- Se procede a la instalación de las cabeceras del kernel de la distribución Ubuntu 12.10 y código fuente del módulo v4l2loopback con los siguientes comandos:

```
# sudo apt-get install linux-headers-3.12.0-031200-generic  
module-assistant
```

```
# sudo apt-get install v4l2loopback-source
```

- Seguidamente debe prepararse el módulo v4l2loopback, para lo cual se hace uso del module-assistant, este va ayudar a la compilación e instalación del módulo v4l2loopback mediante la ejecución de los siguientes comandos:

```
# sudo m-a prepare
```

```
# sudo m-a update
```

```
# sudo m-a a-i v4l2loopback-source
```

- Una vez acabado el proceso de instalación ya se cuenta con el módulo v4l2loopback en su distribución de Linux, sólo queda cargar dicho módulo al kernel (núcleo del sistema operativo), para ello se digita el siguiente comando:

```
# sudo modprobe v4l2loopback
```

- Se puede verificar si el módulo fue cargado correctamente con el siguiente comando:

```
# lsmod | grep v4l2loopback
```

- Existe un comando usado para verificar si durante el proceso de carga no ha habido errores, dicho comando funciona de manera opcional y es el siguiente:

```
# dmesg | grep v4l2loopback
```

- Se puede verificar si el modulo del dispositivo de video fue instalado y creado correctamente en el directorio /dev diguitando lo siguiente:

```
# ls /dev/video*
```

- Por último se debe configurar que el módulo para el dispositivo de video se cargue automáticamente cuando se prenda y arranque el sistema operativo Ubuntu, para lo cual se ejecuta el siguiente comando:

```
# echo "v4l2loopback" >> /etc/modules
```

- Como el fichero donde se quiere editar no posee los permisos necesarios de súper usuario saldrá un error, para corregir eso, se debe ejecutar previamente el siguiente comando:

```
# sudo chmod 777 /etc/modules
```

- Finalmente se debe reiniciar el equipo para que cargue por defecto el módulo instalado al sistema operativo mediante la ejecución del siguiente comando:

```
# sudo reboot
```

4.5. HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA GENERAR CONGESTIÓN

Se debe tener en cuenta que las redes nunca van a estar libres de congestión, ya que los enlaces de red en cualquier organización, son destinados para el paso de información de diferente tipo.

Para el presente estudio se llevará a cabo la evaluación de los CODEC's considerando la congestión del enlace, entre ellos se tendrá el enlace sin congestión, el cual se basa en usar toda la capacidad del canal solo para el paso de un tipo de datos, en este caso para transmisiones de video.

Otras consideraciones de los enlaces son la congestión moderada y fuerte, las cuales consisten en dedicar la capacidad del canal para transmitir información de diferente tipo, sobrecargando el enlace, en este caso se usará para transmitir datos de video y archivos de tipo TCP con diferente número de paquetes y tiempo.

Para la generación de paquetes se utiliza el software Ostinato por su facilidad de uso, libre distribución, velocidad y eficiencia, ya que tiene la capacidad de crear tráfico en la red desde el cliente al servidor tal y como se presenta en la **Figura IV. 5**.

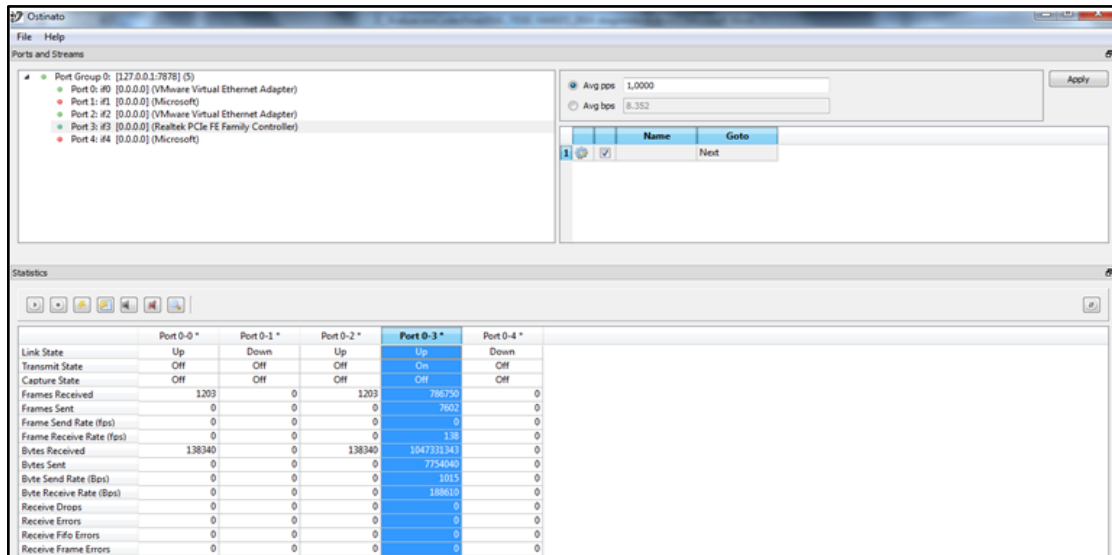


FIGURA IV. 5 Pantalla de configuración de Ostinato
Fuente: Elaboración propia de los autores

Ostinato es un software de distribución libre no licenciada con las siguientes características:

- Compatible tanto para Windows como para Linux.
- Permite la creación de paquetes (TCP, UDP, ICMP (Protocolo de Mensajes de Control de Internet.), IGMP, MLD) para congestionar la red.
- Permite configurar el paso de paquetes en distinto tipo de redes como son: IPv4, IPv6, IPv4 over IPv6, ARP, IPv6 over IPv4.

Para la congestión moderada se va a llevar a cabo la transmisión de 50000 paquetes, con una longitud de la trama de 1024, los cuales se irán enviando en un tiempo de 10 paquetes por segundo, tal como se presenta la **Figura IV. 6**.

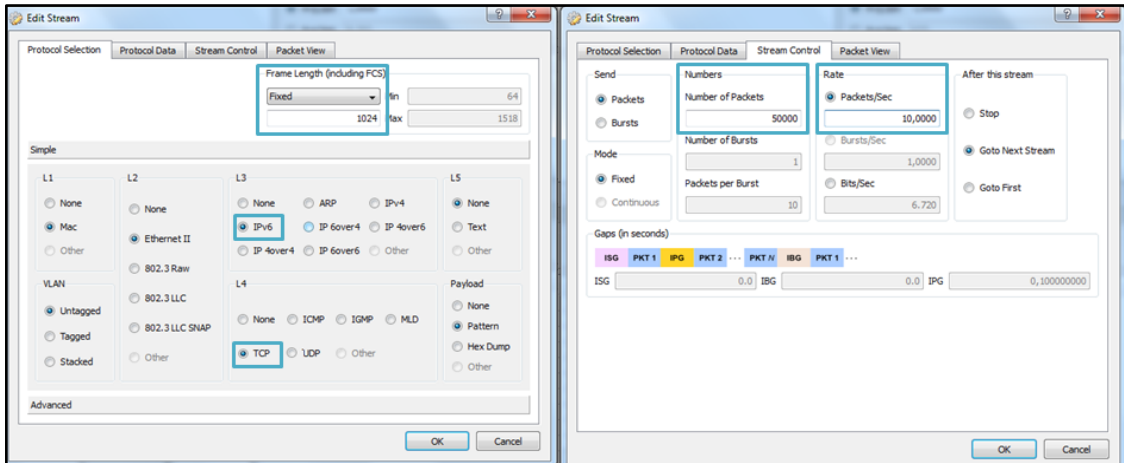


FIGURA IV. 6 Configuración de Ostinato para una congestión moderada
Fuente: Elaboración propia de los autores

Para producir una congestión fuerte se procede a generar 100000 paquetes con una longitud de la trama de 1024, los cuales se van a ir generando en un tiempo de 20 paquetes por segundo, tal como se visualiza en la **Figura IV. 7**.

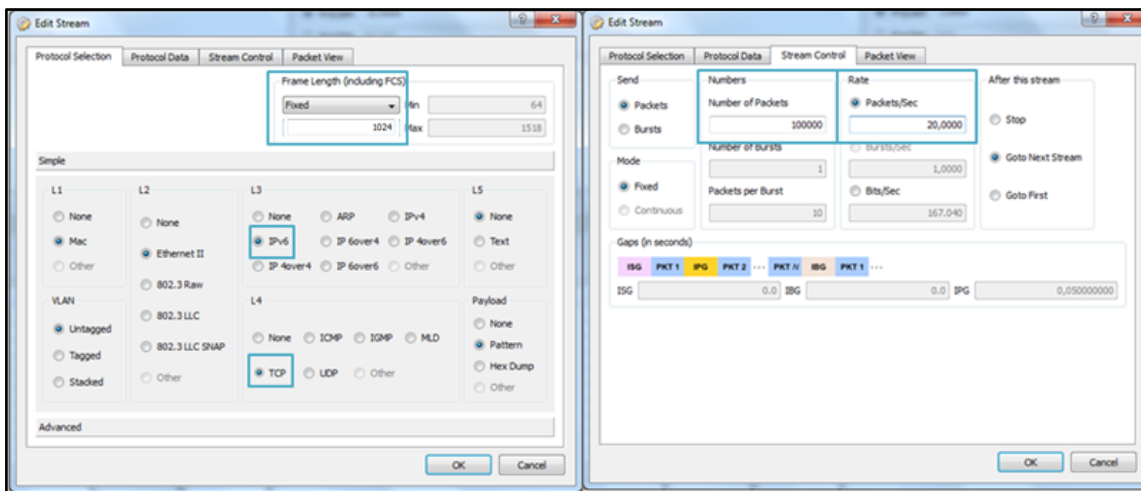


FIGURA IV. 7 Configuración de Ostinato para una congestión fuerte
Fuente: Elaboración propia de los autores

4.6. CONFIGURACIÓN DE LOS CODEC's EN EL SERVIDOR PARA GENERAR EMISIÓN

a) CONFIGURACIÓN DEL CODEC H.264 PARA STREAMING DE VIDEO SOBRE DEMANDA Y EN VIVO.

▪ Configuración sobre demanda

Mediante la utilización del software VLC, instalado en el servidor de streaming, se procede a la emisión de videos sobre demanda, con la codificación H.264 para lo cual se realiza el siguiente proceso:

- ✓ En el software VLC, en la barra de menús, se pulsa en la pestaña Medio, y se selecciona la opción Emitir.

- ✓ Con esta opción se obtiene una ventana titulada “Abrir Medio”, en la cual se tiene 4 opciones que son: Archivo, Disco, Red, Dispositivo de Captura; de estas opciones se selecciona la opción Archivo, en ésta se pulsa el botón añadir, para agregar el video que se desea transmitir en la red en este caso con extensión .MP4, ubicado en el disco local o cualquier otro dispositivo de almacenamiento, tal como se muestra en la **Figura IV. 8**, luego se pulsa el botón emitir.

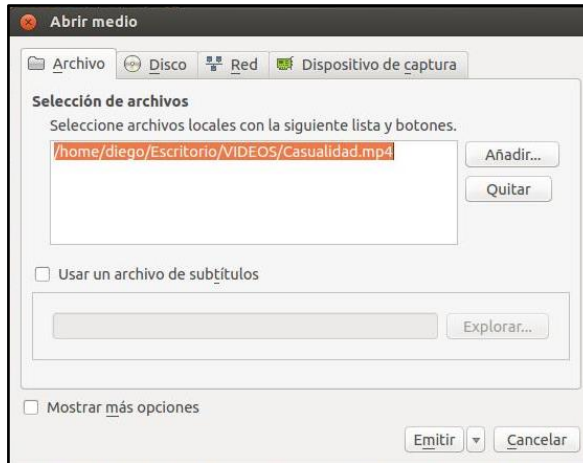


FIGURA IV. 8 Abrir medio para CODEC H.264
Fuente: Elaboración propia de los autores

- ✓ En la siguiente ventana se procede a configurar el destino y las opciones de transcodificación del video, para el destino se elige el protocolo: RTP/MPEG Transport Stream y se pulsa en el botón Añadir, dicha acción despliega una ventana, donde se digita la dirección del grupo de Multicast ff7e:240:2001:2:2:2:0:1, y el puerto 5001. En la opción de transcodificación se escoge el perfil del CODEC a evaluar, y se pulsa en siguiente, tal como se presenta en la **Figura IV. 9**.

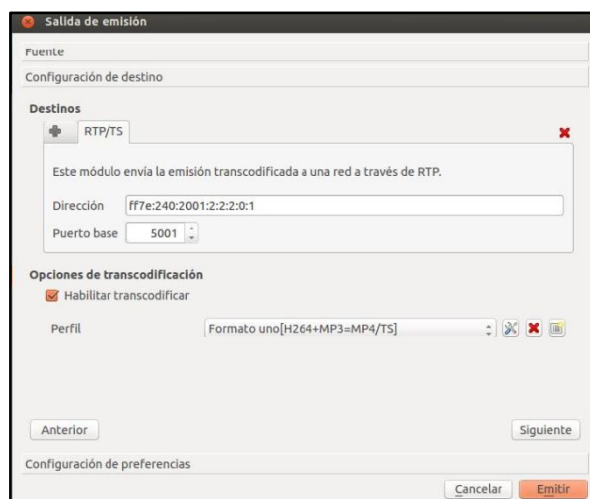


FIGURA IV. 9 Configuración de destino sobre demanda para CODEC H.264
Fuente: Elaboración propia de los autores

- ✓ Finalmente en la pestaña de configuración de preferencias, se habilita la opción emitir todas las emisiones elementales y el Tiempo de Vida (TTL) que será configurado en su máximo valor 255, luego se da clic en emitir, tal como se visualiza en la **Figura IV. 10**.

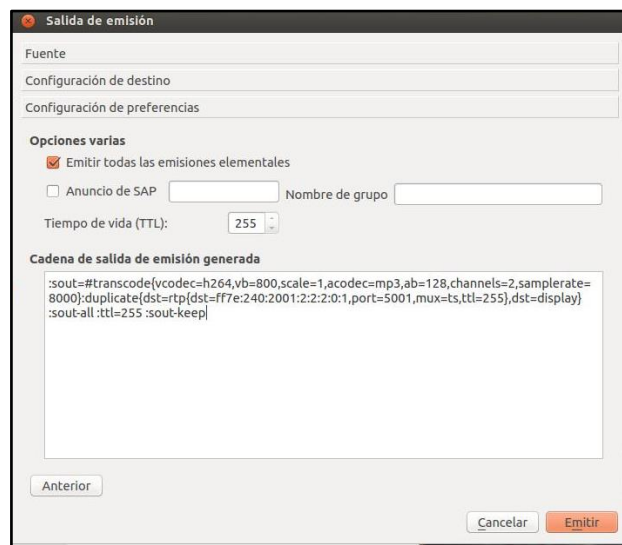


FIGURA IV. 10 Configuración de preferencias difusión sobre demanda
Fuente: Elaboración propia de los autores

▪ Configuración en vivo

Mediante la utilización del software VLC, instalado en el servidor de streaming, se procede a la emisión de videos en vivo, con la codificación H.264 para lo cual se realiza el siguiente proceso:

- ✓ En el software VLC, en la barra de menús, se pulsa en la pestaña Medio, y se selecciona la opción Emitir.
- ✓ Con esta opción se obtiene una ventana titulada “Abrir Medio”, en la cual se tiene 4 opciones que son: Archivo, Disco, Red, Dispositivo de Captura; de estas opciones se selecciona la opción Dispositivo de Captura, en esta pantalla se escoge el modo de captura Video for Linux 2, en la selección de dispositivo se elige el nombre del dispositivo de

video de la tarjeta capturadora que el sistema operativo detecte por lo general /dev/video1, seguidamente se escoge el nombre del dispositivo de audio hw:0,0, luego de esto se selecciona y se da clic en Emitir, tal como se presenta en la **Figura IV. 11**.

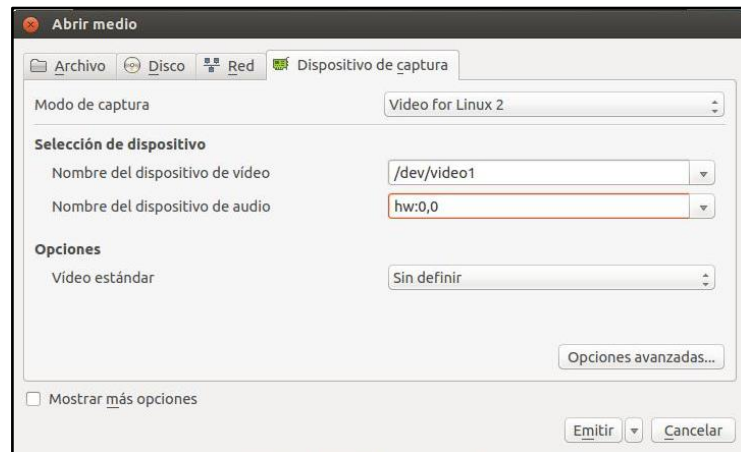


FIGURA IV. 11 Configuración de dispositivo de captura
Fuente: Elaboración propia de los autores

- ✓ En la siguiente ventana se procede a configurar el destino y las opciones de transcodificación del video, tal como se lo describió en la difusión sobre demanda **Figura IV. 9**.

- ✓ Finalmente en la pestaña de configuración de preferencias, se habilita la opción emitir todas las emisiones elementales y el Tiempo de Vida que será configurado en su máximo valor 255. luego se da clic en emitir, tal como se presenta en la **Figura IV. 10**.

b) CONFIGURACIÓN DEL CODEC XVID PARA STREAMING DE VIDEO SOBRE DEMANDA Y EN VIVO.

▪ Configuración sobre demanda

Para la emisión de videos sobre demanda mediante la codificación de Xvid, se realiza pasos similares a los hechos en el CODEC H.264, las principales diferencias se detallan a continuación.

- ✓ Cuando se selecciona la opción Archivo, se procede a agregar el video con extensión .AVI que se desea transmitir en la red, ubicado en el disco local o cualquier otro dispositivo de almacenamiento, para lo cual se pulsa el botón añadir, tal como se muestra en la **Figura IV. 12**, luego se pulsa el botón Emitir.

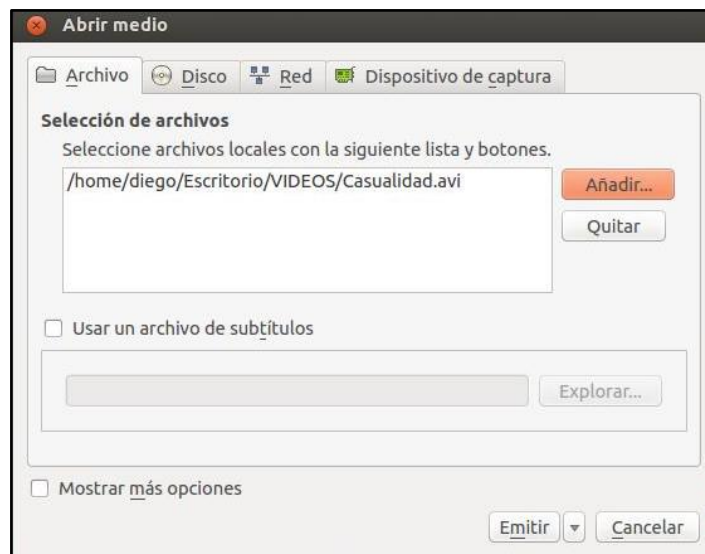


FIGURA IV. 12 Abrir medio para CODEC Xvid

Fuente: Elaboración propia de los autores

1. En la siguiente ventana se procede a configurar el destino y las opciones de transcodificación del video, para el destino se elige el protocolo: RTP/MPEG Transport Stream y se pulsa en el botón Añadir, dicha acción despliega una ventana, donde se digita la dirección del grupo de

Multicast ff7e:240:2001:2:2:2:0:1, y el puerto 5001. En la opción de transcodificación se escoge el perfil del CODEC a evaluar (Xvid), y se pulsa en siguiente, tal como se presenta en la **Figura IV. 13**.

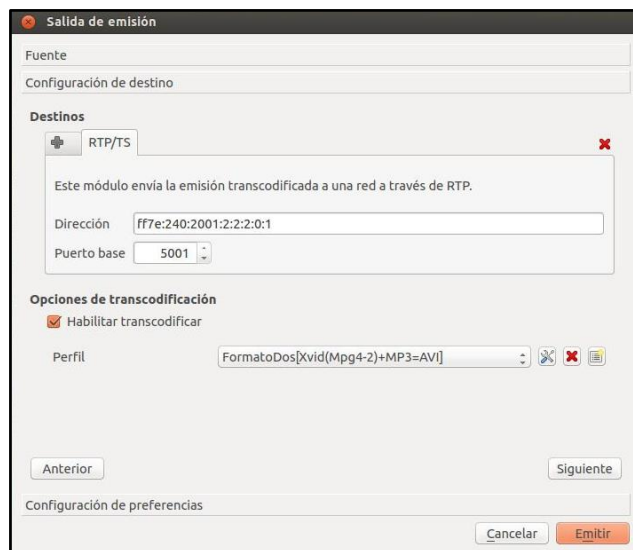


FIGURA IV. 13 Configuración de destino sobre demanda para CODEC Xvid
Fuente: Elaboración propia de los autores

- **Configuración en vivo**

Para la difusión de video en vivo mediante la utilización de la codificación Xvid se procede a realizar pasos similares a los del CODEC H.264 en vivo, con la única diferencia que en la elección de perfiles se selecciona el correspondiente a la transcodificación del CODEC a evaluar (Xvid) tal como se representa en la **Figura IV. 13**.

c) **CONFIGURACIÓN DEL CODEC THEORA PARA STREAMING DE VIDEO SOBRE DEMANDA Y EN VIVO.**

▪ **Configuración sobre demanda**

Los pasos a seguir para la emisión de videos sobre demanda mediante la codificación de Theora son similares a los hechos en el CODEC H.264, las principales diferencias se detallan a continuación.

- ✓ Cuando se selecciona la opción Archivo, se procede a agregar el video que se desea transmitir en la red, ubicado en el disco local o cualquier otro dispositivo de almacenamiento donde se encuentra el video con la extensión .OGG, para lo cual se pulsa el botón añadir, tal como se muestra en la **Figura IV. 14**, luego se pulsa el botón emitir.

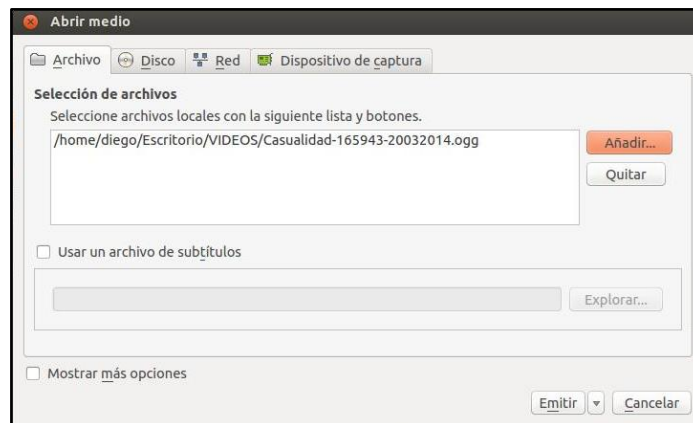


FIGURA IV. 14 Abrir medio para CODEC Theora

Fuente: Elaboración propia de los autores

- ✓ En la siguiente ventana se procede a configurar el destino y las opciones de transcodificación del video, para el destino se elige el protocolo: RTP/MPEG Transport Stream y se pulsa en el botón Añadir, dicha acción despliega una ventana, donde se digita la dirección del grupo de Multicast ff7e:240:2001:2:2:2:0:1, y el puerto 5001. En la opción de

transcodificación se escoge el perfil del CODEC a evaluar (Theora), y se pulsa en siguiente, tal como se presenta en la **Figura IV. 15**.

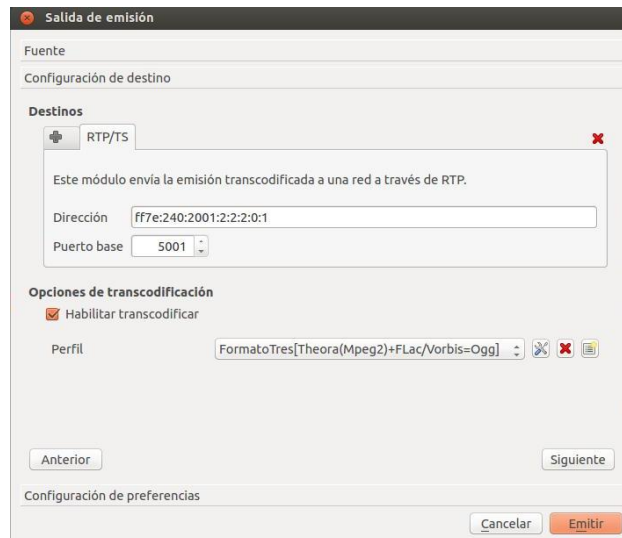


FIGURA IV. 15 Configuración de destino sobre demanda para CODEC Theora
Fuente: Elaboración propia de los autores

- **Configuración en vivo**

Para la difusión de video en vivo mediante la utilización de la codificación Theora se procede a realizar pasos similares a los del CODEC H.264 y CODEC Xvid en vivo, con la única diferencia que en la elección de perfiles se selecciona el correspondiente a la transcodificación del CODEC a evaluar (Theora), tal como se visualiza en la **Figura IV. 15**.

4.7. CONFIGURACIÓN DEL CLIENTE PARA RECIBIR EMISIÓN

El cliente de un grupo de multidifusión necesita recibir las transmisiones multimedia, para ello se accede al software VLC, donde se selecciona la pestaña Medio de la barra de menú y se da clic en Abrir volcado de red, en esta ventana se procede a escribir la dirección del grupo de Multicast del cual se desea recibir el video, dando a conocer el

protocolo y el puerto específico para recibir la transmisión, tal como se presenta en la **Figura IV. 16.**

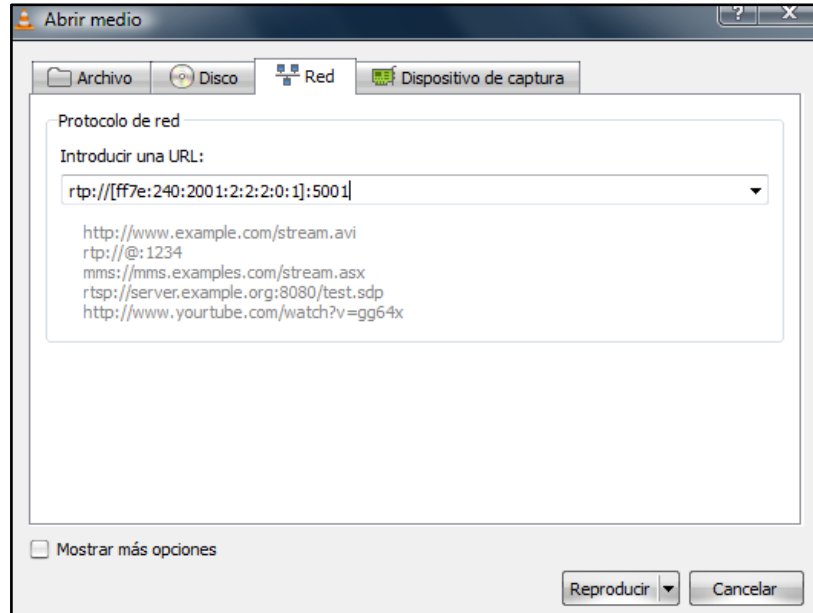


FIGURA IV. 16 Abrir volcado de red en un cliente de multidifusión
Fuente: Elaboración propia de los autores

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La parte fundamental en el desarrollo de un proyecto de tesis es el poder llegar a la etapa de análisis de resultados, la cual consiste básicamente en entrelazar los datos y resultados que se encontraron en la investigación con la información de la base teórica, para poder interpretar la información obtenida y al final emitir conclusiones importantes.

El presente capítulo tiene como propósito detallar el número de pruebas a realizar, las principales características de los indicadores utilizados para la comprobación de la hipótesis, además de detallar y analizar los datos obtenidos en cada uno de los escenarios mediante tablas y cuadros estadísticos, con la finalidad de establecer diferencias y poder identificar el mejor CODEC de video y así poder emitir conclusiones y recomendaciones.

5.1. DETERMINACIÓN DE ESCENARIOS Y NÚMERO DE PRUEBAS

Para determinar el número de escenarios se utilizó el diagrama de árbol, el cual es una gráfica en forma de árbol, en donde sus ramas vienen a representar todos los posibles experimentos y resultados que se pueden obtener de una comprobación y experimentación aleatoria.

En esta investigación se tiene en cuenta el tipo de streaming, el tipo de congestión y los CODEC's de video a comparar, por tal motivo a continuación se representa la **FIGURA V. 1**, el diagrama de árbol resultante, mediante el cual se logró establecer un total de 18 escenarios, los cuales llevó a cabo para poder determinar el mejor CODEC en las distintas transmisiones.

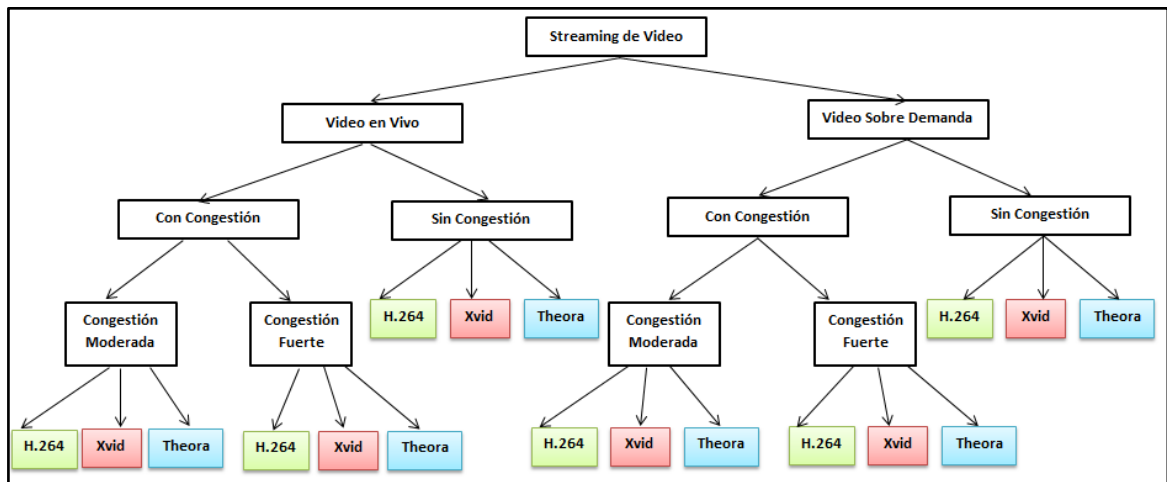


FIGURA V. 1 Diagrama de Árbol
Fuente: Elaboración propia de los autores

Una vez determinado el número de escenarios, es imprescindible determinar el número de pruebas a realizar para cada uno de estos, por tal motivo se toma en cuenta las recomendaciones por parte de la IETF (Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet), documentos de la ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones) relacionados con Quality of Service and Network Performance que van desde la sección Y.1500

hasta la sección Y.1599, y distintos RFC como: RFC 2544 Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices [22] y RFC 1242 Benchmarking Terminology for Network Interconnection Devices [23], ya que en estos documentos se da a conocer la manera de evaluación para cada uno de los parámetros de medición del rendimiento, recomendando claramente que las pruebas durarán entre 60 y 120 segundos y, se repetirán entre 10 a 20 veces, de acuerdo a la complejidad de la infraestructura y la rigurosidad del análisis.

Para la ejecución de las pruebas en esta investigación se utilizó un tiempo de 80 segundos en las transmisiones de video en vivo y sobre demanda con repeticiones de 20 veces para cada escenario.

En la transmisión en vivo se debe considerar la falta de presencia de un tope de transmisión o tiempo límite, ya que mientras la cámara este prendida y capturando video se puede seguir realizando pruebas.

Para una transmisión sobre demanda, sí se cuenta con un tiempo máximo de duración, debido a que se transmite videos pregrabados en discos duros que poseen un tiempo inicial y final, para el presente estudio se usó un video con una duración de 5 minutos 11 segundos titulado “Casualidad”.

La duración del tiempo para videos sobre demanda se lo elije debido a datos estadísticos obtenidos por parte del INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) en encuestas tituladas: “Uso del tiempo”, las mismas que indican, que una persona en Ecuador de edad media, dedica su tiempo de entre mínimo 3 minutos hasta un tiempo promedio de 1 hora 30 minutos a mirar televisión o videos en internet.

5.2. PARÁMETROS PARA ANALIZAR EL RENDIMIENTO EN REDES

La recomendación E.800 (Terms and Definition Related to Quality of Service) de la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones), define al rendimiento de una red como: “La habilidad de una red o una porción de la misma para proveer funciones relativas a comunicaciones entre usuarios”, por tal razón para el presente trabajo se considera que el rendimiento de la red es la capacidad y la velocidad que se posee para transferir datos de un extremo de la red al otro.

A continuación se da a conocer las características de los indicadores usados para la medición del rendimiento en una red como son: latencia, jitter, ancho de banda y pérdida de paquetes.

Cabe mencionar que dichos indicadores coinciden con los de la metodología recomendada por el RFC 2544 Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices [22] y que además la eficiencia que debe presentar el tráfico de video en la red también involucra estos valores.

5.2.1. PÉRDIDA DE PAQUETES

Se debe considerar que la pérdida de paquetes en una red se produce por diferentes motivos entre ellos: porque los paquetes se demoraron en llegar a su destino y se los descarta en el camino, por sobrepasar el tiempo de vida útil o por falta de memoria en el buffer, se tiene un ancho de banda demasiado limitado para cierto tipo de información o simplemente el canal de comunicaciones está demasiado saturado con mucho tráfico en la red.

Como ya se mencionó el presente estudio va hacer uso de paquetes UDP ya que estos no están orientados a la conexión y facilitan en gran medida las transmisiones de video en la red.

5.2.2. LATENCIA

La latencia o retardo según el RFC 2544 Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices [22] sección 3.8, es el intervalo de tiempo que comienza cuando el final del primer bit de la trama entrante alcanza el puerto de entrada y termina cuando el comienzo del primer bit de la misma trama es visto en el puerto de salida.

En una definición más concreta y clara se menciona entonces que la latencia, es el tiempo en que una trama o paquete de datos, tarda en hacer su recorrido desde la estación que está emitiendo el video hasta la estación que la recibe.

Es importante determinar con exactitud la cantidad de latencia que existe en la ruta entre el origen y el destino para las LAN y las WAN (Red de Área Amplia), ya que además del retraso físico en la transmisión se le añade el retraso en el empaquetado IP de las muestras, retraso de los propios equipos de encaminamiento (routers, switch, etc.) y sobre todo retardo que se genera con la utilización de los CODEC.

La latencia es uno de los factores claves para tener en cuenta en una transmisión de video, ya que este factor implica mucho en la satisfacción con el usuario, por ejemplo: en una emisión de fútbol en vivo el usuario no va a tolerar que la imagen llegue mucho después de lo que el sonido ya le predijo.

5.2.3. JITTER

El Jitter también conocido como efecto de fluctuación en la red, es la variación que se produce en el tiempo desde que se generan los paquetes en el emisor, hasta que se reciben dichos paquetes en el receptor.

El proceso que el jitter realiza es complejo, ya que al momento de que los usuarios reciban los paquetes, internamente se está forzando al decodificador a recoger los paquetes, juntarlos, empaquetarlos y entregarlos al usuario final, debido a ello este proceso puede causar problemas en la latencia.

Las comunicaciones que se realizan en tiempo real como video conferencias o video clases sienten aún más el efecto que genera el jitter. La manera de solucionar dicho inconveniente es reservando un espacio del ancho de banda que el enlace posea o incorporando enlaces con mayor velocidad (100 Mb (Megabit) Ethernet, E3/T3, SDH (Jerarquía Digital Síncrona)).

5.2.4. ANCHO DE BANDA

El ancho de banda puede ser clasificado como una relación entre costo y calidad, donde sí se invierte más dinero se consigue añadir más ancho de banda a los enlaces y por ende se tiene más capacidad y rapidez para el envío y recepción de la información.

El ancho de banda no es más que la cantidad de datos que se manda en un enlace de la red informática durante un tiempo determinado, por tal motivo este indicador se mide en mega bits, kilo bits o en Bps (bits por segundo).

La codificación y compresión de los datos se encuentra directamente ligada con el ancho de banda, puesto que a mayor compresión de los datos menos consume la capacidad del enlace.

5.3. HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA MEDIR EL RENDIMIENTO

Es común que investigadores y/o administradores de red necesiten medir distintos indicadores de red, para lo cual existen varias herramientas disponibles que cumplen con dicho propósito, pero no todas las herramientas poseen las mismas características o evalúan los mismos parámetros de rendimiento.

Para llevar a cabo la medición del rendimiento que presentan los CODEC's en cada uno de los escenarios, se han seleccionado algunas herramientas por su eficiencia, gratuidad y popularidad, como son los software: Iperf, Jperf y Wireshark.

- ***Iperf***: dicha herramienta es de código libre, software no licenciado, funciona mediante la ejecución de comandos a través de consolas, entre sus características permite medir las fluctuaciones en la red, ancho de banda, pérdida de paquetes y crear flujos de datos UDP con diferentes tamaños de tramas Ethernet tal como lo describe el RFC 2544 Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices [22].
- ***Jperf***: es la herramienta en modo gráfico que le complementa a la herramienta de software libre Iperf, dicho programa funciona bajo el lenguaje de programación Java.
- ***Wireshark***: es la herramienta más sofisticada para analizar y capturar paquetes, cabeceras, tráfico en la red, permite verificar el funcionamiento de protocolos y

hasta descubrir claves personales cuando se realiza conexiones a internet mediante una red inalámbrica.

- **Comandos para monitorear una red:** Además de hacer uso de los software ya descritos, se hará uso de comandos básicos utilizados para verificar la conexión de una máquina con otra en una red, tanto con el protocolo IPv6 e IPv4 como son: el ping, ping6, route y traceroute, dichos comandos serán útiles para la medición de la latencia.

5.4. VALORES REFERENCIALES PARA ANÁLISIS DE INDICADORES DEL RENDIMIENTO

5.4.1. PÉRDIDA DE PAQUETES

Rango de evaluación:

La pérdida de paquetes máxima admitida para que no se degrade la comunicación deber ser inferior al 1%. Pero es bastante dependiente del códec que se utiliza.

Cuanto mayor sea la compresión del CODEC más pernicioso es el efecto de la pérdida de paquetes.

Si la perdida de paquetes sobrepasa el 2% provoca que el video sea de tan mala calidad que los usuarios prefieren no verlo, aunque el audio puede sonar algo aceptable la imagen no llega por eso definitivamente la pérdida de paquetes por arriba del 2 % es totalmente inaceptable en un video de calidad empresarial.

Modo de evaluación:

Para poder obtener el porcentaje de los paquetes perdidos en cada una de las transmisiones de video en vivo y sobre demanda se va a ejecutar la herramienta Jperf/Iperf por un tiempo de 80 segundos en 20 repeticiones sucesivas por cada uno de los escenarios descritos en la **Figura V. I** tal como se presenta en el **Anexo 2**, ya que esta herramienta permite obtener el número de datagramas enviadas, datagramas transferidas y el ancho de banda consumido.

5.4.2. LATENCIA

Rango de evaluación:

Debido a lo citado se puede recalcar que la latencia influye en las comunicaciones, por tal motivo se describe a continuación ciertos valores de referencia obtenidos del documento ITU-T G.114 [24], en el cual se detalla los valores que debe poseer la latencia en una transmisión, dichos valores serán usados para llevar a cabo la evaluación en el presente trabajo.

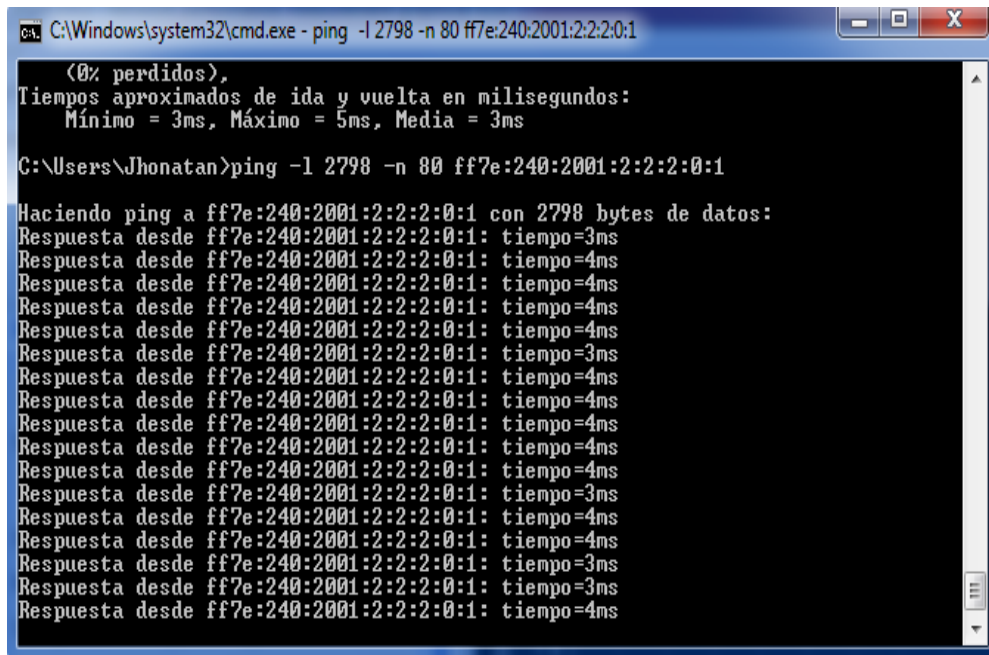
Los rangos de valores de la latencia son aceptables si se mantuvieran por debajo de los 150 ms (Milisegundos) ya que no afectaría de modo significativo a la mayoría de las aplicaciones. Pero si los retardos superan los 400 ms afecta gravemente a tareas interactivas.

Forma de evaluación:

Para la medición y captura de datos de la latencia se utiliza el comando **ping**, ya que permite verificar la conexión y el tiempo de conexión que tiene una máquina con otra en la red, por tal motivo se va a generar por cada uno de los escenarios descritos en la

Figura V. 1 repeticiones de 80 pines sucesivos con una longitud de la trama de 2798 bytes que resulta ser la sumatoria de los valores recomendables más significativos de una trama Ethernet según el RFC 2544 Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices [22], durante la emisión de video en vivo y sobre demanda, los valores de cada escenario se detallan en el **Anexo 2**.

Para mejor comprensión de lo mencionado, a continuación en la **Figura V. 2** se puede visualizar la ejecución del comando desde la máquina cliente hacia la fuente emisora en uno de los escenarios antes planteados.



```
C:\Windows\system32\cmd.exe - ping -l 2798 -n 80 ff7e:240:2001:2:2:0:1
(0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 3ms, Máximo = 5ms, Media = 3ms
C:\Users\Jhonatan>ping -l 2798 -n 80 ff7e:240:2001:2:2:0:1
Haciendo ping a ff7e:240:2001:2:2:0:1 con 2798 bytes de datos:
Respuesta desde ff7e:240:2001:2:2:0:1: tiempo=3ms
Respuesta desde ff7e:240:2001:2:2:0:1: tiempo=4ms
Respuesta desde ff7e:240:2001:2:2:0:1: tiempo=4ms
Respuesta desde ff7e:240:2001:2:2:0:1: tiempo=4ms
Respuesta desde ff7e:240:2001:2:2:0:1: tiempo=4ms
Respuesta desde ff7e:240:2001:2:2:0:1: tiempo=3ms
Respuesta desde ff7e:240:2001:2:2:0:1: tiempo=4ms
Respuesta desde ff7e:240:2001:2:2:0:1: tiempo=4ms
Respuesta desde ff7e:240:2001:2:2:0:1: tiempo=4ms
Respuesta desde ff7e:240:2001:2:2:0:1: tiempo=4ms
Respuesta desde ff7e:240:2001:2:2:0:1: tiempo=4ms
Respuesta desde ff7e:240:2001:2:2:0:1: tiempo=3ms
Respuesta desde ff7e:240:2001:2:2:0:1: tiempo=4ms
Respuesta desde ff7e:240:2001:2:2:0:1: tiempo=4ms
Respuesta desde ff7e:240:2001:2:2:0:1: tiempo=3ms
Respuesta desde ff7e:240:2001:2:2:0:1: tiempo=3ms
Respuesta desde ff7e:240:2001:2:2:0:1: tiempo=4ms
```

FIGURA V. 2 Visualización del comando para comprobar la latencia
Fuente: Elaboración propia de los autores

5.4.3. JITTER

Rango de evaluación:

Los valores recomendados para el jitter entre el punto inicial y final de una comunicación de video debería ser menor que 50 ms para ser considerada como aceptable, esto según la recomendación descrita en el ITU-T Y.1541 [25].

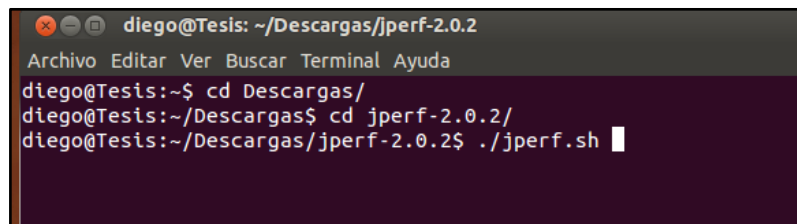
Modo de evaluación:

Para llevar a cabo la medición y captura de datos del indicador jitter se utiliza la herramienta Jperf/Iperf, la cual se va a configurar como servidor y cliente.

- *Configuración Jperf/ Iperf como servidor*

Como el servidor de streaming está configurado en la distribución de Ubuntu, Iperf también debe estar configurado allí, es por eso que se procede a la instalación por medio de paquetes y comandos para finalmente ingresar al programa seleccionando cualquiera de las siguientes opciones:

- La primera es mediante la ejecución del comando `./jperf.sh` por medio de la consola, cabe recalcar que para ejecutar dicho comando se debe ubicar bajo el directorio que lo contenga, tal como se presenta en la **Figura V. 3** a continuación:



```
diego@Tesis: ~/Descargas/jperf-2.0.2
Archivo Editar Ver Buscar Terminal Ayuda
diego@Tesis:~$ cd Descargas/
diego@Tesis:~/Descargas$ cd jperf-2.0.2/
diego@Tesis:~/Descargas/jperf-2.0.2$ ./jperf.sh
```

FIGURA V. 3 Ingreso a Jperf/Iperf por medio de comando

Fuente: Elaboración propia de los autores

- Otra manera de ingresar al programa Iperf en Ubuntu es gráficamente para lo cual se ingresa a la carpeta que contenga el archivo correspondiente a Iperf, para darle doble clic y pulsar en ejecutar, tal como se presenta en la **Figura V. 4** a continuación:

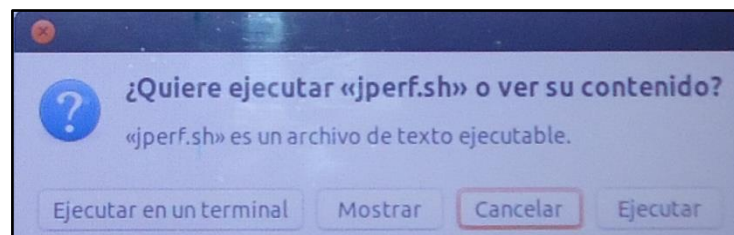


FIGURA V. 4 Ingreso a Jperf/Iperf en modo gráfico

Fuente: Elaboración propia de los autores

Una vez ubicado en el programa se selecciona la opción “server” para configurarlo como servidor, el servidor va a escuchar los paquetes de tipo UDP por el puerto 5001 ya que por ese puerto y con ese tipo de información UDP se va a realizar las comunicaciones, para mejor comprensión se presenta la **Figura V. 5** a continuación.

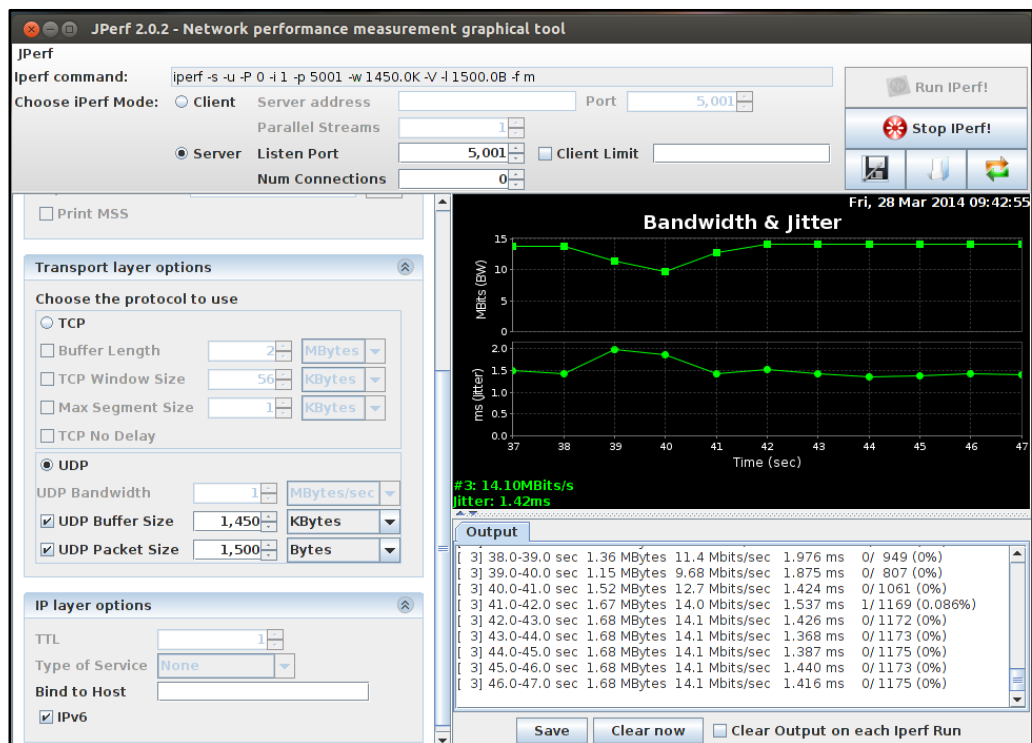


FIGURA V. 5 Jperf/Iperf en modo servidor
Fuente: Elaboración propia de los autores

- Configuración Jperf/ Iperf como cliente:

Para la ejecución del programa Jperf en la máquina cliente con sistema operativo Windows se debe ingresar dando doble clic en el archivo Jperf.jar, una vez ingresado al programa se selecciona la opción “Client”, se da a conocer la dirección con la cual se va a llevar a cabo la comunicación y el análisis, es decir la dirección del servidor streaming, seguidamente se da a conocer el puerto 5001

por el cual se va a emitir la información, finalmente se configura el tamaño del paquete y el tiempo que va a tener esta prueba. Para la configuración del tamaño de paquetes UDP se da a conocer que los enlaces tienen una capacidad de ancho de banda de 1, 875 MB (Mega Bytes), un tamaño de buffer y tamaño de trama otorgados automáticamente al momento de activar la opción “tipo de tráfico” IPv6. Durante la transmisión del video en vivo o sobre demanda se envió tráfico desde el cliente al servidor durante 80 segundos con intervalos de tiempo de un segundo tal como se visualiza en la **Figura V. 6** expuesta a continuación:



FIGURA V. 6 Jperf/Iperf en modo cliente

Fuente: Elaboración propia de los autores

Una vez detallado el proceso de configuración de Jperf/Iperf como cliente y como servidor, se menciona entonces que dicho proceso de emisión y escucha de la herramienta se va a ejecutar 20 veces durante la emisión del video en vivo y sobre demanda para cada uno de los escenarios descritos en la **Figura V. I** con una duración de envío de 80 segundos, dichos datos obtenidos por cada escenario se detalla en el **Anexo 2**.

5.4.4. ANCHO DE BANDA

Rango de evaluación:

Como ya se mencionó en el capítulo IV sección 4.1.3, titulado Diseño y Funcionamiento del Escenario de Pruebas, los requisitos de ancho de banda de video van a variar desde los 56 Kbps hasta los 15 Mbps, estos requisitos de ancho de banda son altamente superior a los requisitos de audio que varían desde 8 Kbps hasta 128 Kbps, aunque en un sistema de streaming multimedia o en una video llamada se da mayor prioridad al audio, ya que la pérdida de audio es más irritante para la salud humana que la de video.

Modo de evaluación:

Para poder obtener el consumo del ancho de banda se va a ejecutar la herramienta Jperf/Iperf por un tiempo de 80 segundos, durante las transmisiones de video en vivo y sobre demanda, la ejecución de esta herramienta se la va a realizar 20 veces por cada uno de los escenarios descritos en la **Figura V. I**, ya que esta herramienta permite obtener el número de datagramas enviadas, datagramas transferidas y el ancho de banda consumido, dichos datos obtenidos por cada uno de los escenarios se detalla en el **Anexo 2**.

Una vez detalla la manera de evaluación y el rango de cada uno de los parámetros que se consideran para analizar el rendimiento, a continuación en la **Tabla V. 1** se describen los valores aceptables e inaceptables de cada uno de estos parámetros, además de mencionar la herramienta necesaria para llevar a cabo la captura y medición de cada indicador.

TABLA V. 1 Valoración cuantitativa en la medición del rendimiento

Parámetros de medición	Valoración		Herramienta para hacer mediciones
	Aceptable	Inaceptable	
<i>Latencia</i>	< 150 ms	> 400 ms	Ping
<i>Jitter</i>	< 50 ms	> 50 ms	Jperf/Iperf
<i>Ancho de Banda</i>	56 Kbps - 15 Mbps	> 15 Mbps	Jperf/Iperf
<i>Pérdida de Paquetes</i>	< 1%	> 2 %	Jperf/Iperf

Fuente: Elaboración propia de los autores

5.5. PROCESAMIENTO DE RESULTADOS

La captura y procesamiento de información junto con los beneficios que representa la era tecnológica, permiten el manejo de datos mucho más reales y específicos, por tal motivo en esta sección se va a detallar los resultados que se lograron obtener de cada uno de los indicadores: latencia, Jitter, ancho de banda y pérdida de paquetes, involucrados en la medición del rendimiento, en cada uno de los escenarios, mediante la utilización de las herramientas Jperf/Iperf y comandos básicos como Ping.

5.5.1. CAPTURA Y MEDICIÓN DE DATOS DEL CODEC H.264

En el **Anexo 2 sección I** se presentan todos los datos e imágenes obtenidas de las mediciones realizadas sobre cada uno de los escenarios descritos en la **Figura V. 1** de color verde, los cuales fueron creados para evaluar el codificador H.264. Para la evaluación de éste codificador se llevó a cabo la creación de un perfil en el software para generar streaming donde se utilizó el CODEC de audio MP3 junto con el CODEC de video H.264 y todo esto se transmitió mediante el contenedor MP4.

A continuación en la **Tabla V. 2** se presenta el promedio de los datos de cada escenario útiles para llevar a cabo el análisis del comportamiento de éste CODEC en la red.

TABLA V. 2 Comportamiento del CODEC H.264 en los distintos escenarios

Número de Pruebas	Paquetes Perdidos		Ancho de Banda		Jitter (ms)	Latencia		
	Reporte del Servidor (%)	Reporte Total (%)	Tramas Transferidas (Mbps)	Tramas Consumidas (Mbps)		Mín (ms)	Med (ms)	Max (ms)
<i>Escenario 1</i>	0,03	0,00017	131,75	12,4605	1,4203	3	3,8	15,5
<i>Escenario 2</i>	0,599	0,00156	111,065	11,3254	1,4975	3	3,7	15
<i>Escenario 3</i>	0,4465	0,01059	96,825	10,1215	1,308	3	4,3	14,5
<i>Escenario 4</i>	0,196	0,00017	133,6	13,91	1,47695	3	3,05	10,5
<i>Escenario 5</i>	0,0396	0,00399	96,58	10,1105	1,5694	3,05	3,4	10,3
<i>Escenario 6</i>	0,0285	0,00017	129,6	13,605	1,45635	3	3	9,25
Sumatoria	1,3396	0,01666	699,42	71,5329	8,7285	18,05	21,25	74,9
Promedio	0,22327	0,0028	116,57	11,92215	1,45475	3,008	3,54	12,5

Fuente: Elaboración propia de los autores

5.5.2. CAPTURA Y MEDICIÓN DE DATOS DEL CODEC XVID

En el **Anexo 2 sección II** se detallan todos los resultados e imágenes obtenidas de las mediciones realizadas sobre cada uno de los escenarios que fueron planteados en la **Figura V. I** de color rojo, los mismos fueron creados para comprobar la funcionalidad del CODEC de video Xvid, cabe mencionar que para dichas comprobaciones fue necesario la creación de un perfil que maneje el CODEC Xvid (MPEG 4 parte dos) para el manejo de video y la utilización del CODEC MP3 para manejo de audio junto con el contenedor AVI.

A continuación en la **Tabla V. 3** se presenta el promedio de los datos de cada escenario útiles para llevar a cabo el análisis del comportamiento de éste CODEC en la red.

TABLA V. 3 Comportamiento del CODEC Xvid en los distintos escenarios

Número de Pruebas	Paquetes Perdidos		Ancho de Banda		Jitter (ms)	Latencia		
	Reporte del Servidor (%)	Reporte Total (%)	Tramas Transferidas (Mbps)	Tramas Consumidas (Mbps)		Mín (ms)	Med (ms)	Max (ms)
<i>Escenario 1</i>	0,041	0,00017	129,15	13,365	1,4281	3	3,2	15,2
<i>Escenario 2</i>	0,509	0,00245	129,6	13,535	1,47195	3	3,4	13,9
<i>Escenario 3</i>	0,396	0,00174	83,025	8,6805	1,3747	3	3,35	15,6
<i>Escenario 4</i>	0,1065	0,00357	130,45	13,68	1,4472	3	3,05	6,9
<i>Escenario 5</i>	0,06625	0,04739	85,955	9,0215	1,606	3	3	12,8
<i>Escenario 6</i>	0,182	0,00018	130,9	13,74	1,4844	2,95	3	11,8
Sumatoria	1,30075	0,0555	689,08	72,022	8,81235	17,95	19	76,1
Promedio	0,21679	0,0092	114,8466667	12,003667	1,46873	2,992	3,17	12,7

Fuente: Elaboración propia de los autores

5.5.3. CAPTURA Y MEDICIÓN DE DATOS DEL CODEC THEORA

En el **Anexo 2 sección III** se presentan los datos e imágenes obtenidas de las mediciones realizadas sobre cada uno de los escenarios que se utilizaron para comprobar la eficacia del CODEC de video Theora en la red tal como se describió en la **Figura V. 1** de color celeste.

Cabe recalcar que junto con la utilización del CODEC de video Theora, se utilizó el CODEC de audio Vorbis y el contenedor de datos OGG para realizar dichas transmisión.

A continuación en la **Tabla V. 4** se presenta el promedio de los datos de cada escenario útiles para llevar a cabo el análisis del comportamiento de éste CODEC en la red.

TABLA V. 4 Comportamiento del CODEC Theora en los distintos escenarios

Número de Pruebas	Paquetes Perdidos		Ancho de Banda		Jitter (ms)	Latencia		
	Reporte del Servidor (%)	Reporte Total (%)	Tramas Transferidas (Mbps)	Tramas Consumidas (Mbps)		Mín (ms)	Med (ms)	Max (ms)
<i>Escenario 1</i>	0	0,00866	138,9	14,685	1,4357	3	3,05	12,7
<i>Escenario 2</i>	0,01229	0,01416	146	14,6785	1,41245	3	3,15	17,4
<i>Escenario 3</i>	0,05439	0,00017	146,9	15,415	1,4394	3	3,1	11,1
<i>Escenario 4</i>	0,0197	0,01935	116,05	12,175	1,6697	3	3,9	17,9
<i>Escenario 5</i>	0,10796	0,00803	134	14,05	1,4974	3	3,45	15,5
<i>Escenario 6</i>	0,01753	0,01397	136,2	14,07	1,48925	3,05	4,35	20,2
Sumatoria	0,21186	0,06434	818,05	85,0735	8,9439	18,05	21	94,8
Promedio	0,03531	0,0107	136,3416667	14,178917	1,49065	3,008	3,5	15,8

Fuente: Elaboración propia de los autores

5.6. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

5.6.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para el presente estudio se utilizó la investigación experimental puesto que esta permite la realización de un conjunto de experimentos en un laboratorio o localidad adecuada que consten con la implementación e instrumentación necesarias para llevar a cabo la comprobación de las teorías planteadas e investigadas, donde el investigador manipule las variables, mida efectos de las variables y valide la situación experimental.

5.6.2. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Los métodos y técnicas utilizados para llevar a cabo la comprobación de la hipótesis son: la observación, documentación y el método científico experimental basado en valores referenciales o mejor conocidos como umbrales.

La observación: puesto que al realizar varios experimentos se va a tener que observar el comportamiento de cada uno de los CODEC's al someterlos a los distintos escenarios para corroborar los resultados y las mediciones que se obtienen en cada prueba.

La documentación: para poder llevar a cabo la implementación de cada escenario se debe investigar y revisar documentación acerca del funcionamiento del nuevo protocolo de internet versión seis y la nueva tecnología de tráfico Multicast, sin olvidar que la documentación es sumamente importante en el desarrollo del trabajo científico porque permite la revisión del marco teórico para los respectivos objetos de estudio.

El método científico experimental: para el presente estudio fue seleccionado éste método, ya que facilita el manejo de grandes cantidades de datos, permitiendo desarrollar distintos ambientes de pruebas y experimentos, además de ajustarse perfectamente a las necesidades expuestas en la investigación, debido a que en su proceso está el planteamiento de un problema, la definición de una estrategia para recolectar datos, representación, interpretación y análisis de resultados para emitir conclusiones y recomendaciones.

Este método va a utilizar valores referenciales de cada uno de los indicadores utilizados para el análisis del rendimiento, descrito en la **Tabla V. 1**.

5.6.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Para llevar a cabo el análisis estadístico de los datos se va a necesitar de los valores promedios obtenidos en el apartado anterior titulado “Procesamiento de los Datos” en las tablas: **Tabla V. 2**, **Tabla V. 3** y **Tabla V. 4**, las cuales presentan el comportamiento que tiene cada uno de los CODEC's H.264, Xvid y Theora en los distintos escenarios, por tal motivo a continuación se muestra la **Tabla V. 5** la misma contendrá los valores finales de los indicadores que están sometidos a evaluación.

TABLA V. 5 Indicadores de rendimiento para los CODEC H.264, Xvid y Theora

CODEC	Paquetes Perdidos		Ancho de Banda		Jitter (ms)	Latencia		
	Reporte del Servidor (%)	Reporte Total (%)	Tramas Transferidas (Mbps)	Tramas Consumidas (Mbps)		Mín (ms)	Med (ms)	Max (ms)
<i>CODEC H.264</i>	0,22327	0,0028	116,57	11,92215	1,45475	3,008	3,54	12,5
<i>CODEC Xvid</i>	0,21679	0,0092	114,8466667	12,003667	1,46873	2,992	3,17	12,7
<i>CODEC Theora</i>	0,03531	0,0107	136,3416667	14,178917	1,49065	3,008	3,5	15,8

Fuente: Elaboración propia de los autores

a. Análisis del indicador Pérdida de Paquetes

Para un mejor entendimiento de los datos obtenidos respecto a la pérdida de paquetes presentado en la **Tabla V. 5** es necesario mostrar cada uno de los resultados en porcentajes, debido a que la herramienta Jperf/Iperf permite la captura de la pérdida de paquetes en porcentajes, por tal motivo a continuación en la **Figura V. 7** se presenta los resultados obtenidos respecto a la pérdida de paquetes para cada uno de los CODEC's, sobre las transmisiones de video en vivo y sobre demanda, con y sin congestión, en la misma se puede verificar que

los tres CODEC's no sobrepasan el valor referencial del 1% detallado en la **Tabla V. 1**, por lo tanto se los considera como valores aceptables.

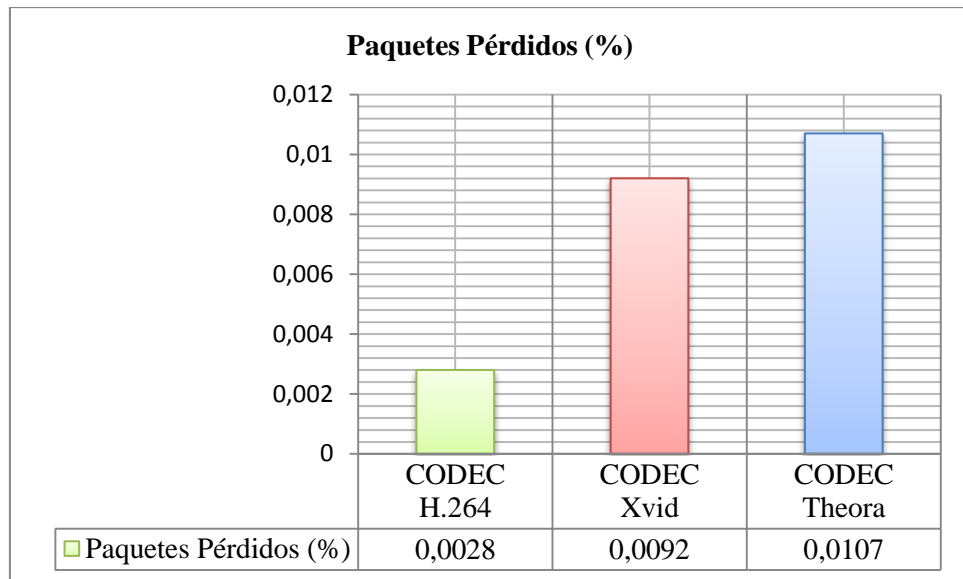


FIGURA V. 7 Análisis de la pérdida de paquetes en porcentajes
Fuente: Elaboración propia de los autores

En la **Figura V. 7** se verifica que el CODEC Theora posee una pérdida de paquetes del 0,0107% siendo el CODEC que más paquetes perdió en su transmisión ya que dicho valor obtenido es el más elevado respecto a los demás CODEC, el CODEC Xvid presenta una pérdida de paquetes mediáticas del 0,0092%, mientras que el CODEC H.264 posee una pérdida de paquetes del 0,0028%, el cual viene a ser el menor valor, siendo éste CODEC el que menos paquetes pierde en su transmisión.

b. Análisis del indicador Latencia

En la **Tabla V. 5** se muestran los datos obtenidos del tiempo mínimo, medio y máximo que la latencia presenta en la difusión de video en vivo, sobre demanda con congestión moderada, fuerte y sin congestión.

Como ya se mencionó para el análisis de la latencia se hace uso del tiempo medio de la latencia, debido a que dicho valor es el tiempo promedio que los paquetes se demoran en realizar su trayectoria, estos valores se presentan en la **Figura V. 8** en la cual se observa que los tres CODEC's no sobrepasan el valor referencial de 150 ms detallado en la **Tabla V. 1**, por lo tanto los tres resultados se los considera como valores aceptables.

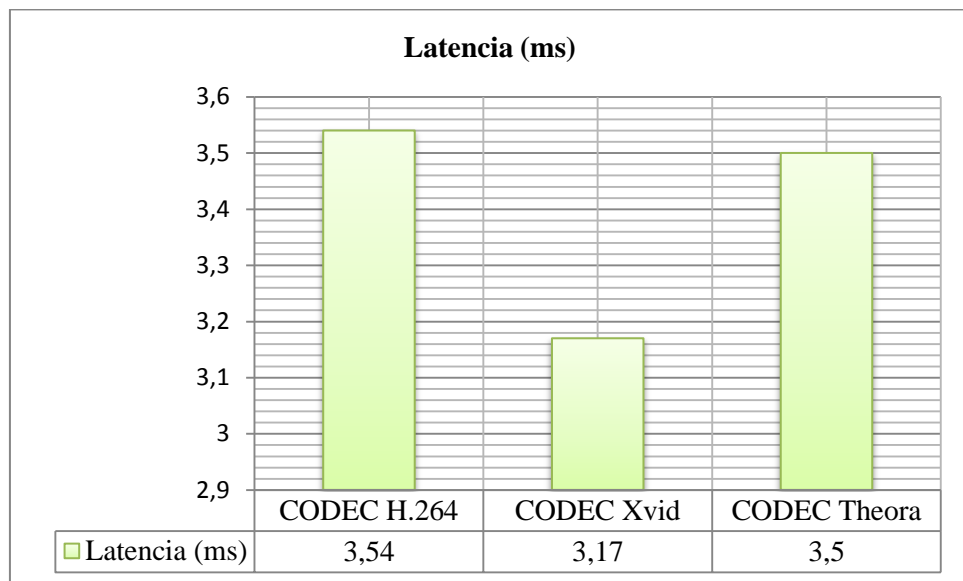


FIGURA V. 8 Análisis de la latencia
Fuente: Elaboración propia de los autores

A continuación los datos de la **Figura V. 8** van hacer representados como valores porcentuales en la **Figura V. 9** con el objetivo de presentar un mejor entendimiento para el lector. Para llevar a cabo la transformación de los resultados se va hacer uso de la regla de tres designándole al valor referencial aceptable de la latencia de 150 ms un valor porcentual de 100%.

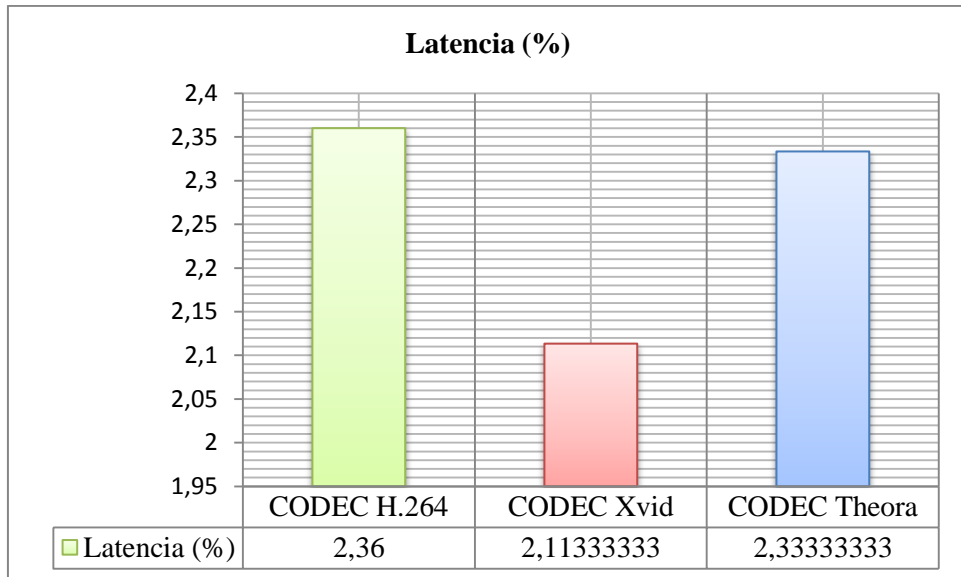


FIGURA V. 9 Análisis de la latencia en valores porcentuales
Fuente: Elaboración propia de los autores

Como se puede observar en la **Figura V. 9** el CODEC que más rápido realizó la transmisión de datos de un extremo a otro en la red, es el CODEC de video Xvid con un 2,11333333%, mientras que el CODEC que más tiempo se demoró en realizar la transmisión en la red es el CODEC H.264 con un 2,36%, por su parte el CODEC de video Theora presenta un valor mediático del 2,33333333% respecto a los otros CODEC's ya que no se demora ni se tarda mucho en realizar su transmisión.

c. Análisis del indicador Jitter

En la **Tabla V. 5** presentada anteriormente se muestran los datos obtenidos del jitter o tiempo de variación que toman los paquetes en la difusión de video en vivo, sobre demanda con congestión moderada, fuerte y sin congestión en la red, dichos valores se muestran de manera gráfica a continuación en la **Figura V. 10.**

Gracias a la presente gráfica se puede observar que los tres CODEC's no sobrepasan el valor referencial del jitter de 50 ms detallado en la **Tabla V. 1**, por lo tanto los tres resultados se los considera como valores aceptables.

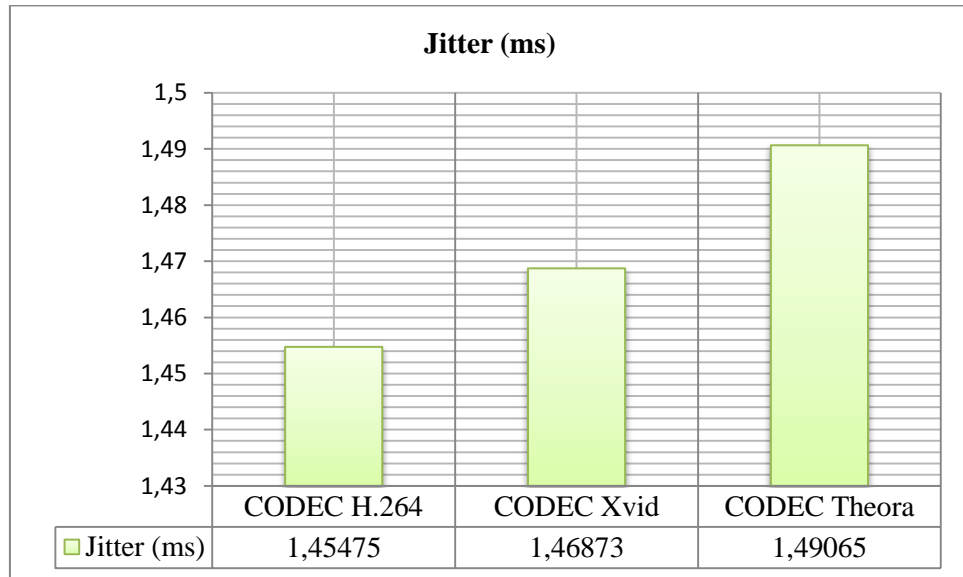


FIGURA V. 10 Análisis del Jitter
Fuente: Elaboración propia de los autores

Debido a que los datos representados de manera porcentual son mucho más fáciles de interpretar a continuación en la **Figura V. 11** se presenta el porcentaje del jitter que obtuvo cada uno de los CODEC. Para llevar a cabo la transformación de los resultados se va hacer uso de la regla de tres designándole al valor referencial aceptable del jitter de 50 ms un valor porcentual de 100%.

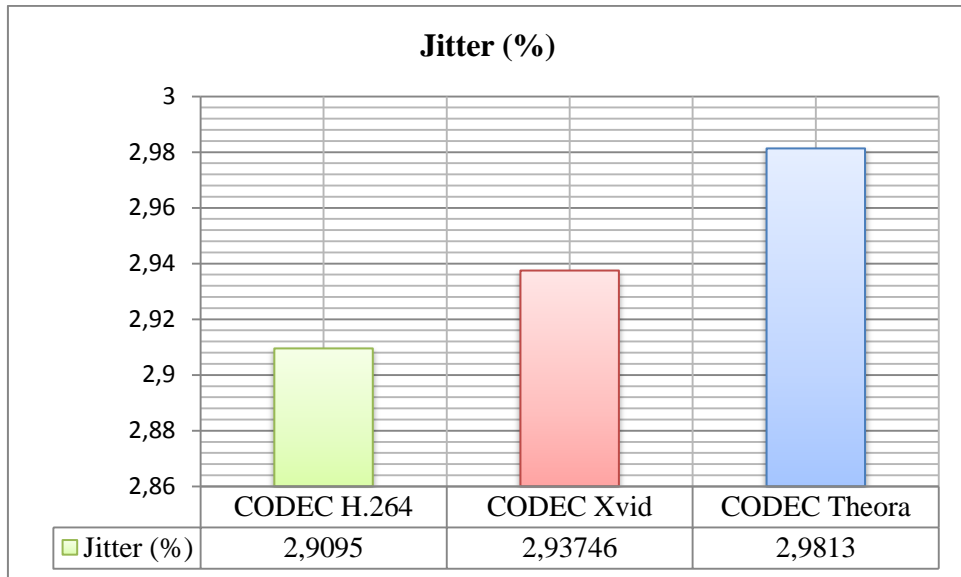


FIGURA V. 11 Análisis del Jitter en valores porcentuales
Fuente: Elaboración propia de los autores

Como se puede observar en la **Figura V. 11** el CODEC de video que menos tiempo tubo en la variación de paquetes durante las transmisiones de streaming en la red es el CODEC de video H.264 con un porcentaje del 2,9095%, mientras que el CODEC de video que más tiempo obtuvo en las fluctuaciones de la red fue el CODEC de video Theora con un 2,9813%, por su parte el CODEC de video Xvid presenta un valor mediático del 2,93746% respecto a los otros CODEC's ya que el tiempo de variación no se demora ni tarda mucho en sus transmisiones.

d. Análisis del indicador Ancho de Banda

En la **Tabla V. 5** presentada anteriormente se muestran los datos obtenidos de las tramas transferidas por cada uno de los CODEC en los distintos escenarios, además de presentar el consumo total del ancho de banda para cada CODEC en la difusión de video en vivo, sobre demanda con congestión moderada, fuerte y sin congestión en la red.

Dichos valores se muestran de manera gráfica a continuación en la **Figura V. 12**, en la misma se puede observar que los CODEC's de video H.264 y Xvid no sobrepasan el valor referencial de 15 Mbps detallado en la **Tabla V. 1**, por lo tanto estos resultados se los considera como valores aceptables, caso contrario ocurre con el CODEC de video Theora ya que sobrepasa el límite de consumo del ancho de banda.

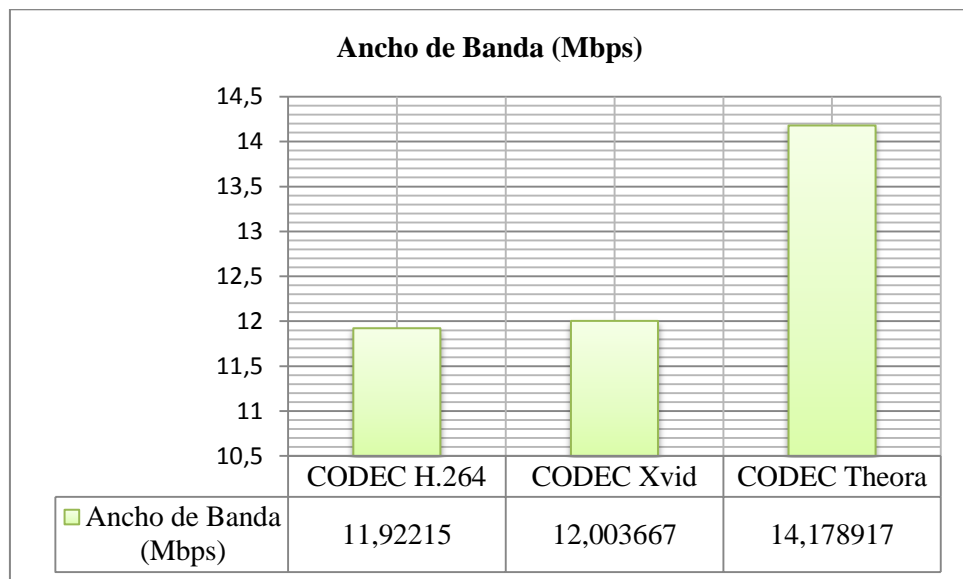


FIGURA V. 12 Análisis del Ancho de Banda

Fuente: Elaboración propia de los autores

Para mejor comprensión de los datos a continuación en la **Figura V. 13** se presenta el valor porcentual que obtuvo cada uno de los CODEC en el consumo de ancho de banda en los diferentes escenarios. Para llevar a cabo la transformación de los resultados se va hacer uso de la regla de tres designándole al valor referencial aceptable del ancho de banda de 15 Mbps un valor porcentual de 100%.

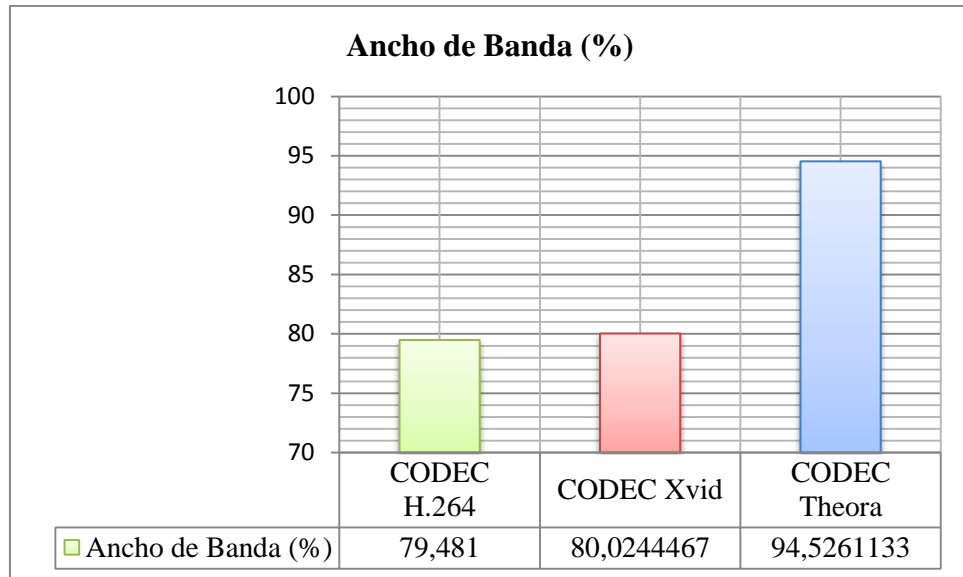


FIGURA V. 13 Análisis del Ancho de Banda en valores porcentuales
Fuente: Elaboración propia de los autores

Como se puede observar en la **Figura V. 13** el CODEC de video que menos ancho de banda consume durante las transmisiones de streaming en la red es el CODEC de video H.264 con un porcentaje del 79,481%, mientras que el CODEC de video que más ancho de banda consumió fue el CODEC de video Theora con un 94,52511333%, por su parte el CODEC de video Xvid presenta un valor mediático del 80,02444667% respecto a los otros CODEC's ya que el consumo de ancho de banda no consume ni demasiado ni poco ancho de banda en sus transmisiones.

5.6.4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y DETERMINACIÓN DEL CODEC ÓPTIMO

A continuación en la **Figura V. 14** se presenta el valor porcentual que cada indicador obtuvo al someterlos a los distintos escenarios de transmisión de video en vivo, sobre demanda con congestión moderada, fuerte, y sin congestión, utilizando la codificación de los distintos CODEC's de video H.264, Xvid y Theora.

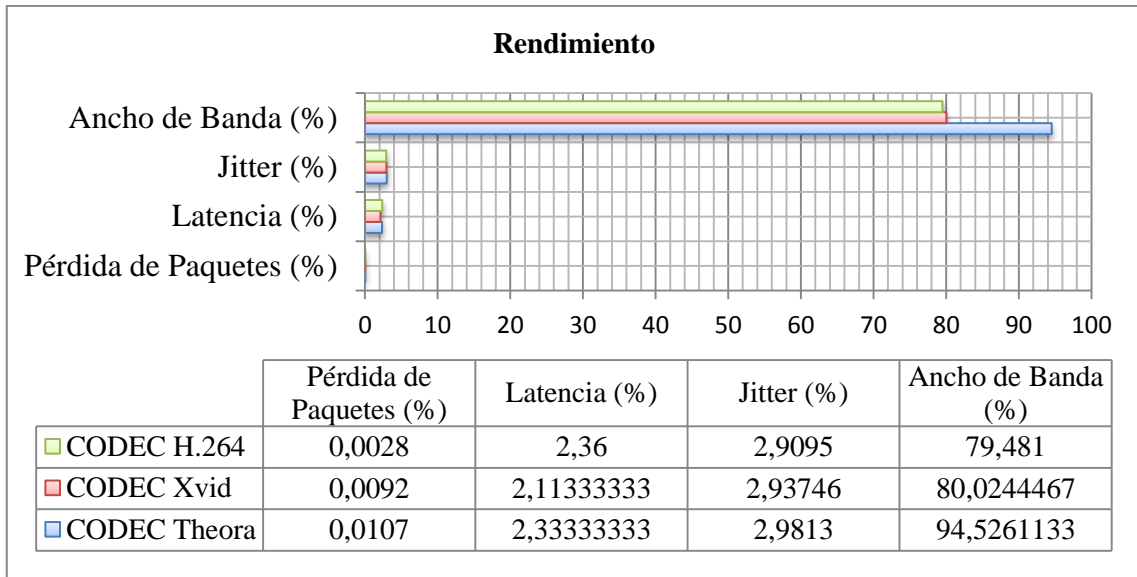


FIGURA V. 14 Porcentajes de los indicadores

Fuente: Elaboración propia de los autores

Para la determinación del CODEC que presentó mejor rendimiento en las difusiones de video en la red sobre demanda y en vivo con congestión moderada, fuerte o sin congestión, se va a considerar los valores referenciales descritos en el apartado anterior en la **Tabla V. 1**.

*En lo que se refiere al análisis del primer indicador que es la pérdida de paquetes, se cuenta con un valor referencial del 1%, dicho valor indica que entre menor sea la pérdida de paquetes por debajo o igual del 1% se lo considera como valor aceptable y que presenta mejor rendimiento en la red. En la **Figura V. 14** se verifica que el CODEC de video que más pérdida de paquetes presenta en las transmisiones de red, es el Theora con un 0,0107%, el siguiente CODEC que más paquetes pierde en la red, es el CODEC Xvid con un 0,0092%, mientras que el CODEC de video H.264 es el que menos paquetes perdió en la transmisión con un 0,0028%, por lo tanto es el que mejor rendimiento presenta.*

*En lo que se refiere al análisis del segundo indicador que es la Latencia, se mide en milisegundos y se la considera como tiempo de ping, entre más bajo es el tiempo de ping por debajo o igual al valor referencial de 150 ms, menor latencia se obtendrá y por ende mejor rendimiento para que la red funcione en condiciones aceptables. Como se puede observar en la **Figura IV. 14**, el CODEC de video que más tiempo tomó en realizar la transmisión en la red, es el CODEC H.264 con un 2,36%, por su parte el CODEC de video Theora presenta un valor mediático del 2,333333333% respecto a los otros CODEC's ya que no se demora ni se tarda mucho en realizar su transmisión, mientras que el CODEC de video que más rápido realizó la transmisión de datos de un extremo a otro en la red, es el CODEC Xvid con un 2,113333333%, por lo tanto dicho CODEC presenta mejor rendimiento.*

*En lo que se refiere al análisis del tercer indicador que es el Jitter también se lo mide en milisegundos y es considerado como la variación que se da al tiempo de pings, entre menor sea dicha variación o fluctuación en la red por debajo o igual al valor referencial de 50 ms se lo considera como valores aceptables para que la red presente un buen rendimiento y esté en óptimas condiciones. En la **Figura V. 14** se puede verificar que el CODEC de video que ha obtenido mayor fluctuación de latencia en la red es el CODEC Theora con un valor del 2,9813% en comparación con el CODEC Xvid que presenta un valor mediático del 2,93746% y el CODEC H.264 con un porcentaje del 2,9095% siendo éste el CODEC que menor valor porcentual presenta por ende el que mejor rendimiento posee.*

Finalmente para el análisis del cuarto indicador ancho de banda se va a considerar que entre menor ancho de banda se consuma por debajo o igual al valor referencial

de 15 Mbps para emisiones de video en la red, va a presentar un mejor rendimiento y velocidad. En la **Figura V. 14** se presenta el CODEC de video que mayor ancho de banda ha consumido como lo es el Theora con un porcentaje del 94,52511333% en contraste con el CODEC Xvid que acarrea un porcentaje del 80,02444667% y el CODEC H.264 con un valor del 79,481%, concluyendo que éste último es el que consume menos ancho de banda en las transmisiones visuales en la red por ende el que presenta mejor rendimiento.

Luego de todo lo descrito anteriormente, se deduce que mediante el análisis de CODEC's de video sobre tráfico Multicast en IPv6, se logró determinar que el CODEC de video más adecuado para el desarrollo de un prototipo en el laboratorio LIRSI – FIE es el CODEC H.264, debido a que dicho CODEC, presentó valores porcentuales de los indicadores: jitter, ancho de banda y pérdida de paquetes, por debajo de los valores aceptables necesarios para tener un buen funcionamiento en la red a pesar de presentar un retardo o latencia considerablemente elevada.

5.6.5. ANALISIS Y PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS NULA Y ALTERNATIVA MEDIANTE CHI CUADRADO

Luego de identificar el CODEC de video que mejor actúa en la red mediante la interpretación de los datos porcentuales de cada uno de los indicadores, se va a corroborar que dicho análisis está en lo correcto mediante la definición de hipótesis nula e hipótesis alternativa.

Para el análisis se va a llevar a cabo la comprobación de la hipótesis por medio de la distribución de probabilidad Chi Cuadrado, ésta distribución comúnmente

se la utiliza cuando la investigación a realizar no tiene otra investigación con cual llevar a cabo la comparación de resultados y sólo permite verificar y comprobar si dos variables están o no relacionadas.

H₀: Hipótesis Nula

H₁: Hipótesis Alternativa

Redacción Hipótesis Nula

H₀: El análisis de CODEC's de video sobre tráfico Multicast en IPv6 para el desarrollo de un prototipo en el laboratorio LIRSI – FIE permitirá determinar que el CODEC más adecuado no mejorará el rendimiento en transmisiones visuales en la red.

Redacción Hipótesis Alternativa

H₁: El análisis de CODEC's de video sobre tráfico Multicast en IPv6 para el desarrollo de un prototipo en el laboratorio LIRSI – FIE permitirá determinar que el CODEC más adecuado mejorará el rendimiento en transmisiones visuales en la red.

a. Valores observados

A continuación en la **Tabla V. 6** se muestran los valores observados de los indicadores del rendimiento de cada uno de los CODEC's de video.

TABLA V. 6 Valores observados de los CODEC de video

	Pérdida de Paquetes %	Latencia (%)	Jitter (%)	Ancho de Banda (%)	TOTAL
<i>CODEC H.264</i>	0,0028	2,36	2,9095	79,481	84,7533
<i>CODEC Xvid</i>	0,0092	2,1133333	2,93746	80,024447	85,08444
<i>CODEC Theora</i>	0,0107	2,3333333	2,9813	94,526113	99,851446
TOTAL	0,0227	6,8066666	8,82826	254,03156	269,68919

Fuente: Elaboración propia de los autores

b. Valores esperados

A continuación en la **Tabla V. 7** se muestran los valores esperados de los indicadores del rendimiento de cada uno de los CODEC de video, para determinar dichos valores se procedió aplicar la siguiente formula:

$$fe = \frac{Stc * Stf}{T}$$

fe: Frecuencia del valor esperado

Stc: sumatoria total de cada columna es decir de cada indicador

Stf: sumatoria total de cada fila es decir de cada uno de los CODEC's

T: valor total de filas y columnas

TABLA V. 7 Valores esperados de los CODEC de video

	Pérdida de Paquetes	Latencia	Jitter	Ancho de Banda	TOTAL
<i>CODEC H.264</i>	0.0071337	2,1390826	2,7743943	79,832688	84,746165
<i>CODEC Xvid</i>	0,0071616	2,1474402	2,7852342	80,144602	85,084438
<i>CODEC Theora</i>	0,0084045	2,5201436	3,2686312	94,054265	99,8514444
TOTAL	0,0155661	6,8066664	8,8282597	254,031555	269,682047

Fuente: Elaboración propia de los autores

c. Tabla de contingencia

A continuación se presenta la **Tabla V. 8** mediante columnas paso a paso, la manera de manipular con los valores observados y valores esperados una vez que se hayan obtenido los mismos, dichos datos son utilizados para poder llegar a descubrir el valor global del Chi Cuadrado para posteriormente poderlo interpretar y comprobar con el valor crítico de Chi Cuadrado.

TABLA V. 8 Tabla de Contingencia Chi Cuadrado

<i>fo</i>	<i>fe</i>	<i>fo - fe</i>	$(fo - fe)^2$	$\frac{(fo - fe)^2}{fe}$
0,0028	0,0071337	-0,004334	0,0000188	0,0026327
0,0092	0,0071616	0,0020384	0,0000042	0,0005802
0,0107	0,0084045	0,0022955	0,0000053	0,000627
2,36	2,1390826	0,2209174	0,0488045	0,0228156
2,1133333	2,1474402	-0,034107	0,0011633	0,0005417
2,3333333	2,5201436	-0,18681	0,0348981	0,0138477
2,9095	2,7743943	0,1351057	0,0182536	0,0065793
2,93746	2,7852342	0,1522258	0,0231727	0,0083198
2,9813	3,2686312	-0,287331	0,0825592	0,025258
79,481	79,832688	-0,351688	0,1236845	0,0015493
80,024447	80,144602	-0,120155	0,0144372	0,0001801
94,526113	94,054265	0,4718479	0,2226404	0,0023672
269,68919				0,0852986

Fuente: Elaboración propia de los autores

d. Chi Cuadrado calculado

Para llevar a cabo el análisis de Chi Cuadrado se hace uso de la siguiente fórmula:

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

χ^2 : Chi Cuadrado

f_o : Frecuencia del valor observado

f_e : Frecuencia del valor esperado

e. Grados de Libertad

Para el funcionamiento de la distribución probabilística continua Chi Cuadrado, es necesario determinar los grados de libertad mediante la siguiente fórmula, estos grados son usados para leer e interpretar el valor crítico de Chi Cuadrado en la tabla respectiva que ésta distribución posee.

$$v = (nf - 1)(nc - 1)$$

nf : número de filas

nc : número de columnas

$$v = (3 - 1)(4 - 1)$$

$$v = (2)(3)$$

$$v = 6$$

f. Nivel de significancia

Al hablar de nivel de significancia, se está hablando del error que se puede cometer al rechazar el planteamiento de una hipótesis nula. La fórmula que se utiliza es la siguiente:

$$ns = \frac{Num}{100}$$

ns = nivel de significancia

Num = Se refiere a un valor del 1 al 10 que se le designa para identificar que tan válido representa un estudio a realizar, es decir entre más elevado es el valor se confirma que el estudio es más acertado, si el valor es mucho menor se interpreta que el estudio está expuesto a muchos errores, para tener un valor en porcentajes se lo divide para 100. Por lo general se trabaja con un margen de error o nivel de significancia de 5 ósea del 0,05%, lo que indica que hay una probabilidad del 0,95 de que la hipótesis nula sea verdadera

$$ns = \frac{5}{100}$$

$$ns = 0,05\%$$

g. Interpretación de resultados del Valor Crítico y Chi Cuadrado

Una vez determinado el valor de Chi Cuadrado de los datos tabulados y el valor crítico en la tabla de Chi Cuadrado, se va a proceder hacer el respectivo análisis, donde se tendrá en cuenta que si el valor de Chi Cuadrado tabulado se encuentra por debajo del valor crítico de Chi Cuadrado descubierto en la tabla del **Anexo 3**, la hipótesis nula se rechaza.

Para el presente trabajo de investigación se confirma que el CODEC de video H.264 descubierto anteriormente como el más adecuado para transmisiones de video en la red, va a mejorar el rendimiento en dichas transmisiones visuales, puesto que como se observa en la **Figura V. 15** el valor de Chi Cuadrado tabulado es del **0,0852986** y se encuentra por debajo del valor crítico de la tabla del Chi Cuadrado del **12,592** por lo tanto el valor del Chi Cuadrado tabulado se

encuentra en el área de rechazo de la hipótesis nula planteada lo que significa que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, es decir que el análisis de CODEC's de video sobre tráfico Multicast en IPv6 para el desarrollo de un prototipo en el laboratorio LIRSI – FIE permitió verificar que el CODEC H.264 mejora el rendimiento en transmisiones visuales en la red.

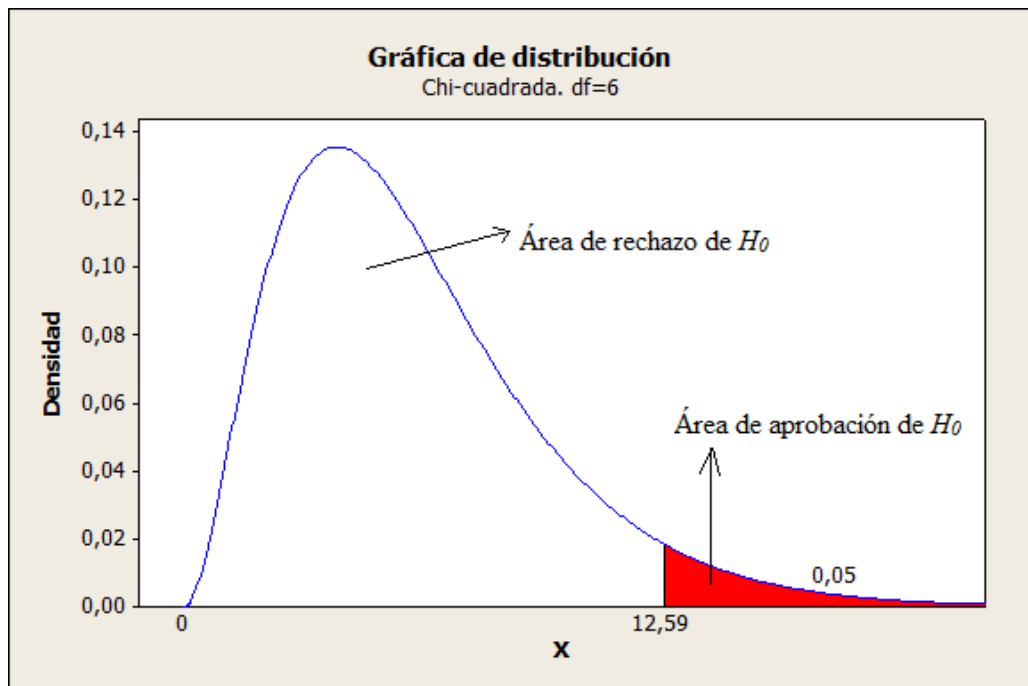


FIGURA V. 15 Chi Cuadrado
Fuente: Elaboración propia de los autores

CONCLUSIONES

- El estudio comparativo de los CODEC's de video H.264, Xvid y Theora permitió concluir que son de distribución libre, compatibles con múltiples sistemas operativos, útiles para video conferencia y streaming de video, reducen y comprimen el flujo de bits.
- El análisis de las aplicaciones de distribución libre como: FLUMOTION, VIDEO LAN CLIENT, RED5 MEDIA PLAYER, ICECAST, GNUMP3D, FFMPEG, DARWIN STREAMING SERVER (DSS) para el servidor Streaming, permitió concluir que VIDEO LAN CLIENT es el software adecuado para llevar a cabo el estudio porque permite la transmisión de video en vivo y sobre demanda, configurarlo como cliente y servidor, soporta múltiples plataformas, protocolos IPv6, RTP, RTSP y los CODEC's en estudio, además de ser compatible con Multicast y Unicast.
- El desarrollo de las pruebas con las debidas configuraciones en los equipos de Cisco permitió demostrar que el CODEC H.264 es el más adecuado para realizar streaming de video en tiempo real y sobre demanda, con congestión moderada, fuerte y sin congestión, al obtener una latencia elevada de 2.36% y una fluctuación de 2,9095%, pérdida de paquetes de 0,0028% y consumo de ancho de banda de 79,481% sumamente menores a los valores obtenidos respecto a los otros CODEC en estudio.

- Se utilizó la distribución de Chi Cuadrado para demostrar que el CODEC H.264 aumenta el rendimiento en las transmisiones visuales en la red, dando como resultado de los valores esperados de 0,0852986, quedando por debajo del valor crítico de la tabla de la misma distribución de 12,592, por lo que cae en el área de rechazo de la hipótesis nula, lo que significa que se la rechaza y se acepta la alternativa, es decir que el CODEC H.264 si aumenta el rendimiento.
- Se diseñó una guía de implementación de streaming de video sobre una red con tráfico Multicast en IPv6 útil para el laboratorio LIRSI – FIE, tomando en cuenta que la configuración del módulo de la tarjeta capturadora de video en Linux es muy importante para llevar a cabo una transmisión de video en tiempo real porque se necesita capturar datos desde una filmadora y en ocasiones el sistema operativo Linux no reconoce hardware adicional.

RECOMENDACIONES

- Para realizar una emisión de video en vivo se recomienda la utilización de una cámara de video profesional, similares a las utilizadas en un canal de televisión, debido a que en el presente estudio se hizo uso de una filmadora de poca resolución lo cual resultó de uso limitado para ciertas tomas pero básica para realizar emisiones de video.
- Si se emite datos de video pregrabadas en el disco duro o en tiempo real desde una webcam o una filmadora, se recomienda la utilización de CODEC de audio que sean compatible con el CODEC de video para que trabajen de manera conjunta con el contenedor adecuado, ya que dependiendo del CODEC de audio, video y contenedor las emisiones de video en la red van hacer mucho más aceptables.
- Debido a que es necesario la utilización de una tarjeta capturadora de video para realizar transmisiones de audio y video en la red, se recomienda utilizar una tarjeta original que soporte la transcodificación de varios CODEC de audio, video y contenedores para evitar problemas al momento de difundir datos.
- Según la experiencia obtenida en el presente trabajo al momento de utilizar los equipos de la academia Cisco, se recomienda que para hacer uso de dichos equipos se prevea la configuración a realizar, con el objetivo de ganar tiempo y ejecutar las prueba de cada escenario más rápido, ya que los equipos son

utilizados por diversas personas con diferentes propósitos y el tiempo de uso resulta ser limitado en ciertas ocasiones, además se recomienda obtener respaldos de las configuraciones realizadas en los router y switch de Cisco en discos extraíbles como: memory flash, disco duro portátil, etc.

- Se recomienda la utilización de cables Fast Ethernet categoría 5e cruzados y directos para la conexión de routers, switch y redes de área local debido a que los cables Seriales provocan una transmisión de video con baja resolución.

RESUMEN

Se evaluó codecs de video sobre tráfico Multicast en IPv6, para el desarrollo de un prototipo en el laboratorio LIRSI-FIE y se determinó el codec más adecuado que mejorará el rendimiento en las transmisiones visuales en la red, por lo que se utilizó los indicadores: pérdida de paquetes, latencia, jitter y consumo del ancho de banda.

Se utilizó el método experimental basado en valores referenciales o umbrales para desarrollar diversos ambientes de prueba y experimentos para difusiones de streaming de video. El comando ping y herramientas Iperf, Jperf, Wireshark se usaron para obtener valores de cada uno de los indicadores del rendimiento.

El desarrollo de pruebas permite concluir que el codec H.264 es el más adecuado para realizar streaming de video en diferentes escenarios porque posee una fluctuación de 1,45475ms, pérdida de paquetes de 0,0028%, latencia de 3,54ms y consumo de ancho de banda de 11,92215Mbps, menores a los valores referenciales (50ms, 1%, 150ms, 15Mbps respectivamente) y a los valores que los demás codec presentan. El resultado de la prueba de Chi Cuadrado de 0,0852986 demostró que el codec H.264, en efecto mejora el rendimiento en transmisiones visuales en la red debido a que se encuentra por debajo del valor crítico.

Se recomienda utilizar el protocolo RTP MPEG/Transport para transmisiones de video en vivo y sobre demanda, además usar filmadora con resolución mayor a 1080 pixeles y tarjeta capturadora de video que soporte transcodificaciones de varios codecs de audio, video y contenedores.

Palabras Claves: /LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE REDES Y SISTEMAS INFORMÁTICOS [FIE-ESPOCH]/, /CODEC DE VIDEO/, /TECNOLOGÍA MULTICAST/, /PROTOCOLO IPv6/ ESTUDIO COMPARATIVO/

SUMMARY

Video codecs were evaluated about multicast traffic in ipv6 in order to develop a prototype in the laboratory LIRSE-FIE and the most appropriate codec was determined which will improve the visual transition performance in the network. Indicators like lack of packages, latency, jitter, and consume of broadband.

Experimental method was used based on referential or thresholds values in order to develop different testing sceneries and experiments for broadcasting video streaming. The command ping and tools like Iperf, Jperf, Wireshark were used in order to get values from each one of the performance indicators.

Testing allows to conclude that codec H.264 is the most appropriate to perform video streaming in different sceneries because it has a fluctuation of 1,45475 ms, package losing of 0,0028%, latency of 3,54 ms and consume of broadband of 11,92215 Mbps, lower that referential values (50ms, 1%, 150ms, 15Mbps respectively) and the other values that codec presents. The result of Chi square test of 0,0852986 showed that the codec H.264, in fact it betters the visual transmission performance in network due to they are under the critic value.

It is recommended to use the protocol RTP MPEG/ Transport live video transmissions and about demand, besides to use a video camera with the resolution higher than 1080 pixels and video card of transcodings support video of different codecs of audio, video and containers.

KEY WORDS: /NETWORK AND INFORMATICS SYSTEMS RESEARCH LABORATORY (FIE-ESPOCH)/, /VIDEO CODEC/, /MULTICAST TECHNOLOGY/, /PROTOCOL IPv6/, /COMPARATIVE STUDY/

ANEXOS

ANEXO 1

SECCIÓN I: Archivo de configuración del router emisor

```
!  
version 12.4  
service timestamps debug datetime msec  
service timestamps log datetime msec  
no service password-encryption  
!  
hostname ServerStream  
!  
boot-start-marker  
boot-end-marker  
!  
logging message-counter syslog  
!  
no aaa new-model  
!  
dot11 syslog  
ip source-route  
!  
!  
ip cef  
!  
!  
ipv6 unicast-routing  
ipv6 cef  
ipv6 Multicast-routing  
!  
multilink bundle-name authenticated
```

!
!
!
!
!
!
!
!
!
!
!
!
!
!
!
!
!
!
!
!
!
!
!
!
!

voice-card 0

!
!
!
!
!

archive
log config
hidekeys

```
!  
!  
!  
!  
!  
!  
!  
!  
!  
!  
interface Loopback0  
no ip address  
ipv6 address 2001:1:1:1::1/64  
ipv6 ospf 100 area 0  
!  
interface FastEthernet0/0  
bandwidth 15360  
no ip address  
shutdown  
duplex auto  
speed auto  
ipv6 address 2001:10::1/64  
ipv6 mld join-group FF7E:240:2001:2:2:2:0:1  
ipv6 ospf 100 area 0  
!  
interface FastEthernet0/1  
bandwidth 15360  
no ip address  
shutdown  
duplex auto  
speed auto  
ipv6 address FC00::1/64  
ipv6 ospf 100 area 0
```

```
!  
interface Serial0/1/0  
  no ip address  
  shutdown  
  clock rate 2000000  
!  
interface Serial0/1/1  
  no ip address  
  shutdown  
  clock rate 2000000  
!  
interface Serial0/2/0  
  no ip address  
  shutdown  
  clock rate 2000000  
!  
interface Serial0/2/1  
  no ip address  
  shutdown  
  clock rate 2000000  
!  
ip forward-protocol nd  
no ip http server  
no ip http secure-server  
!  
!  
!  
ipv6 router ospf 100  
  router-id 1.1.1.1  
  log-adjacency-changes  
!  
!
```

```
!  
!  
!  
!  
!  
control-plane  
!  
!  
!  
!  
mgcp fax t38 ecm  
!  
!  
!  
!  
!  
gatekeeper  
shutdown  
!  
!  
line con 0  
line aux 0  
line vty 0 4  
login  
!  
scheduler allocate 20000 1000  
end
```

SECCIÓN II: Archivo de configuración del router de punto de redirección

```
!  
version 12.4  
service timestamps debug datetime msec
```



```
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
!
hostname PRedireccion
!
boot-start-marker
boot-end-marker
!
logging message-counter syslog
!
no aaa new-model
memory-size iomem 5
!
dot11 syslog
ip source-route
!
!
ip cef
!
!
ipv6 unicast-routing
ipv6 cef
ipv6 Multicast-routing
!
multilink bundle-name authenticated
!
!
!
!
!
!
!
```

!
!
!
!
!
!
!
!
!
!
!
!
!
!
!
!
!
!

voice-card 0

!
!
!
!
!

archive

log config

hidekeys

!
!
!
!
!
!
!

```
!  
!  
interface Loopback0  
no ip address  
ipv6 address 2001:2:2:2::2/64  
ipv6 ospf 100 area 0  
!  
interface FastEthernet0/0  
bandwidth 15360  
no ip address  
shutdown  
duplex auto  
speed auto  
ipv6 address 2001:20::3/64  
ipv6 ospf 100 area 0  
!  
interface FastEthernet0/1  
bandwidth 15360  
no ip address  
shutdown  
duplex auto  
speed auto  
ipv6 address 2001:10::2/64  
ipv6 ospf 100 area 0  
!  
interface FastEthernet0/0/0  
!  
interface FastEthernet0/0/1  
!  
interface FastEthernet0/0/2  
!  
interface FastEthernet0/0/3
```

```
!  
interface Serial0/2/0  
  no ip address  
  shutdown  
  clock rate 125000  
!  
interface Serial0/2/1  
  no ip address  
  shutdown  
  clock rate 125000  
!  
interface Vlan1  
  no ip address  
!  
ip forward-protocol nd  
no ip http server  
no ip http secure-server  
!  
!  
!  
ipv6 pim rp-address 2001:2:2:2::2  
ipv6 router ospf 100  
  router-id 2.2.2.2  
  log-adjacency-changes  
!  
!  
!  
!  
!  
!  
!  
control-plane
```

```
!  
!  
!  
!  
mgcp fax t38 ecm  
!  
!  
!  
!  
!  
!  
!  
gatekeeper  
shutdown  
!  
!  
line con 0  
line aux 0  
line vty 0 4  
login  
!  
scheduler allocate 20000 1000  
end
```

SECCIÓN III: Archivo de configuración del router receptor

```
!  
version 12.4  
service timestamps debug datetime msec  
service timestamps log datetime msec  
no service password-encryption  
!  
hostname RCLIENTE  
!  
boot-start-marker
```

```
boot-end-marker
!
!
no aaa new-model
!
resource policy
!
memory-size iomem 5
ip cef
!
!
!
!
!
!
ipv6 unicast-routing
ipv6 cef
ipv6 dhcp pool streaming
prefix-delegation pool streaming-prefix-new
!
ipv6 Multicast-routing
!
voice-card 0
!
!
!
!
!
!
!
!
!
!
```

!
!
!
!
!
!
!
!
!
!

```
interface Loopback0
  no ip address
  ipv6 address 2001:3:3:3::3/64
  ipv6 ospf 100 area 0
```

!

```
interface FastEthernet0/0
  bandwidth 15360
  no ip address
  shutdown
  duplex auto
  speed auto
  ipv6 address 2001:20::4/64
  ipv6 ospf 100 area 0
```

!

```
interface FastEthernet0/1
  bandwidth 15360
  no ip address
  shutdown
  duplex auto
  speed auto
  ipv6 address FC01::1/64
  ipv6 dhcp server streaming
```

```
ipv6 ospf 100 area 0
!
interface Serial0/2/0
no ip address
shutdown
clock rate 125000
!
interface Serial0/2/1
no ip address
shutdown
clock rate 125000
!
interface Serial0/3/0
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
!
interface Serial0/3/1
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
!
!
!
no ip http server
no ip http secure-server
!
ipv6 local pool client-prefix-pool FC01::/50 64
ipv6 router ospf 100
router-id 3.3.3.3
log-adjacency-changes
!
```



```
!  
!  
!  
!  
control-plane  
!  
!  
!  
!  
!  
!  
!  
!  
!  
!  
line con 0  
line aux 0  
line vty 0 4  
login  
!  
scheduler allocate 20000 1000  
end
```

ANEXO 2

SECCIÓN I: Mediciones en la red del CODEC H.264

- **Escenario 1: Transmisión de video sobre demanda mediante el uso del CODEC H.264 sin congestión.**

TABLA 1: Resultados de la evaluación del CODEC H.264 del primer escenario

Escenario 1: Transmisión del CODEC H.264 sobre demanda sin congestión									
Número de Pruebas	Paquetes Perdidos		Ancho de Banda		Jitter (ms)	Latencia			Tramas Perdidas
	Reporte del Servidor (%)	Reporte Total (%)	Tramas Transferidas (Mbps)	Tramas Consumidas (Mbps)		Mín (ms)	Med (ms)	Max (ms)	
1	0	0,00017	132	13,8	1,607	3	4	14	1
2	0	0,00017	131	2,51	1,314	3	4	22	1
3	0	0,00017	133	13,9	1,534	3	4	24	1
4	0	0,00017	134	14	1,902	3	3	9	1
5	0	0,00017	132	13,8	1,461	3	4	15	1
6	0	0,00017	134	14,1	1,371	3	4	24	1
7	0	0,00017	131	13,8	1,486	3	3	13	1
8	0	0,00017	131	13,7	1,377	3	4	21	1
9	0	0,00017	132	0,9	1,472	3	4	13	1
10	0	0,00017	133	13,9	1,448	3	3	10	1
11	0	0,00017	131	13,7	1,431	3	3	11	1
12	0	0,00017	131	13,8	1,465	3	3	11	1
13	0	0,00017	131	13,8	1,45	3	3	8	1
14	0	0,00017	132	13,9	1,38	3	8	22	1
15	0	0,00017	132	13,9	1,428	3	4	15	1
16	0	0,00017	128	10,4	1,566	3	4	34	1
17	0,13	0,00017	133	13,9	1,247	3	3	15	1
18	0,15	0,00017	131	13,8	1,428	3	4	11	1
19	0,18	0,00017	131	13,8	0,615	3	3	7	1
20	0,14	0,00017	132	13,8	1,424	3	4	10	1
Suma	0,6	0,0034	2635	249,21	28,406	60	76	309	20
Prom Total	0,03	0,00017	131,75	12,4605	1,4203	3	3,8	15,45	1

Fuente: Elaboración propia de los autores

- **Escenario 2: Transmisión del video sobre demanda mediante el uso del CODEC H.264 con congestión moderada.**

TABLA 2: Resultados de la evaluación del CODEC H.264 del segundo escenario

Escenario2: Transmisión del CODEC H.264 sobre demanda con congestión moderada									
Número de Pruebas	Paquetes Perdidos		Ancho de Banda		Jitter (ms)	Latencia			Tramas Perdidas
	Reporte del Servidor (%)	Reporte Total (%)	Tramas Transferidas (Mbps)	Tramas Consumidas (Mbps)		Mín (ms)	Med (ms)	Max (ms)	
1	0,55	0,00018	130	13,6	1,426	3	4	27	1
2	0,64	0,00018	132	13,9	1,564	3	4	10	1
3	0,6	0,00018	132	13,9	1,629	3	4	27	1
4	0,65	0,00018	131	13,8	1,435	3	4	29	1
5	0,63	0,00018	132	13,7	1,592	3	3	9	1
6	0,58	0,00018	131	13,8	1,382	3	4	13	1
7	0,62	0,014	133	13,9	1,725	3	4	11	1
8	0,6	0,00018	132	13,8	1,458	3	4	18	1
9	0,59	0,00018	68,2	7,15	1,425	3	4	9	1
10	0,55	0,00018	92,7	4,09	1,336	3	3	9	1
11	0,57	0,014	110	11,5	1,438	3	3	9	1
12	0,67	0,00018	71,8	7,53	1,406	3	4	13	1
13	0,6	0,00018	122	12,8	1,552	3	3	14	1
14	0,62	0,00018	72,6	7,62	1,41	3	4	27	1
15	0,48	0,00018	123	12,9	1,308	3	4	12	1
16	0,58	0,00018	69,4	7,28	1,526	3	3	9	1
17	0,55	0,00018	122	12,8	1,658	3	4	8	1
18	0,59	0,00018	73,6	7,72	1,656	3	4	15	1
19	0,68	0,00018	123	12,9	1,599	3	4	21	1
20	0,63	0,00018	120	11,8	1,425	3	3	9	1
Suma	11,98	0,03124	2221,3	226,49	29,95	60	74	299	20
Prom Total	0,599	0,001562	111,065	11,3245	1,4975	3	3,7	14,95	1

Fuente: Elaboración propia de los autores

- **Escenario 3: Transmisión de video sobre demanda mediante el uso del CODEC H.264 con congestión fuerte.**

TABLA 3: Resultados de la evaluación del CODEC H.264 del tercer escenario

Escenario 3: Transmisión del CODEC H.264 sobre demanda con congestión fuerte									
Número de Pruebas	Paquetes Perdidos		Ancho de Banda		Jitter (ms)	Latencia			Tramas Perdidas
	Reporte del Servidor (%)	Reporte Total (%)	Tramas Transferidas (Mbps)	Tramas Consumidas (Mbps)		Mín (ms)	Med (ms)	Max (ms)	
1	0,45	0,00018	71,6	7,51	2,058	3	4	10	1
2	0,52	0,00018	118	12,4	1,495	3	4	12	1
3	0,49	0,012	75,6	7,93	1,016	3	6	28	1
4	0,5	0,056	123	12,9	1,282	3	3	20	1
5	0,42	0,00018	72,7	7,62	0,817	3	4	14	1
6	0,51	0,00018	122	12,8	1,427	3	4	12	1
7	0,55	0,00018	78	7,16	1,572	3	4	9	1
8	0,5	0,048	122	12,8	1,019	3	4	19	1
9	0,35	0,00018	121	12,7	1,315	3	4	35	1
10	0,48	0,01	122	12,8	1,187	3	4	24	1
11	0,41	0,032	72,4	7,9	1,541	3	4	12	1
12	0,48	0,031	122	12,8	1,377	3	4	10	1
13	0,44	0,011	69,6	7,3	1,424	3	4	11	1
14	0,52	0,00018	121	12,7	1,346	3	4	12	1
15	0,41	0,00018	70,2	7,36	0,846	3	4	14	1
16	0,36	0,00018	123	12,9	1,718	3	9	4	1
17	0,39	0,00018	69,8	7,31	1,464	3	4	16	1
18	0,35	0,0097	122	12,8	0,767	3	4	9	1
19	0,39	0,00018	70,8	7,42	1,313	3	4	9	1
20	0,41	0,00018	69,8	7,32	1,176	3	4	10	1
Suma	8,93	0,21186	1936,5	202,43	26,16	60	86	290	20
Prom Total	0,4465	0,010593	96,825	10,1215	1,308	3	4,3	14,5	1

Fuente: Elaboración propia de los autores

- **Escenario 4: Transmisión de video en vivo mediante el uso del CODEC H.264 sin congestión.**

TABLA 4: Resultados de la evaluación del CODEC H.264 del cuarto escenario

Escenario 4: Transmisión del CODEC H.264 en vivo sin congestión									
Número de Pruebas	Paquetes Perdidos		Ancho de Banda		Jitter (ms)	Latencia			Tramas Perdidas
	Reporte del Servidor (%)	Reporte Total (%)	Tramas Transferidas (Mbps)	Tramas Consumidas (Mbps)		Mín (ms)	Med (ms)	Max (ms)	
1	0,2	0,00017	136	14,2	1,414	3	3	15	1
2	0,21	0,00017	135	12,2	1,536	3	3	11	1
3	0,21	0,00018	136	14,3	1,5	3	3	31	1
4	0,2	0,00017	133	14	1,464	3	3	4	1
5	0,21	0,00017	136	14,2	1,562	3	3	28	1
6	0,19	0,00017	136	14,2	1,455	3	3	5	1
7	0,22	0,00018	131	13,8	1,402	3	3	5	1
8	0,17	0,00017	136	14,2	1,511	3	3	11	1
9	0,17	0,00017	134	14	1,548	3	3	17	1
10	0,17	0,00017	134	14,1	1,508	3	3	5	1
11	0,18	0,00018	131	13,7	1,566	3	3	4	1
12	0,19	0,00017	131	13,8	1,423	3	4	15	1
13	0,17	0,00018	132	13,8	1,446	3	3	20	1
14	0,2	0,00018	133	14	1,437	3	3	5	1
15	0,19	0,00017	131	13,7	1,431	3	3	5	1
16	0,21	0,00018	132	13,9	1,443	3	3	7	1
17	0,22	0,00017	133	13,9	1,505	3	3	5	1
18	0,21	0,00017	135	14,2	1,415	3	3	6	1
19	0,21	0,00017	135	14,2	1,53	3	3	5	1
20	0,19	0,00018	132	13,8	1,443	3	3	6	1
Suma	3,92	0,00347	2672	278,2	29,539	60	61	210	20
Prom Total	0,196	0,0001735	133,6	13,91	1,47695	3	3,05	10,5	1

Fuente: Elaboración propia de los autores

- **Escenario 5: Transmisión de video en vivo mediante el uso del CODEC H.264 con congestión moderada.**

TABLA 5: Resultados de la evaluación del CODEC H.264 del quinto escenario

Escenario 5: Transmisión del CODEC H.264 en vivo con congestión moderada									
Número de Pruebas	Paquetes Perdidos		Ancho de Banda		Jitter (ms)	Latencia			Tramas Perdidas
	Reporte del Servidor (%)	Reporte Total (%)	Tramas Transferidas (Mbps)	Tramas Consumidas (Mbps)		Mínimo (ms)	Medio (ms)	Máximo (ms)	
1	0,12	0,054	113	11,9	2,576	3	4	14	1
2	0,037	0,00017	119	12,9	2,32	3	3	5	1
3	0,062	0,00017	76,8	8,05	1,332	3	3	9	1
4	0,06	0,00017	119	12,4	2,046	3	4	20	1
5	0,05	0,00017	112	11,8	2,328	3	3	7	1
6	0,041	0,00017	69,7	7,3	1,301	3	3	5	1
7	0,053	0,00017	113	11,9	1,811	3	3	19	1
8	0,053	0,00017	67,4	7,07	1,539	3	3	5	1
9	0,043	0,00017	115	12	1,721	3	3	8	1
10	0,023	0,00017	123	12,9	1,319	3	4	8	1
11	0,056	0,00017	66,7	6,99	1,417	3	3	15	1
12	0,06	0,00017	65,9	6,91	1,377	3	3	8	1
13	0,014	0,00017	112	11,08	1,401	3	4	9	1
14	0,0074	0,00017	117	12,3	1,386	3	3	9	1
15	0,0099	0,00017	72,8	7,64	1,395	3	3	4	1
16	0,0099	0,00017	61,9	6,42	1,28	3	3	8	1
17	0,0042	0,00017	108	11,3	1,255	3	3	8	1
18	0,0033	0,00017	117	12,2	1,321	3	4	9	1
19	0,0083	0,01	119	12,5	0,859	3	4	24	1
20	0,077	0,013	63,4	6,65	1,404	4	5	11	1
Suma	0,792	0,07989	1931,6	202,21	31,388	61	68	205	20
Prom Total	0,0396	0,0039945	96,58	10,1105	1,5694	3,05	3,4	10,25	1

Fuente: Elaboración propia de los autores

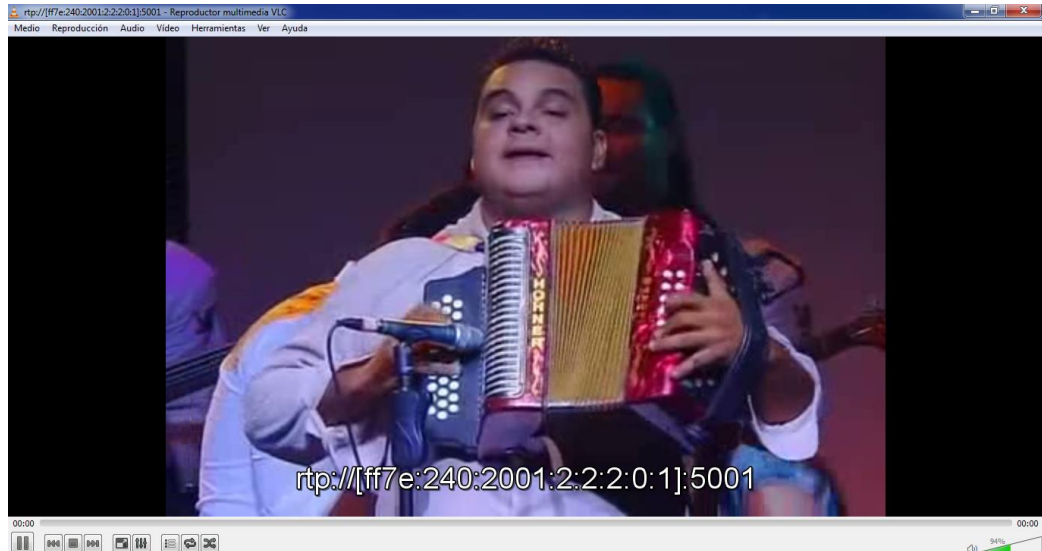
- **Escenario 6: Transmisión de video en vivo mediante el uso del CODEC H.264 con congestión fuerte.**

TABLA 6: Resultados de la evaluación del CODEC H.264 del sexto escenario

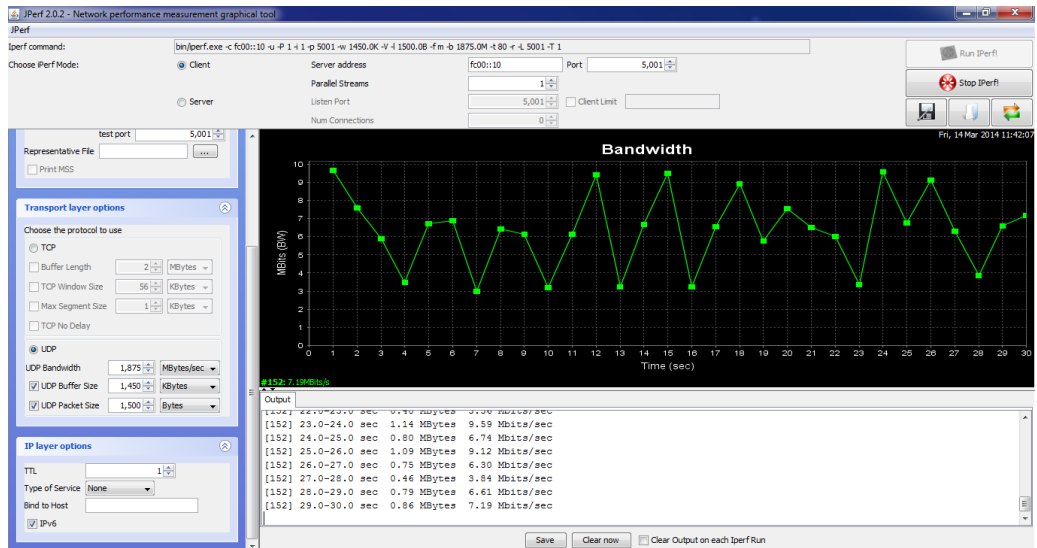
Escenario 6: Transmisión del CODEC H.264 en vivo congestión fuerte									
Número de Pruebas	Paquetes Perdidos		Ancho de Banda		Jitter (ms)	Latencia			Tramas Perdidas
	Reporte del Servidor (%)	Reporte Total (%)	Tramas Transferidas (Mbps)	Tramas Consumidas (Mbps)		Mín (ms)	Med (ms)	Max (ms)	
1	0,039	0,00017	130	13,6	1,412	3	3	12	1
2	0,032	0,00017	130	13,6	1,351	3	3	5	1
3	0,018	0,00017	130	13,6	1,455	3	3	5	1
4	0,031	0,00017	129	13,6	1,474	3	3	21	1
5	0,017	0,00017	128	13,4	1,29	3	3	6	1
6	0,037	0,00017	129	13,6	1,377	3	3	5	1
7	0,025	0,00017	131	13,7	1,652	3	3	5	1
8	0,028	0,00017	129	13,6	1,359	3	3	5	1
9	0,03	0,00017	130	13,6	1,521	3	3	4	1
10	0,026	0,00017	129	13,6	1,413	3	3	5	1
11	0,029	0,00017	129	13,6	1,456	3	3	45	1
12	0,03	0,00017	131	13,7	1,433	3	3	5	1
13	0,032	0,00017	131	13,7	1,701	3	3	4	1
14	0,029	0,00017	126	13,3	1,456	3	3	4	1
15	0,031	0,00017	128	13,4	1,442	3	3	5	1
16	0,031	0,00017	131	13,8	1,45	3	3	7	1
17	0,026	0,00017	129	13,5	1,423	3	3	26	1
18	0,022	0,00017	130	13,7	1,485	3	3	6	1
19	0,024	0,00017	131	13,7	1,512	3	3	6	1
20	0,033	0,00017	131	13,8	1,465	3	3	4	1
Suma	0,57	0,0034	2592	272,1	29,127	60	60	185	20
Prom Total	0,0285	0,00017	129,6	13,605	1,45635	3	3	9,25	1

Fuente: Elaboración propia de los autores

- Cliente que realiza petición para visualizar un video sobre demanda emitido en la red por un grupo Multicast mediante el uso del CODEC H.264



- Comprobación del rendimiento y captura de datos mediante la herramienta Jperf/Iperf en una emisión de video con congestión mediante el uso del CODEC H.264



- Cliente que realiza petición para visualizar un video en tiempo real emitido en la red por un grupo Multicast mediante el uso del CODEC H.264



- La figura expuesta a continuación, representa el proceso de solicitud que se realiza internamente entre la comunicación de paquetes para conocer los vecinos que un grupo Multicast en el protocolo de internet versión seis puede poseer.

The screenshot displays a network traffic capture tool interface. The main pane shows a list of captured packets with columns for No., Time, Source, Destination, Protocol, Length, and Info. The selected packet (No. 79) is an ICMPv6 Neighbor Solicitation message. The details pane below shows the structure of the packet, including the Ethernet II header, Internet Protocol Version 6 (IPv6) header, and the ICMPv6 payload. The payload includes the Neighbor Solicitation message structure, such as the destination MAC address (0023:5a:45:ae:d3) and the source MAC address (0024:14:58:02:01).

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
71	16.786869000	fc00::6d8a:4d97:c175:fe00:0:0:ffff::1	fc00::6d8a:4d97:c175:fe00:0:0:ffff::2	DNS	104	Standard query 0x53e7 A dn1-05.geo.kaspersky.com
72	16.786990000	fc00::6d8a:4d97:c175:fe00:0:0:ffff::2	fc00::6d8a:4d97:c175:fe00:0:0:ffff::1	DNS	104	Standard query response 0x53e7 A dn1-05.geo.kaspersky.com
73	16.787059000	fc00::6d8a:4d97:c175:fe00:0:0:ffff::3	fc00::6d8a:4d97:c175:fe00:0:0:ffff::3	DNS	104	Standard query 0x53e7 A dn1-05.geo.kaspersky.com
74	16.787803000	fc00::1	fc00::6d8a:4d97:c175:fe00:0:0:ffff::1	ICMPv6	152	Destination unreachable (no route to destination)
75	16.788201000	fc00::1	fc00::6d8a:4d97:c175:fe00:0:0:ffff::1	ICMPv6	152	Destination unreachable (no route to destination)
76	16.788390000	fc00::1	fc00::6d8a:4d97:c175:fe00:0:0:ffff::1	ICMPv6	152	Destination unreachable (no route to destination)
77	17.789110000	fe80::224:14ff:fe58:201	fc00::6d8a:4d97:c175:fe00:0:0:ffff::1	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fc00::6d8a:4d97:c175:fe00:0:0:ffff::1 from 00:24:14:58:02:01
78	17.789899000	fc00::6d8a:4d97:c175:fe80:224:14ff:fe58:201	fe80::224:14ff:fe58:201	ICMPv6	86	Neighbor Advertisement fc00::6d8a:4d97:c175:fe00:0:0:ffff::1 is at 00:23:5a:45:a
79	18.417819000	fe80::224:14ff:fe58:201	fe80::3839:697f:19a4:7c2d	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fe80::3839:697f:19a4:7c2d from 00:24:14:58:02:01
80	18.417904000	fe80::3839:697f:19a4:7c2d	fe80::224:14ff:fe58:201	ICMPv6	86	Neighbor Advertisement fe80::3839:697f:19a4:7c2d (sol, ovr) is at 00:23:5a:45:a

SECCIÓN II: Mediciones en la red del CODEC Xvid

- **Escenario 1: Transmisión de video sobre demanda mediante el uso del CODEC Xvid sin congestión.**

TABLA 1: Resultados de la evaluación del CODEC Xvid del primer escenario

Escenario 1: Transmisión del CODEC Xvid sobre demanda sin congestión									
Número de Pruebas	Paquetes Perdidos		Ancho de Banda		Jitter (ms)	Latencia			Tramas Perdidas
	Reporte del Servidor (%)	Reporte Total (%)	Tramas Transferidas (Mbps)	Tramas Consumidas (Mbps)		Min (ms)	Med (ms)	Max (ms)	
1	0	0,00017	132	13,8	1,199	3	3	6	1
2	0	0,00017	126	13,2	1,497	3	3	29	1
3	0	0,00017	127	13,3	1,452	3	3	13	1
4	0	0,00017	126	13,2	1,392	3	3	6	1
5	0	0,00017	127	13,3	1,453	3	3	15	1
6	0	0,00017	128	13,2	1,442	3	3	12	1
7	0	0,00017	128	13,4	1,494	3	3	22	1
8	0	0,00017	131	13,7	1,458	3	3	16	1
9	0	0,00017	131	13,7	1,392	3	3	33	1
10	0	0,00017	126	13,2	1,431	3	3	13	1
11	0	0,00017	127	13,4	1,47	3	5	31	1
12	0	0,00017	128	10,2	1,429	3	4	25	1
13	0	0,00017	128	13,4	1,491	3	3	22	1
14	0	0,00017	132	13,9	1,329	3	4	6	1
15	0	0,00017	134	14	1,438	3	3	18	1
16	0,12	0,00018	130	13,6	1,459	3	3	4	1
17	0,16	0,00018	127	13,3	1,433	3	3	5	1
18	0,2	0,00018	132	13,8	1,451	3	3	15	1
19	0,17	0,00018	131	13,8	1,436	3	3	6	1
20	0,17	0,00018	132	13,9	1,416	3	3	6	1
Suma	0,82	0,00345	2583	267,3	28,562	60	64	303	20
Prom Total	0,041	0,0001725	129,15	13,365	1,4281	3	3,2	15,15	1

Fuente: Elaboración propia de los autores

- **Escenario 2: Transmisión de video sobre demanda mediante el uso del CODEC Xvid con congestión moderada.**

TABLA 2: Resultados de la evaluación del CODEC Xvid del segundo escenario

Escenario 2: Transmisión del CODEC Xvid sobre demanda con congestión moderada									
Número de Pruebas	Paquetes Perdidos		Ancho de Banda		Jitter (ms)	Latencia			Tramas Perdidas
	Reporte del Servidor (%)	Reporte Total (%)	Tramas Transferidas (Mbps)	Tramas Consumidas (Mbps)		Mín (ms)	Med (ms)	Max (ms)	
1	0,55	0,00018	127	13,3	1,437	3	3	9	1
2	0,49	0,00018	131	13,8	1,507	3	3	6	1
3	0,59	0,00018	127	13,3	1,513	3	4	3	1
4	0,57	0,00018	131	13,7	1,562	3	3	6	1
5	0,51	0,00018	132	13,8	1,474	3	4	30	1
6	0,49	0,00018	129	13,5	1,443	3	4	35	1
7	0,57	0,00018	127	13,3	1,53	3	4	42	1
8	0,65	0,00018	131	13,7	1,483	3	3	6	1
9	0,45	0,00018	132	13	1,009	3	4	24	1
10	0,55	0,014	127	13,3	1,28	3	3	25	1
11	0,52	0,015	126	13,2	1,421	3	3	5	1
12	0,38	0,00018	131	13,7	1,67	3	4	14	1
13	0,49	0,00018	128	13,4	1,262	3	5	3	1
14	0,35	0,00018	131	13,8	1,799	3	3	14	1
15	0,54	0,00018	132	13,8	1,328	3	3	15	1
16	0,35	0,00018	131	13,8	1,98	3	3	9	1
17	0,55	0,00018	127	13,3	1,354	3	3	9	1
18	0,38	0,017	131	13,7	1,337	3	3	7	1
19	0,59	0,00018	130	13,6	1,497	3	3	11	1
20	0,61	0,00018	131	13,7	1,553	3	3	5	1
Suma	10,18	0,04906	2592	270,7	29,439	60	68	278	20
Prom Total	0,509	0,002453	129,6	13,535	1,47195	3	3,4	13,9	1

Fuente: Elaboración propia de los autores

- **Escenario 3: Transmisión de video sobre demanda mediante el uso del CODEC Xvid con congestión fuerte.**

TABLA 3: Resultados de la evaluación del CODEC Xvid del tercer escenario

Escenario 3: Transmisión del CODEC Xvid sobre demanda con congestión fuerte									
Número de Pruebas	Paquetes Perdidos		Ancho de Banda		Jitter (ms)	Latencia			Tramas Perdidas
	Reporte del Servidor (%)	Reporte Total (%)	Tramas Transferidas (Mbps)	Tramas Consumidas (Mbps)		Mín (ms)	Med (ms)	Max (ms)	
1	0,3	0,00018	67,9	7,09	1,866	3	4	29	1
2	0,51	0,00018	116	11,6	1,443	3	3	15	1
3	0,35	0,00018	93,4	9,79	1,203	3	4	10	1
4	0,5	0,00018	90,3	9,46	1,347	3	3	4	1
5	0,29	0,024	55,7	5,84	1,376	3	3	5	1
6	0,52	0,00018	93,6	9,82	1,347	3	4	28	1
7	0,24	0,00018	65,1	6,83	1,109	3	4	34	1
8	0,45	0,00018	86,4	9,06	1,373	3	3	5	1
9	0,42	0,00018	58,9	6,18	1,229	3	3	5	1
10	0,53	0,00018	86,2	9,04	1,164	3	3	10	1
11	0,3	0,00018	87	9,13	1	3	3	8	1
12	0,47	0,00018	90,3	9,47	1,363	3	3	8	1
13	0,34	0,00018	85,5	8,97	1,348	3	3	5	1
14	0,39	0,00018	119	12,5	1,361	3	3	5	1
15	0,33	0,00018	64,5	6,77	2,278	3	5	25	1
16	0,46	0,0076	63,6	6,67	1,34	3	3	4	1
17	0,32	0,00018	114	12	0,889	3	3	34	1
18	0,57	0,00018	60	6,29	1,312	3	4	49	1
19	0,34	0,00018	82,6	8,66	1,876	3	3	5	1
20	0,29	0,00018	80,5	8,44	1,27	3	3	23	1
Suma	7,92	0,03484	1660,5	173,61	27,494	60	67	311	20
Prom Total	0,396	0,001742	83,025	8,6805	1,3747	3	3,35	15,55	1

Fuente: Elaboración propia de los autores

- **Escenario 4: Transmisión de video en vivo mediante el uso del CODEC**

Xvid sin congestión.

TABLA 4: Resultados de la evaluación del CODEC Xvid del cuarto escenario

Escenario 4: Transmisión del CODEC Xvid en vivo sin carga										
Número de Pruebas	Paquetes Perdidos		Ancho de Banda		Jitter (ms)	Latencia			Tramas Perdidas	
	Reporte del Servidor (%)	Reporte Total (%)	Tramas Transferidas (Mbps)	Tramas Consumidas (Mbps)		Min (ms)	Med (ms)	Max (ms)		
1	0,22	0,00018	128	13,6	1,469	3	3	5	1	
2	0,23	0,00018	127	13,3	1,572	3	3	21	1	
3	0,16	0,00018	135	14,1	1,447	3	3	4	1	
4	0,17	0,00018	130	13,6	1,441	3	3	7	1	
5	0,18	0,00018	132	13,8	1,448	3	3	5	1	
6	0,17	0,00018	134	14,1	1,434	3	3	5	1	
7	0,22	0,00018	134	14	1,384	3	3	5	1	
8	0,19	0,00018	130	13,6	1,418	3	3	5	1	
9	0,21	0,00018	132	13,9	1,406	3	4	14	1	
10	0,18	0,00018	130	13,6	1,397	3	3	6	1	
11	0,2	0,00018	128	13,4	1,444	3	3	5	1	
12	0	0,00017	131	13,8	1,478	3	3	6	1	
13	0	0,00017	130	13,7	1,478	3	3	5	1	
14	0	0,00017	133	13,9	1,403	3	3	5	1	
15	0	0,00017	129	13,5	1,442	3	3	5	1	
16	0	0,00017	132	13,8	1,414	3	3	6	1	
17	0	0,00017	128	13,4	1,518	3	3	15	1	
18	0	0,00017	130	13,6	1,447	3	3	4	1	
19	0	0,00017	129	13,5	1,454	3	3	5	1	
20	0	0,068	127	13,4	1,45	3	3	5	1	
Suma	2,13	0,07134	2609	273,6	28,944	60	61	138	20	
Prom Total	0,1065	0,003567	130,45	13,68	1,4472	3	3,05	6,9	1	

Fuente: Elaboración propia de los autores

- **Escenario 5: Transmisión de video en vivo mediante el uso del CODEC Xvid con congestión moderada.**

TABLA 5: Resultados de la evaluación del CODEC Xvid del quinto escenario

Escenario 5: Transmisión del CODEC Xvid en vivo con congestión moderada									
Número de Pruebas	Paquetes Perdidos		Ancho de Banda		Jitter (ms)	Latencia			Tramas Perdidas
	Reporte del Servidor (%)	Reporte Total (%)	Tramas Transferidas (Mbps)	Tramas Consumidas (Mbps)		Min (ms)	Med (ms)	Max (ms)	
1	0,073	0,00018	63,2	6,63	1,435	3	3	9	1
2	0,098	0,00018	61,3	6,42	1,365	3	3	23	1
3	0,089	0,00018	64,5	6,77	1,763	3	3	8	1
4	0,11	0,00018	57	5,97	1,414	3	3	26	1
5	0,075	0,011	65,5	6,87	1,482	3	3	15	1
6	0,053	0,00018	59,4	6,23	1,614	3	3	8	1
7	0,038	0,00018	117	12,3	1,245	3	3	8	1
8	0,053	0,18	116	12,2	1,819	3	3	7	1
9	0,064	0,00018	59,4	6,22	1,378	3	3	13	1
10	0,089	0,00018	62,6	6,56	1,305	3	3	19	1
11	0,049	0,014	118	12,4	1,615	3	3	5	1
12	0,061	0,00018	115	12,1	2,542	3	3	5	1
13	0,078	0,24	115	12,1	1,358	3	3	29	1
14	0,073	0,5	117	12,2	1,621	3	3	8	1
15	0,051	0,00018	116	12,2	1,872	3	3	5	1
16	0,028	0,00018	115	12,1	2,524	3	3	6	1
17	0,062	0,00018	67,6	7,09	1,705	3	3	8	1
18	0,062	0,00018	87,4	9,16	1,616	3	3	25	1
19	0,056	0,00018	86,6	9,08	1,388	3	3	21	1
20	0,063	0,00018	55,6	5,83	1,059	3	3	8	1
Suma	1,325	0,9477	1719,1	180,43	32,12	60	60	256	20
Prom Total	0,06625	0,047385	85,955	9,0215	1,606	3	3	12,8	1

Fuente: Elaboración propia de los autores

- **Escenario 6: Transmisión de video en vivo mediante el uso del CODEC Xvid con congestión fuerte.**

TABLA 6: Resultados de la evaluación del CODEC Xvid del sexto escenario

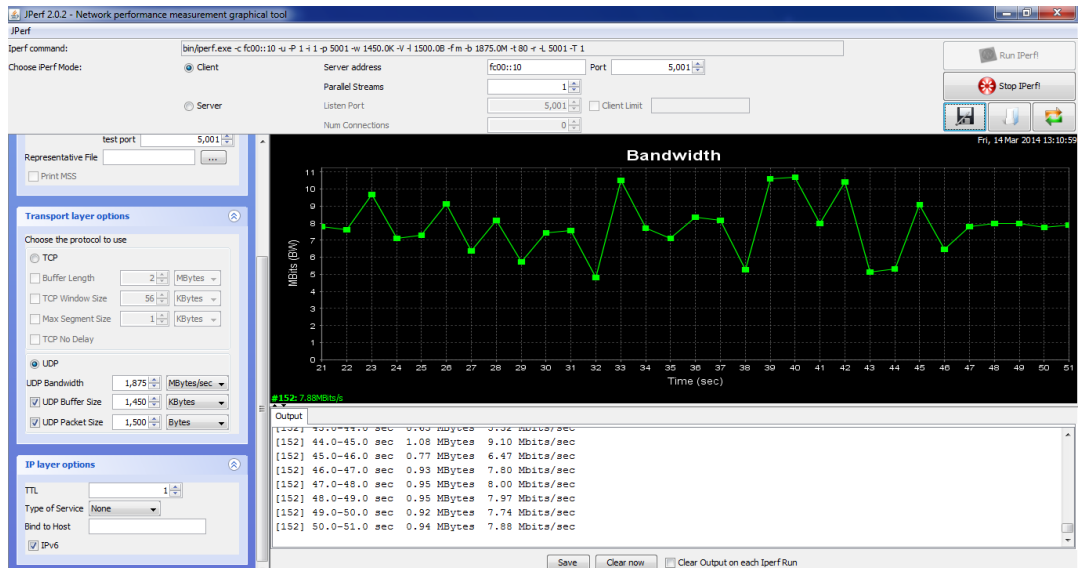
Escenario 6: Transmisión del CODEC Xvid en vivo con congestión fuerte									
Número de Pruebas	Paquetes Perdidos		Ancho de Banda		Jitter (ms)	Latencia			Tramas Perdidas
	Reporte del Servidor (%)	Reporte Total (%)	Tramas Transferidas (Mbps)	Tramas Consumidas (Mbps)		Min (ms)	Med (ms)	Max (ms)	
1	0,17	0,00018	129	13,6	1,467	2	3	18	1
2	0,19	0,00018	131	13,8	1,492	3	3	21	1
3	0,2	0,00018	132	13,8	1,463	3	3	5	1
4	0,2	0,00018	130	13,6	1,474	3	3	5	1
5	0,19	0,00018	129	13,6	1,447	3	3	5	1
6	0,18	0,00018	132	13,9	1,435	3	3	5	1
7	0,17	0,00018	131	13,8	1,505	3	3	6	1
8	0,21	0,00018	132	13,8	1,501	3	3	5	1
9	0,14	0,00018	129	13,6	1,6709	3	3	6	1
10	0,19	0,00018	132	13,9	1,492	3	3	5	1
11	0,19	0,00018	134	14	1,498	3	3	9	1
12	0,21	0,00018	129	13,5	1,484	3	3	5	1
13	0,21	0,00018	132	13,9	1,484	3	3	21	1
14	0,15	0,00018	128	13,4	1,522	3	3	5	1
15	0,15	0,00018	133	13,9	1,469	3	3	6	1
16	0,16	0,00018	130	13,6	1,46	3	3	6	1
17	0,17	0,00018	133	14	1,396	3	3	46	1
18	0,2	0,00018	128	13,4	1,441	3	3	46	1
19	0,2	0,00018	132	13,9	1,476	3	3	5	1
20	0,16	0,00018	132	13,8	1,511	3	3	5	1
Suma	3,64	0,0036	2618	274,8	29,6879	59	60	235	20
Prom Total	0,182	0,00018	130,9	13,74	1,4844	2,95	3	11,75	1

Fuente: Elaboración propia de los autores

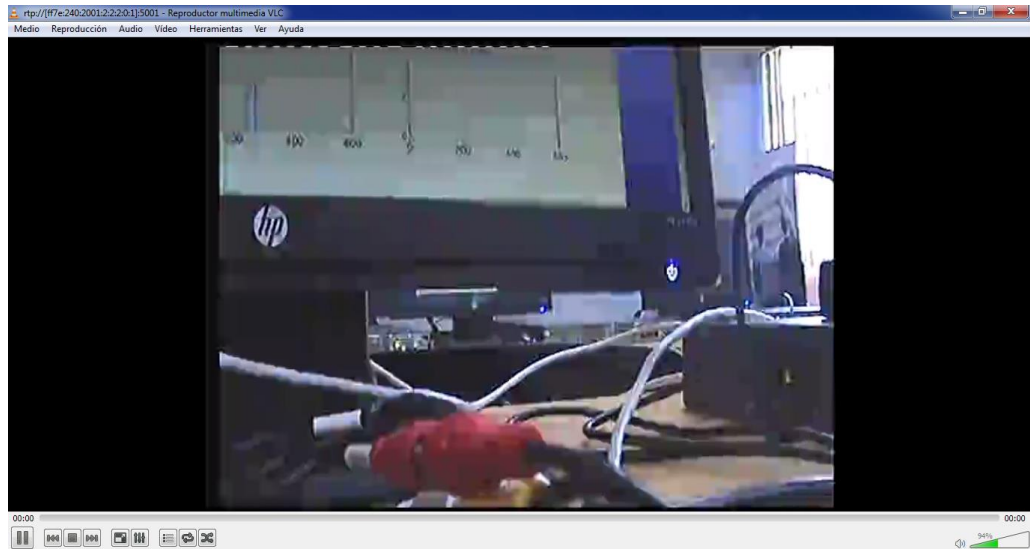
- Cliente que realiza petición para visualizar un video sobre demanda emitido en la red por un grupo Multicast mediante el uso del CODEC Xvid



- Comprobación del rendimiento y captura de datos mediante la herramienta Jperf/Iperf en una emisión de video con congestión mediante el uso del CODEC Xvid



- Cliente que realiza petición para visualizar un video en tiempo real emitido en la red por un grupo Multicast mediante el uso del CODEC Xvid



- En la pantalla presentada a continuación se puede verificar un mensaje MLD la cual representa la comunicación que existe entre los routers con los clientes, permitiendo de esta manera que los clientes tengan acceso a la visualización de la transmisión que se está realizando en la red.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1468	359.906418000	fc00::1	fc00::6d8a:4d97:c175::1	ICMPv6	152	Destination unreachable (no route to destination)
1469	359.907260000	fc00::1	fc00::6d8a:4d97:c175::1	ICMPv6	152	Destination unreachable (no route to destination)
1472	361.416968000	fe80::224:14ff:fe58:201	fe80::3839:697f:19a4:7c2d::1	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fe80::3839:697f:19a4:7c2d from 00:24:14:58:02:01
1473	361.417052000	fe80::3839:697f:19a4:7c2d::1	fe80::224:14ff:fe58:201	ICMPv6	86	Neighbor Advertisement fe80::3839:697f:19a4:7c2d (sol, ovr) is at 00:23:5a:45:a
1480	363.908037000	fc00::1	fc00::6d8a:4d97:c175::1	ICMPv6	152	Destination unreachable (no route to destination)
1481	363.908437000	fc00::1	fc00::6d8a:4d97:c175::1	ICMPv6	152	Destination unreachable (no route to destination)
1482	363.908823000	fc00::1	fc00::6d8a:4d97:c175::1	ICMPv6	152	Destination unreachable (no route to destination)
1483	364.437422000	fe80::224:14ff:fe58:201	ff02::1	ICMPv6	90	Multicast Listener query
1484	364.662888000	fe80::226:6c9f:fe5b:4ff02::16	ff02::1	ICMPv6	130	Multicast Listener Report Message v2
1486	364.907763000	fc00::1	fc00::6d8a:4d97:c175::1	ICMPv6	152	Destination unreachable (no route to destination)
1489	364.908166000	fc00::1	fc00::6d8a:4d97:c175::1	ICMPv6	152	Destination unreachable (no route to destination)


```

Frame 1483: 90 bytes on wire (720 bits), 90 bytes captured (720 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: Cisco_58:02:01 (00:24:14:58:02:01), Dst: IPv6mcast_00:00:00:01 (33:33:00:00:00:01)
Internet Protocol Version 6, Src: fe80::224:14ff:fe58:201 (fe80::224:14ff:fe58:201), Dst: ff02::1 (ff02::1)
  0110 .... = Version: 6
  [0110 .... = This field makes the filter "ip.version == 6" possible: 6]
  .... 1110 0000 .... = Traffic class: 0x0000000e
  .... 0000 0000 0000 0000 = FlowLabel: 0x00000000
  Payload length: 36
  Next header: IPv6 hop-by-hop option (0)
  Hop limit: 1
  Source: fe80::224:14ff:fe58:201 (fe80::224:14ff:fe58:201)
  [Source SA MAC: cisco_58:02:01 (00:24:14:58:02:01)]
  Destination: ff02::1 (ff02::1)
  [Source geoIP: unknown]
  [Destination geoIP: unknown]
  Hop-by-hop Option
  Next header: ICMPv6 (58)
  Length: 0 (8 bytes)
0000 33 33 00 00 00 01 00 24 14 58 02 01 ff 00 33.....$.X...n.
0010 00 00 00 24 00 01 fe 80 00 00 00 00 00 02 24 ...$.X...$.
0020 14 ff fe 58 02 01 ff 02 00 00 00 00 00 00 00 ...X...$.
0030 00 00 00 00 00 01 2a 00 05 00 00 01 00 82 00 ...X...$.
0040 3f 1a 27 10 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ...X...$.
  
```

SECCIÓN III: Mediciones en la red del CODEC Theora

- **Escenario 1: Transmisión de video sobre demanda mediante el uso del CODEC Theora sin congestión.**

TABLA 1: Resultados de la evaluación del CODEC Theora del primer escenario

Escenario 1: Transmisión del CODEC Theora sobre demanda sin congestión									
Número de Pruebas	Paquetes Perdidos		Ancho de Banda		Jitter (ms)	Latencia			Tramas Perdidas
	Reporte del Servidor (%)	Reporte Total (%)	Tramas Transferidas (Mbps)	Tramas Consumidas (Mbps)		Mín (ms)	Med (ms)	Max (ms)	
1	0	0,00017	140	14,7	1,436	3	3	24	1
2	0	0,00017	140	14,7	1,437	3	3	10	1
3	0	0,17	139	14,6	1,586	3	3	6	1
4	0	0,00017	140	14,7	1,303	3	3	5	1
5	0	0,00017	140	14,7	1,385	3	3	15	1
6	0	0,00017	140	14,7	1,419	3	3	4	1
7	0	0,00017	140	14,7	1,433	3	3	6	1
8	0	0,00017	140	14,7	1,432	3	3	6	1
9	0	0,00017	140	14,7	1,423	3	3	4	1
10	0	0,00017	139	14,6	1,422	3	3	25	1
11	0	0,00017	140	14,7	1,422	3	3	5	1
12	0	0,00017	140	14,7	1,405	3	3	6	1
13	0	0,00017	140	14,7	1,419	3	3	43	1
14	0	0,00017	140	14,7	1,417	3	3	26	1
15	0	0,00017	140	14,7	1,446	3	4	6	1
16	0	0,00017	140	14,7	1,44	3	3	6	1
17	0	0,00017	140	14,7	1,491	3	3	6	1
18	0	0,00017	140	14,7	1,423	3	3	12	1
19	0	0,00017	140	14,7	1,488	3	3	33	1
20	0	0,00017	140	14,6	1,487	3	3	6	1
Suma	0	0,17323	2798	293,7	28,714	60	61	254	20
Prom Total	0	0,0086615	139,9	14,685	1,4357	3	3,05	12,7	1

Fuente: Elaboración propia de los autores

- **Escenario 2: Transmisión de video sobre demanda mediante el uso del CODEC Theora con congestión moderada.**

TABLA 2: Resultados de la evaluación del CODEC Theora del segundo escenario

Escenario 2: Transmisión del CODEC Theora sobre demanda con congestión moderada									
Número de Pruebas	Paquetes Perdidos		Ancho de Banda		Jitter (ms)	Latencia			Tramas Perdidas
	Reporte del Servidor (%)	Reporte Total (%)	Tramas Transferidas (Mbps)	Tramas Consumidas (Mbps)		Mín (ms)	Med (ms)	Max (ms)	
1	0,067	0,00018	147	15,4	1,367	3	3	25	1
2	0,051	0,00018	146	15,3	1,284	3	3	25	1
3	0,049	0,00018	147	15,4	1,459	3	3	6	1
4	0	0,28	147	15,4	1,358	3	3	42	1
5	0,0068	0,00017	148	15,5	1,371	3	3	16	1
6	0	0,00017	147	15,5	1,484	3	3	20	1
7	0	0,00017	147	15,4	1,451	3	3	6	1
8	0	0,00017	147	15,4	1,427	3	3	5	1
9	0,069	0,00018	147	2,87	1,455	3	3	37	1
10	0	0,00017	146	15,3	1,34	3	4	48	1
11	0	0,00017	144	15,1	1,275	3	3	26	1
12	0	0,00017	144	15,1	1,362	3	4	30	1
13	0	0,00017	148	15,5	1,345	3	4	3	1
14	0	0,00017	146	15,3	1,389	3	3	10	1
15	0	0,00017	143	15	1,36	3	3	6	1
16	0,003	0,00017	145	15,2	1,537	3	3	23	1
17	0	0,00017	145	15,2	1,381	3	3	5	1
18	0	0,00017	146	15,3	1,412	3	3	5	1
19	0	0,00017	145	15,2	1,816	3	3	5	1
20	0	0,00017	145	15,2	1,376	3	3	5	1
Suma	0,2458	0,28327	2920	293,57	28,249	60	63	348	20
Prom Total	0,01229	0,0141635	146	14,6785	1,41245	3	3,15	17,4	1

Fuente: Elaboración propia de los autores

- **Escenario 3: Transmisión de video sobre demanda mediante el uso del CODEC Theora con congestión fuerte.**

TABLA 3: Resultados de la evaluación del CODEC Theora del tercer escenario

Escenario 3: Transmisión del CODEC Theora sobre demanda con congestión fuerte									
Número de Pruebas	Paquetes Perdidos		Ancho de Banda		Jitter (ms)	Latencia			Tramas Perdidas
	Reporte del Servidor (%)	Reporte Total (%)	Tramas Transferidas (Mbps)	Tramas Consumidas (Mbps)		Min (ms)	Med (ms)	Max (ms)	
1	0,003	0,00017	147	15,4	1,427	3	4	73	1
2	0,055	0,00018	147	15,5	1,518	3	3	6	1
3	0	0,00017	146	15,3	1,446	3	3	6	1
4	0,007	0,00017	145	15,3	1,369	3	3	15	1
5	0,001	0,00017	146	15,3	1,528	3	3	23	1
6	0,068	0,00018	149	15,6	1,357	3	3	5	1
7	0,007	0,00017	147	15,4	1,391	3	3	6	1
8	0	0,00017	147	15,4	1,993	3	3	15	1
9	0	0,00017	146	15,4	1,428	3	3	6	1
10	0,0097	0,00018	147	15,4	1,482	3	3	5	1
11	0,007	0,00017	145	15,3	1,687	3	3	5	1
12	0,15	0,00017	148	15,5	1,364	3	3	5	1
13	0,12	0,00017	147	15,5	1,573	3	3	5	1
14	0,083	0,00018	148	15,6	1,349	3	3	5	1
15	0,039	0,00017	145	15,1	1,428	3	3	6	1
16	0,068	0,00017	148	15,5	1,421	3	4	10	1
17	0,11	0,00018	144	15,1	1,119	3	3	5	1
18	0,12	0,00018	148	15,5	1,342	3	3	5	1
19	0,11	0,00018	149	15,6	1,248	3	3	7	1
20	0,13	0,00018	149	15,6	1,318	3	3	9	1
Suma	1,0877	0,00348	2938	308,3	28,788	60	62	222	20
Prom Total	0,054385	0,000174	146,9	15,415	1,4394	3	3,1	11,1	1

Fuente: Elaboración propia de los autores

- **Escenario 4: Transmisión de video en vivo mediante el uso del CODEC Theora sin congestión.**

TABLA 4: Resultados de la evaluación del CODEC Theora del cuarto escenario

Escenario 4: Transmisión del CODEC Theora en vivo sin congestión									
Número de Pruebas	Paquetes Perdidos		Ancho de Banda		Jitter (ms)	Latencia			Tramas Perdidas
	Reporte del Servidor (%)	Reporte Total (%)	Tramas Transferidas (Mbps)	Tramas Consumidas (Mbps)		Min (ms)	Med (ms)	Max (ms)	
1	0,087	0,017	131	13,8	1,405	3	4	34	1
2	0,014	0,00019	129	13,5	1,519	3	3	6	1
3	0,004	0,022	108	11,3	1,574	3	4	13	1
4	0,0076	0,021	132	13,9	1,471	3	3	7	1
5	0,094	0,00019	122	12,8	1,477	3	4	29	1
6	0,01	0,019	112	11,8	1,793	3	4	8	1
7	0,008	0,018	125	13,1	1,504	3	4	10	1
8	0,0013	0,00019	108	11,3	1,889	3	4	14	1
9	0,0076	0,021	113	11,8	1,491	3	4	25	1
10	0,0082	0,025	123	12,9	1,93	3	4	29	1
11	0,026	0,066	109	11,4	1,52	3	4	29	1
12	0,0066	0,023	109	11,4	1,852	3	4	12	1
13	0,0062	0,0019	115	12,1	1,405	3	4	10	1
14	0,0092	0,084	109	11,4	1,939	3	4	39	1
15	0,0086	0,025	116	12,2	1,966	3	4	39	1
16	0	0,023	96	10,1	1,854	3	4	8	1
17	0,017	0,02	125	13,1	1,881	3	4	10	1
18	0,074	0,00019	116	12,2	1,99	3	4	7	1
19	0,004	0,00019	106	11,1	1,469	3	4	20	1
20	0,0061	0,00019	117	12,3	1,465	3	4	9	1
Suma	0,3994	0,38704	2321	243,5	33,394	60	78	358	20
Prom Total	0,01997	0,019352	116,05	12,175	1,6697	3	3,9	17,9	1

Fuente: Elaboración propia de los autores

- **Escenario 5: Transmisión de video en vivo mediante el uso del CODEC Theora con congestión moderada.**

TABLA 5: Resultados de la evaluación del CODEC Theora del quinto escenario

Escenario 5: Transmisión del CODEC Theora en vivo con congestión moderada									
Número de Pruebas	Paquetes Perdidos		Ancho de Banda		Jitter (ms)	Latencia			Tramas Perdidas
	Reporte del Servidor (%)	Reporte Total (%)	Tramas Transferidas (Mbps)	Tramas Consumidas (Mbps)		Min (ms)	Med (ms)	Max(ms)	
1	0,027	0,00019	144	15,1	1,258	3	3	25	1
2	0,02	0,03	137	14,3	1,409	3	4	36	1
3	0,017	0,00019	136	13,2	1,401	3	4	17	1
4	0,02	0,00018	143	15,3	1,412	3	3	5	1
5	0,015	0,00019	135	14,1	1,724	3	3	5	1
6	0,013	0,00019	134	14,1	1,954	3	4	22	1
7	0,088	0,025	130	13,7	1,478	3	3	16	1
8	1,8	0,00019	126	13,4	1,48	3	4	7	1
9	0,021	0,00019	145	15,2	1,388	3	3	9	1
10	0,024	0,034	133	13,9	1,378	3	3	7	1
11	0,0037	0,019	116	12,7	1,313	3	4	16	1
12	0,013	0,00019	130	13,6	1,869	3	3	7	1
13	0,018	0,024	137	14,4	1,761	3	3	11	1
14	0,012	0,024	139	14,6	1,358	3	4	66	1
15	0,011	0,0019	128	13,4	1,579	3	4	8	1
16	0,021	0,00019	143	15	1,366	3	3	8	1
17	0,01	0,00019	141	14,8	1,885	3	4	11	1
18	0,0025	0,00037	115	12,1	1,332	3	4	20	1
19	0,011	0,00019	126	13,2	1,123	3	3	6	1
20	0,012	0,00018	142	14,9	1,48	3	3	8	1
Suma	2,1592	0,16053	2680	281	29,948	60	69	310	20
Prom Total	0,10796	0,0080265	134	14,05	1,4974	3	3,45	15,5	1

Fuente: Elaboración propia de los autores

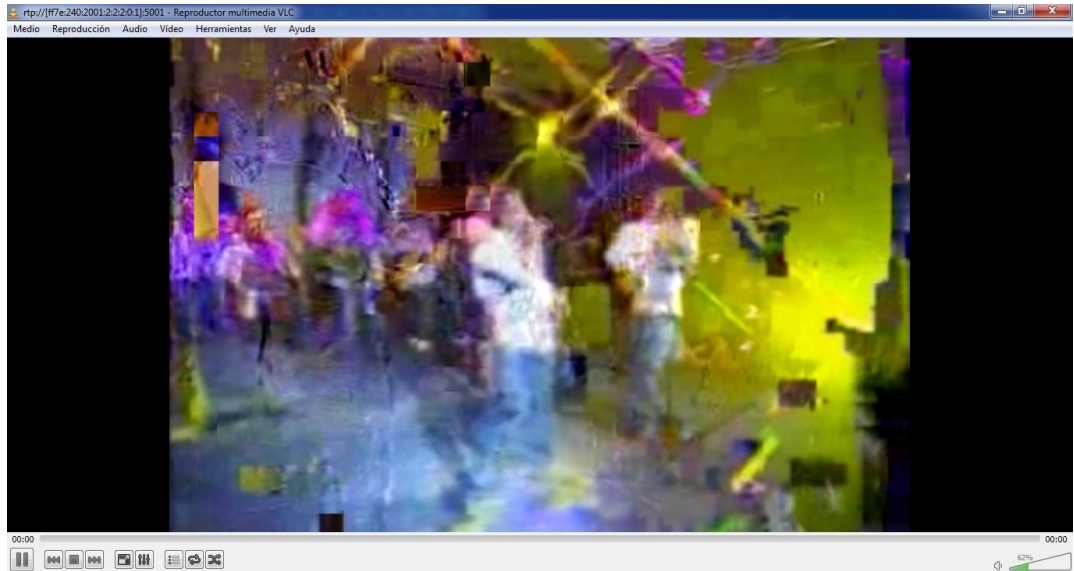
- **Escenario 6: Transmisión de video en vivo mediante el uso del CODEC Theora con congestión fuerte.**

TABLA 6: Resultados de la evaluación del CODEC Theora del sexto escenario

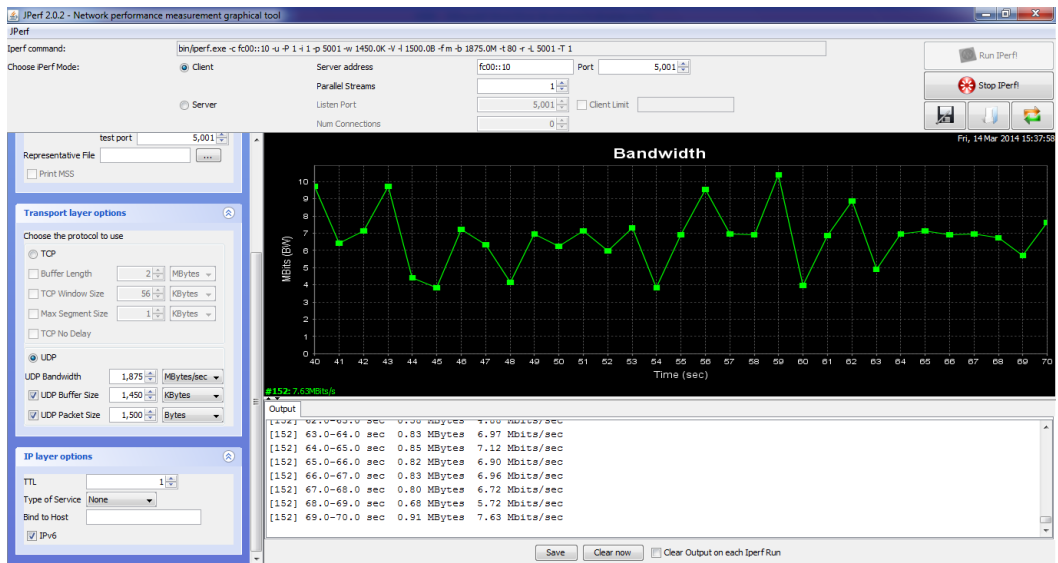
Escenario 6: Transmisión del CODEC Theora en vivo con congestión fuerte									
Número de Pruebas	Paquetes Perdidos		Ancho de Banda		Jitter (ms)	Latencia			Tramas Perdidas
	Reporte del Servidor (%)	Reporte Total (%)	Tramas Transferidas (Mbps)	Tramas Consumidas (Mbps)		Mín (ms)	Med (ms)	Max (ms)	
1	0,015	0,00019	135	14,2	1,434	3	4	29	1
2	0,014	0,00019	130	13,6	1,902	3	3	9	1
3	0,016	0,026	138	14,5	1,306	3	3	12	1
4	0,97	0,25	140	14,8	1,561	3	3	8	1
5	0,13	0,00018	136	14,3	1,543	3	3	63	1
6	0,13	0,00018	137	14,3	1,41	3	3	6	1
7	0,09	0,00019	138	13,8	1,498	3	4	8	1
8	0,099	0,00018	140	13,9	1,434	3	3	12	1
9	0,11	0,00019	137	13,8	1,437	3	5	31	1
10	0,18	0,00018	132	13,8	1,73	3	5	18	1
11	0,18	0,00018	137	13,9	1,388	3	7	21	1
12	0,1	0,00019	130	14,3	1,485	3	6	23	1
13	0,92	0,00019	128	14,2	1,498	4	4	8	1
14	0,11	0,00018	137	14	1,459	3	4	25	1
15	0,024	0,00018	133	13,9	1,487	3	4	6	1
16	0,016	0,00018	140	13,9	1,201	3	4	9	1
17	0,18	0,00018	138	14,1	1,388	3	4	14	1
18	0,18	0,00018	139	14,2	1,73	3	7	18	1
19	0,016	0,00018	140	14	1,427	3	5	63	1
20	0,025	0,00018	139	13,9	1,467	3	6	20	1
Suma	3,505	0,2793	2724	281,4	29,785	61	87	403	20
Prom Total	0,17525	0,013965	136,2	14,07	1,48925	3,05	4,35	20,15	1

Fuente: Elaboración propia de los autores

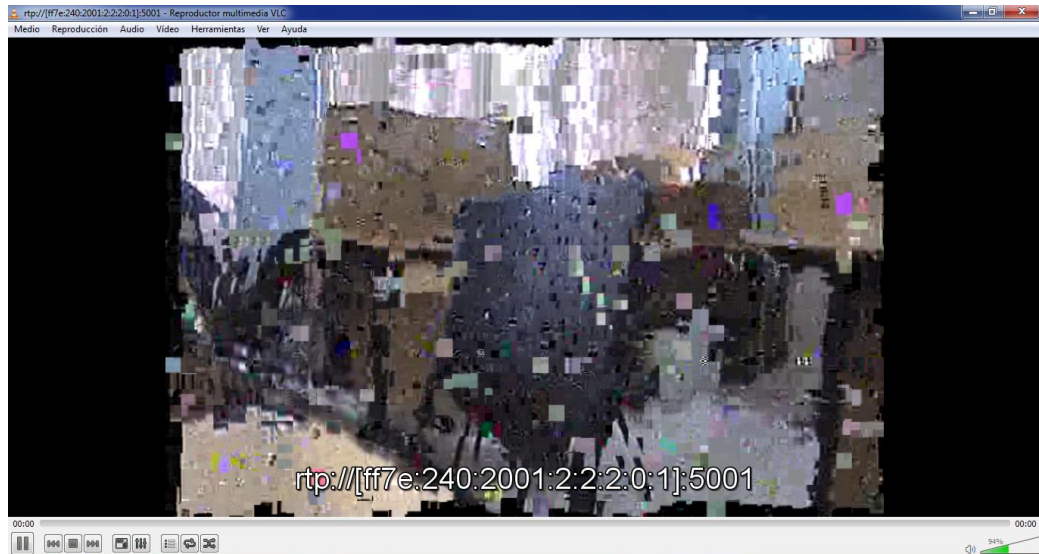
- Cliente que realiza petición para visualizar un video sobre demanda emitido en la red por un grupo Multicast mediante el uso del CODEC Theora



- Comprobación del rendimiento y captura de datos mediante la herramienta Jperff/Iperf en una emisión de video con congestión mediante el uso del CODEC Theora



- Cliente que realiza petición para visualizar un video en tiempo real emitido en la red por un grupo Multicast mediante el uso del CODEC Theora.



- Para la medición de uno de los indicadores del rendimiento fue necesario modificar el tamaño del paquete de datos a transmitir en la red, la figura mostrada a continuación presenta dicho cambio que sufre el paquete.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1172	76.971936000	fc00::20	fc01::fca1:b786:b786:TCP	TCP	1020	[TCP Retransmission] complex-link > complex-link [NONE] Seq=1 win=1024 Len=
1172	76.971936000	fc00::20	fc01::fca1:b786:b786:TCP	TCP	1020	[TCP Retransmission] complex-link > complex-link [NONE] Seq=1 win=1024 Len=
1173	76.971937000	fc00::20	fc01::fca1:b786:b786:TCP	TCP	1020	[TCP Retransmission] complex-link > complex-link [NONE] Seq=1 win=1024 Len=
1174	76.971972000	fc00::20	fc01::fca1:b786:b786:TCP	TCP	1020	[TCP Retransmission] complex-link > complex-link [NONE] Seq=1 win=1024 Len=
1175	76.971974000	fc00::20	fc01::fca1:b786:b786:TCP	TCP	1020	[TCP Retransmission] complex-link > complex-link [NONE] Seq=1 win=1024 Len=
1176	76.971986000	fc00::20	fc01::fca1:b786:b786:TCP	TCP	1020	[TCP Retransmission] complex-link > complex-link [NONE] Seq=1 win=1024 Len=
1177	76.971989000	fc00::20	fc01::fca1:b786:b786:TCP	TCP	1020	[TCP Retransmission] complex-link > complex-link [NONE] Seq=1 win=1024 Len=
1178	77.021988000	fc00::20	fc01::fca1:b786:b786:TCP	TCP	1020	[TCP Retransmission] complex-link > complex-link [NONE] Seq=1 win=1024 Len=
1179	77.071974000	fc00::20	fc01::fca1:b786:b786:TCP	TCP	1020	[TCP Retransmission] complex-link > complex-link [NONE] Seq=1 win=1024 Len=
1180	77.141978000	fc00::20	fc01::fca1:b786:b786:TCP	TCP	1020	[TCP Retransmission] complex-link > complex-link [NONE] Seq=1 win=1024 Len=
1181	77.171754000	fe80::224:14ff:fe58:2ff02::1		ICMPv6	118	Router Advertisement From 00:24:14:58:02:01
1182	77.172000000	fc00::20	fc01::fca1:b786:b786:TCP	TCP	1020	[TCP Retransmission] complex-link > complex-link [NONE] Seq=1 win=1024 Len=

```

Ethernet II, Src: 00:00:00:00:00:00 (00:00:00:00:00:00), Dst: 00:00:00:00:00:00 (00:00:00:00:00:00)
Internet Protocol Version 6, Src: fc00::20 (fc00::20), Dst: fc01::fca1:b786:b786:aefb (fc01::fca1:b786:aefb)
Transmission Control Protocol, Src Port: complex-link (5001), Dst Port: complex-link (5001), Seq= 1, Len: 946
Source port: complex-link (5001)
Destination port: complex-link (5001)
[Stream index: 0]
Sequence number: 1 (relative sequence number)
Next sequence number: 947 (relative sequence number)
Header length: 20 bytes
Flags: 0x000 (NONE)
Window size value: 1024
[calculated window size: 1024]
[window size scaling factor: -1 (unknown)]
[SEQ/ACK analysis]
Data (946 bytes)
data: 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000...
[Length: 946]
0000 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 86 de 00 00
0010 00 00 03 e6 06 7f fc 00 00 00 00 00 00 00 00
0020 00 00 00 00 00 20 fc 01 00 00 00 00 00 fc a1
0030 00 15 b7 36 a6 fb 13 89 13 89 00 01 f7 fa 00
0040 00 00 30 04 00 00 e6 c7 00 00 00 00 00 00 00
0050 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
  
```

ANEXO 3

TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE CHI CUADRADO CON VALORES CRÍTICOS

g.d.l	0,001	0,005	0,01	0,02	0,025	0,03	0,04	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	g.d.l
1	10,828	7,879	6,635	5,412	5,024	4,709	4,218	3,841	2,706	2,072	1,642	1,323	1,074	0,873	0,708	1
2	13,816	10,597	9,210	7,824	7,378	7,013	6,438	5,991	4,605	3,794	3,219	2,773	2,408	2,100	1,833	2
3	16,266	12,838	11,345	9,837	9,348	8,947	8,311	7,815	6,251	5,317	4,642	4,108	3,665	3,283	2,946	3
4	18,467	14,860	13,277	11,668	11,143	10,712	10,026	9,488	7,779	6,745	5,989	5,385	4,878	4,438	4,045	4
5	20,515	16,750	15,086	13,388	12,833	12,375	11,644	11,070	9,236	8,115	7,289	6,626	6,064	5,573	5,132	5
6	22,458	18,548	16,812	15,033	14,449	13,968	13,198	12,592	10,645	9,446	8,558	7,841	7,231	6,695	6,211	6
7	24,322	20,278	18,475	16,622	16,013	15,509	14,703	14,067	12,017	10,748	9,803	9,037	8,383	7,806	7,283	7
8	26,124	21,955	20,090	18,168	17,535	17,010	16,171	15,507	13,362	12,027	11,030	10,219	9,524	8,909	8,351	8
9	27,877	23,589	21,666	19,679	19,023	18,480	17,608	16,919	14,684	13,288	12,242	11,389	10,656	10,006	9,414	9
10	29,588	25,188	23,209	21,161	20,483	19,922	19,021	18,307	15,987	14,534	13,442	12,549	11,781	11,097	10,473	10
11	31,264	26,757	24,725	22,618	21,920	21,342	20,412	19,675	17,275	15,767	14,631	13,701	12,899	12,184	11,530	11
12	32,909	28,300	26,217	24,054	23,337	22,742	21,785	21,026	18,549	16,989	15,812	14,845	14,011	13,266	12,584	12
13	34,528	29,819	27,688	25,472	24,736	24,125	23,142	22,362	19,812	18,202	16,985	15,984	15,119	14,345	13,636	13
14	36,123	31,319	29,141	26,873	26,119	25,493	24,485	23,685	21,064	19,406	18,151	17,117	16,222	15,421	14,685	14
15	37,697	32,801	30,578	28,259	27,488	26,848	25,816	24,996	22,307	20,603	19,311	18,245	17,322	16,494	15,733	15
16	39,252	34,267	32,000	29,633	28,845	28,191	27,136	26,296	23,542	21,793	20,465	19,369	18,418	17,565	16,780	16
17	40,790	35,718	33,409	30,995	30,191	29,523	28,445	27,587	24,769	22,977	21,615	20,489	19,511	18,633	17,824	17
18	42,312	37,156	34,805	32,346	31,526	30,845	29,745	28,869	25,989	24,155	22,760	21,605	20,601	19,699	18,868	18
19	43,820	38,582	36,191	33,687	32,852	32,158	31,037	30,144	27,204	25,329	23,900	22,718	21,689	20,764	19,910	19
20	45,315	39,997	37,566	35,020	34,170	33,462	32,321	31,410	28,412	26,498	25,038	23,828	22,775	21,826	20,951	20
21	46,797	41,401	38,932	36,343	35,479	34,759	33,597	32,671	29,615	27,662	26,171	24,935	23,858	22,888	21,991	21
22	48,268	42,796	40,289	37,659	36,781	36,049	34,867	33,924	30,813	28,822	27,301	26,039	24,939	23,947	23,031	22
23	49,728	44,181	41,638	38,968	38,076	37,332	36,131	35,172	32,007	29,979	28,429	27,141	26,018	25,006	24,069	23
24	51,179	45,559	42,980	40,270	39,364	38,609	37,389	36,415	33,196	31,132	29,553	28,241	27,096	26,063	25,106	24
25	52,620	46,928	44,314	41,566	40,646	39,880	38,642	37,652	34,382	32,282	30,675	29,339	28,172	27,118	26,143	25
26	54,052	48,290	45,642	42,856	41,923	41,146	39,889	38,885	35,563	33,429	31,795	30,435	29,246	28,173	27,179	26
27	55,476	49,645	46,963	44,140	43,195	42,407	41,132	40,113	36,741	34,574	32,912	31,528	30,319	29,227	28,214	27
28	56,892	50,993	48,278	45,419	44,461	43,662	42,370	41,337	37,916	35,715	34,027	32,620	31,391	30,279	29,249	28
29	58,301	52,336	49,588	46,693	45,722	44,913	43,604	42,557	39,087	36,854	35,139	33,711	32,461	31,331	30,283	29
30	59,703	53,672	50,892	47,962	46,979	46,160	44,834	43,773	40,256	37,990	36,250	34,800	33,530	32,382	31,316	30
31	61,098	55,003	52,191	49,226	48,232	47,402	46,059	44,985	41,422	39,124	37,359	35,887	34,598	33,431	32,349	31
32	62,487	56,328	53,486	50,487	49,480	48,641	47,282	46,194	42,585	40,256	38,466	36,973	35,665	34,480	33,381	32
33	63,870	57,648	54,776	51,743	50,725	49,876	48,500	47,400	43,745	41,386	39,572	38,058	36,731	35,529	34,413	33
34	65,247	58,964	56,061	52,995	51,966	51,107	49,716	48,602	44,903	42,514	40,676	39,141	37,795	36,576	35,444	34
35	66,619	60,275	57,342	54,244	53,203	52,335	50,928	49,802	46,059	43,640	41,778	40,223	38,859	37,623	36,475	35
40	73,402	66,766	63,691	60,436	59,342	58,428	56,946	55,758	51,805	49,244	47,269	45,616	44,165	42,848	41,622	40
60	99,607	91,952	88,379	84,580	83,298	82,225	80,482	79,082	74,397	71,341	68,972	66,981	65,227	63,628	62,135	60
80	124,839	116,321	112,329	108,069	106,629	105,422	103,459	101,879	96,578	93,106	90,405	88,130	86,120	84,284	82,566	80
90	137,208	128,299	124,116	119,648	118,136	116,869	114,806	113,145	107,565	103,904	101,054	98,650	96,524	94,581	92,761	90
100	149,449	140,169	135,807	131,142	129,561	128,237	126,079	124,342	118,498	114,659	111,667	109,141	106,906	104,862	102,946	100
120	173,617	163,648	158,950	153,918	152,211	150,780	148,447	146,567	140,233	136,062	132,806	130,055	127,616	125,383	123,289	120
140	197,451	186,847	181,840	176,471	174,648	173,118	170,624	168,613	161,827	157,352	153,854	150,894	148,269	145,863	143,604	140

Referencia: <http://image.slidesharecdn.com/tablachi-cuadrado-130304103318-phpapp02/95/slide-1-638.jpg?cb=1362414835>

CONTINUACIÓN: TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE CHI CUADRADO CON VALORES CRÍTICOS

g.d.l	α															g.d.l
	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	0,975	0,98	0,99	0,995	
1	0,571	0,455	0,357	0,275	0,206	0,148	0,102	0,064	0,036	0,016	0,004	0,001	0,001	0,000	0,000	1
2	1,597	1,386	1,196	1,022	0,862	0,713	0,575	0,446	0,325	0,211	0,103	0,051	0,040	0,020	0,010	2
3	2,643	2,366	2,109	1,869	1,642	1,424	1,213	1,005	0,798	0,584	0,352	0,216	0,185	0,115	0,072	3
4	3,687	3,357	3,047	2,753	2,470	2,195	1,923	1,649	1,366	1,064	0,711	0,484	0,429	0,297	0,207	4
5	4,728	4,351	3,996	3,655	3,325	3,000	2,675	2,343	1,994	1,610	1,145	0,831	0,752	0,554	0,412	5
6	5,765	5,348	4,952	4,570	4,197	3,828	3,455	3,070	2,661	2,204	1,635	1,237	1,134	0,872	0,676	6
7	6,800	6,346	5,913	5,493	5,082	4,671	4,255	3,822	3,358	2,833	2,167	1,690	1,564	1,239	0,989	7
8	7,833	7,344	6,877	6,423	5,975	5,527	5,071	4,594	4,078	3,490	2,733	2,180	2,032	1,646	1,344	8
9	8,863	8,343	7,843	7,357	6,876	6,393	5,899	5,380	4,817	4,168	3,325	2,700	2,532	2,088	1,735	9
10	9,892	9,342	8,812	8,295	7,783	7,267	6,737	6,179	5,570	4,865	3,940	3,247	3,059	2,558	2,156	10
11	10,920	10,341	9,783	9,237	8,695	8,148	7,584	6,989	6,336	5,578	4,575	3,816	3,609	3,053	2,603	11
12	11,946	11,340	10,755	10,182	9,612	9,034	8,438	7,807	7,114	6,304	5,226	4,404	4,178	3,571	3,074	12
13	12,972	12,340	11,729	11,129	10,532	9,926	9,299	8,634	7,901	7,042	5,892	5,009	4,765	4,107	3,565	13
14	13,996	13,339	12,703	12,078	11,455	10,821	10,165	9,467	8,696	7,790	6,571	5,629	5,368	4,660	4,075	14
15	15,020	14,339	13,679	13,030	12,381	11,721	11,037	10,307	9,499	8,547	7,261	6,262	5,985	5,229	4,601	15
16	16,042	15,338	14,655	13,983	13,310	12,624	11,912	11,152	10,309	9,312	7,962	6,908	6,614	5,812	5,142	16
17	17,065	16,338	15,633	14,937	14,241	13,531	12,792	12,002	11,125	10,085	8,672	7,564	7,255	6,408	5,697	17
18	18,086	17,338	16,611	15,893	15,174	14,440	13,675	12,857	11,946	10,865	9,390	8,231	7,906	7,015	6,265	18
19	19,107	18,338	17,589	16,850	16,109	15,352	14,562	13,716	12,773	11,651	10,117	8,907	8,567	7,633	6,844	19
20	20,127	19,337	18,569	17,809	17,046	16,266	15,452	14,578	13,604	12,443	10,851	9,591	9,237	8,260	7,434	20
21	21,147	20,337	19,548	18,768	17,984	17,182	16,344	15,445	14,439	13,240	11,591	10,283	9,915	8,897	8,034	21
22	22,166	21,337	20,529	19,729	18,924	18,101	17,240	16,314	15,279	14,041	12,338	10,982	10,600	9,542	8,643	22
23	23,185	22,337	21,510	20,690	19,866	19,021	18,137	17,187	16,122	14,848	13,091	11,689	11,293	10,196	9,260	23
24	24,204	23,337	22,491	21,652	20,808	19,943	19,037	18,062	16,969	15,659	13,848	12,401	11,992	10,856	9,886	24
25	25,222	24,337	23,472	22,616	21,752	20,867	19,939	18,940	17,818	16,473	14,611	13,120	12,697	11,524	10,520	25
26	26,240	25,336	24,454	23,579	22,697	21,792	20,843	19,820	18,671	17,292	15,379	13,844	13,409	12,198	11,160	26
27	27,257	26,336	25,437	24,544	23,644	22,719	21,749	20,703	19,527	18,114	16,151	14,573	14,125	12,879	11,808	27
28	28,274	27,336	26,419	25,509	24,591	23,647	22,657	21,588	20,386	18,939	16,928	15,308	14,847	13,565	12,461	28
29	29,291	28,336	27,402	26,475	25,539	24,577	23,567	22,475	21,247	19,768	17,708	16,047	15,574	14,256	13,121	29
30	30,307	29,336	28,386	27,442	26,488	25,508	24,478	23,364	22,110	20,599	18,493	16,791	16,306	14,953	13,787	30
31	31,323	30,336	29,369	28,409	27,438	26,440	25,390	24,255	22,976	21,434	19,281	17,539	17,042	15,655	14,458	31
32	32,339	31,336	30,353	29,376	28,389	27,373	26,304	25,148	23,844	22,271	20,072	18,291	17,783	16,362	15,134	32
33	33,355	32,336	31,337	30,344	29,340	28,307	27,219	26,042	24,714	23,110	20,867	19,047	18,527	17,074	15,815	33
34	34,371	33,336	32,322	31,313	30,293	29,242	28,136	26,938	25,586	23,952	21,664	19,806	19,275	17,789	16,501	34
35	35,386	34,336	33,306	32,282	31,246	30,178	29,054	27,836	26,460	24,797	22,465	20,569	20,027	18,509	17,192	35
40	40,459	39,335	38,233	37,134	36,021	34,872	33,660	32,345	30,856	29,051	26,509	24,433	23,838	22,164	20,707	40
60	60,713	59,335	57,978	56,620	55,239	53,809	52,294	50,641	48,759	46,459	43,188	40,482	39,699	37,485	35,534	60
80	80,927	79,334	77,763	76,188	74,583	72,915	71,145	69,207	66,994	64,278	60,391	57,153	56,213	53,540	51,172	80
90	91,023	89,334	87,666	85,993	84,285	82,511	80,625	78,558	76,195	73,291	69,126	65,647	64,635	61,754	59,196	90
100	101,115	99,334	97,574	95,808	94,005	92,129	90,133	87,945	85,441	82,358	77,929	74,222	73,142	70,065	67,328	100
120	121,285	119,334	117,404	115,465	113,483	111,419	109,220	106,806	104,037	100,624	95,705	91,573	90,367	86,923	83,852	120
140	141,441	139,334	137,248	135,149	133,003	130,766	128,380	125,758	122,748	119,029	113,659	109,137	107,815	104,034	100,655	140

Referencia: <http://image.slidesharecdn.com/tablachi-cuadrado-130304103318-phpapp02/95/slide-2-638.jpg?cb=1362414835>

ANEXO 4

GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE STREAMING DE VIDEO SOBRE UNA RED CON TRÁFICO MULTICAST EN IPv6 PARA EL LABORATORIO LIRSI – FIE

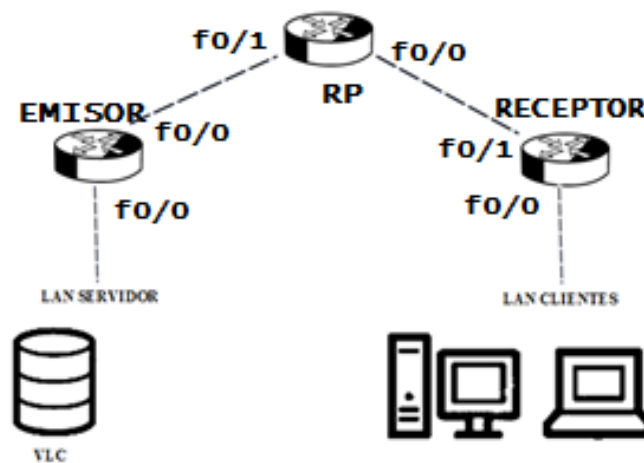
1. DISEÑO Y CONFIGURACIÓN DE UNA RED MULTICAST IPv6

1.1. Esquema de la Red

Los routers están configurados con el protocolo de enrutamiento OSPF y con el protocolo de internet IPv6.

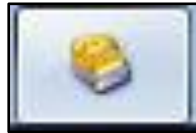
La configuración del grupo de Multicast es embebida en RP, ya que es de gran utilidad porque escucha las peticiones por parte de los clientes y envía respuestas a dichas peticiones, permitiendo a los mensajes PIM comunicarse con el grupo de Multicast con él envío y recibimiento de información hacia los routers fronteras que se conectan con los clientes.

Los routers están conectados mediante enlaces Fast Ethernet categoría 5e de tipo cruzado y con un ancho de banda de 15 Mbps, debido al gran volumen de datos multimedia que un video requiere. Para una mejor comprensión se presenta la siguiente figura.

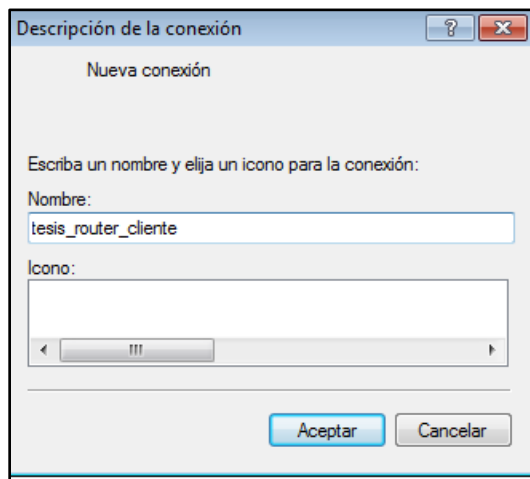


1.2. Configuración de los Routers

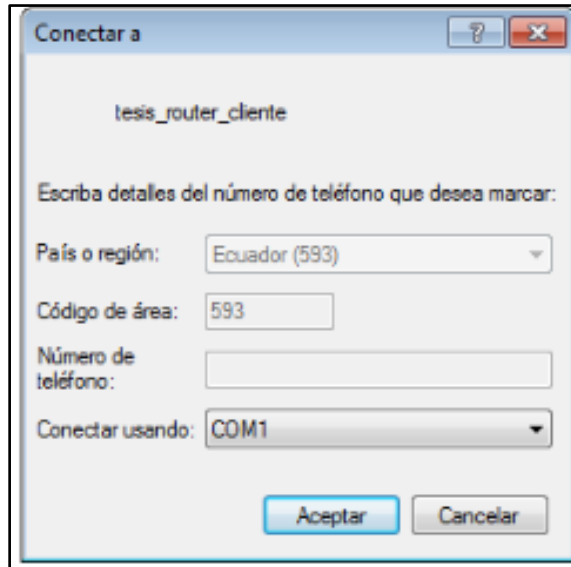
- Para la configuración de los routers se procede a conectar la interfaz de la línea de comandos del router con el computador mediante un cable al puerto serie o de consola. Una vez conectado el cable se ingresa al programa que me permita manipular el router como lo es la aplicación “HyperTerminal”, para ello se sigue la ruta Programas, Accesorios, Comunicaciones, HyperTerminal o ingresamos directamente a HyperTerminal dando doble clic en el acceso directo de dicho programa.



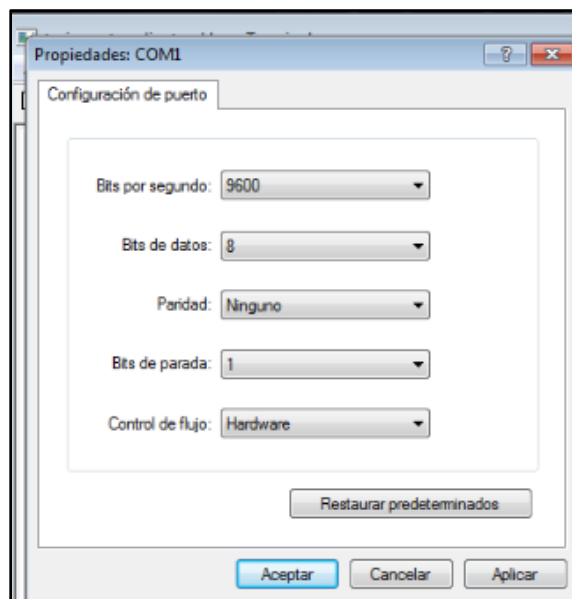
- En la pantalla siguiente, se presenta la descripción de la conexión se ingresa el nombre del equipo que se quiere manipular y se da clic en siguiente.



- Seguidamente se da a conectar detalles de la conexión, se selecciona el puerto para tener una conexión, en este caso el puerto COM1, ya que permite que un dispositivo periférico se conecte al computador mediante un cable, luego de la selección se da clic en “Aceptar”.

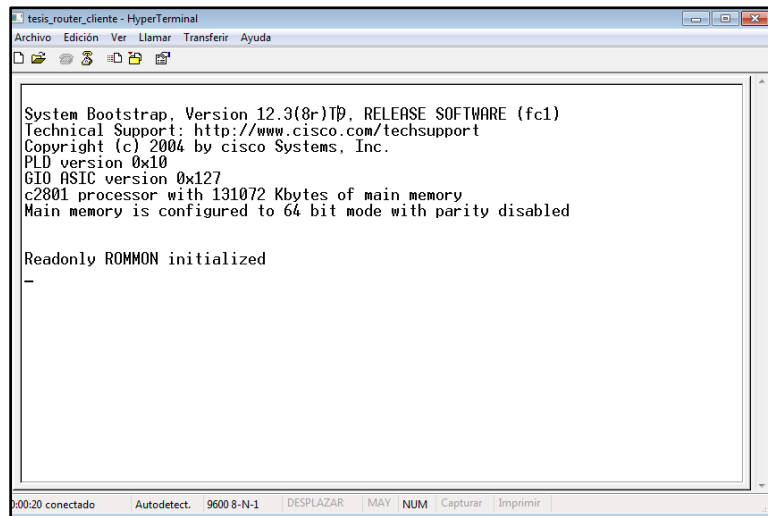


- Lo siguiente que se procede a realizar es la configuración del puerto, en donde se recomienda establecer los siguientes valores que se observan en la imagen ya que funciona perfectamente con el puerto COM1 y se pulsa clic en “Aceptar”.



- Luego de realizar la configuración de la conexión con el router se procede a encenderlo y esperar que aparezca la secuencia de mensajes de arranque como se visualiza a continuación. Ésta secuencia permite

confirmar que la comunicación del router con el puerto por medio de la consola es correcto.



```
System Bootstrap, Version 12.3(8r)T0, RELEASE SOFTWARE (fc1)
Technical Support: http://www.cisco.com/techsupport
Copyright (c) 2004 by Cisco Systems, Inc.
PLD version 0x10
G10 ASIC version 0x127
c2801 processor with 131072 Kbytes of main memory
Main memory is configured to 64 bit mode with parity disabled

Readonly ROMMON initialized
-
```

- Finalmente cuando la conexión se haya establecido, en el router va aparecer el prompt Router>, donde se digita el comando “enable” para pasar a modo Privilegiado, de aquí en adelante ya se procede a la configuración respectiva de cada router.

1.2.1. Configuración del router de emisión de multidifusión

- Comando para ingresar al modo privilegio :
Router> enable
- Comando para ingresar al modo de configuración :
Router# configure terminal
- Comando para asignar un nombre al dispositivo
Router(config)# hostname ServerStream
- Comandos para habilitar multidifusión
ServerStream (config)# ipv6 unicast-routing
ServerStream (config)# ipv6 Multicast-routing

- Comando para configurar protocolo de enrutamiento OSPF

```
ServerStream (config)# ipv6 router ospf 100
```

```
ServerStream (config-rtr)# router-id 1.1.1.1
```

```
ServerStream (config-rtr)# exit
```

- Comando para configurar la interface virtual o lógica usada para mantener latente el protocolo de ruteo OSPF, para diagnosticar conectividad y saber si el protocolo de comunicación es válido.

```
ServerStream (config)# interface loopback 0
```

```
ServerStream (config-if)# ipv6 address 2001:1:1:1::1/64
```

```
ServerStream (config-if)# ipv6 pim
```

```
ServerStream (config-if)# ipv6 ospf 100 area 0
```

```
ServerStream (config-if)# no shutdown
```

```
ServerStream (config-if)# exit
```

- Comando para configurar la interface Fast ethernet con acceso a la WAN y configuración del grupo de multidifusión.

```
ServerStream (config)# interface serial FastEthernet0/0
```

```
ServerStream (config-if)# ipv6 address 2001:10::1/64
```

```
ServerStream (config-if)# ipv6 ospf 100 area 0
```

```
ServerStream (config-if)# ipv6 pim
```

```
ServerStream (config-if)# ipv6 mld join-group  
ff7e:240:2001:2:2:2:0:1
```

```
ServerStream (config-if)# no shutdown
```

```
ServerStream (config-if)# exit
```


- Commando para configurar la interface Fast ethernet con acceso a la LAN.

```
ServerStream (config)# interface serial FastEthernet0/1
```

```
ServerStream (config-if)# ipv6 address FC00::1/64
```

```
ServerStream (config-if)# ipv6 ospf 100 area 0
```

```
ServerStream (config-if)# ipv6 pim
```

```
ServerStream (config-if)# no shutdown
```

```
ServerStream (config-if)# exit
```

1.2.2. Configuración del router como punto de redirección de la multidifusión

- Comando para ingresar al modo privilegio :

```
Router> enable
```

- Comando para ingresar al modo de configuración :

```
Router# configure terminal
```

- Comando para asignar un nombre al dispositivo

```
Router(config)# hostname PRedireccion
```

- Comandos para habilitar multidifusión

```
PRedireccion (config)# ipv6 unicast-routing
```

```
PRedireccion (config)# ipv6 Multicast-routing
```

- Comando para configurar protocolo de enrutamiento OSPF

```
PRedireccion (config)# ipv6 router ospf 100
```

```
PRedireccion (config-rtr)# router-id 2.2.2.2
```

```
PRedireccion (config-rtr)# exit
```

- Comando para configurar la interface virtual o lógica usada para mantener latente el protocolo de ruteo OSPF, para diagnosticar conectividad y saber si el protocolo de comunicación es válido.

```
PRedireccion (config)# interface loopback 0
```

```
PRedireccion (config-if)# ipv6 address 2001:2:2:2::2/64
```

```
PRedireccion (config-if)# ipv6 pim
```

```
PRedireccion (config-if)# ipv6 ospf 100 area 0
```

```
PRedireccion (config-if)# no shutdown
```

```
PRedireccion (config-if)# exit
```

- Comando para configurar la interface Fast ethernet con acceso al núcleo de la red.

```
PRedireccion (config)# interface serial FastEthernet0/0
```

```
PRedireccion (config-if)# ipv6 address 2001:20::3/64
```

```
PRedireccion (config-if)# ipv6 ospf 100 area 0
```

```
PRedireccion (config-if)# ipv6 pim
```

```
PRedireccion (config-if)# no shutdown
```

```
PRedireccion (config-if)# exit
```

- Commando para configurar la interface Fast ethernet con acceso al núcleo de la red.

```
PRedireccion (config)# interface serial FastEthernet0/1
```

```
PRedireccion (config-if)# ipv6 address 2001:10::2/64
```

```
PRedireccion (config-if)# ipv6 ospf 100 area 0
```

```
PRedireccion (config-if)# ipv6 pim
```

```
PRedireccion (config-if)# no shutdown
```

PRedireccion (config-if)# exit

- Comando para configurar el punto de redirección de los datos que el grupo Multicast difunde.

PRedireccion (config)# ipv6 pim rp-address 2001:2:2:2::2

1.2.3. Configuración del router receptor de multidifusión

- Comando para ingresar al modo privilegio :

Router> enable

- Comando para ingresar al modo de configuración :

Router# configure terminal

- Comando para asignar un nombre al dispositivo

Router(config)# hostname RCLIENTE

- Comandos para habilitar multidifusión

RCLIENTE (config)# ipv6 unicast-routing

RCLIENTE (config)# ipv6 Multicast-routing

- Comando para configurar protocolo de enrutamiento OSPF

RCLIENTE (config)# ipv6 router ospf 100

RCLIENTE (config-rtr)# router-id 3.3.3.3

RCLIENTE (config-rtr)# exit

- Comando para configurar la interface virtual o lógica usada para mantener latente el protocolo de ruteo OSPF, para diagnosticar conectividad y saber si el protocolo de comunicación es válido.

RCLIENTE (config)# interface loopback 0

RCLIENTE (config-if)# ipv6 address 2001:3:3:3::3/64

RCLIENTE (config-if)# ipv6 pim

```
RCLIENTE (config-if)# ipv6 ospf 100 area 0
```

```
RCLIENTE (config-if)# no shutdown
```

```
RCLIENTE (config-if)# exit
```

- Comando para configurar la interface Fast Ethernet con acceso al núcleo de la red.

```
RCLIENTE (config)# interface serial FastEthernet0/0
```

```
RCLIENTE (config-if)# ipv6 address 2001:20::4/64
```

```
RCLIENTE (config-if)# ipv6 ospf 100 area 0
```

```
RCLIENTE (config-if)# ipv6 pim
```

```
RCLIENTE (config-if)# no shutdown
```

```
RCLIENTE (config-if)# exit
```

- Comando para configurar la interface Fast Ethernet con acceso a la LAN.

```
RCLIENTE (config)# interface serial FastEthernet0/1
```

```
RCLIENTE (config-if)# ipv6 address FC01::1/64
```

```
RCLIENTE (config-if)# ipv6 ospf 100 area 0
```

```
RCLIENTE (config-if)# ipv6 pim
```

```
RCLIENTE(config-if)#ipv6 dhcp server streaming
```

```
RCLIENTE (config-if)# no shutdown
```

```
RCLIENTE (config-if)# exit
```

- Comando para configurar el router como un servidor de direcciones DHCP.

```
RCLIENTE(config)# ipv6 dhcp pool streaming
```

```
RCLIENTE(config-dhcp)# prefix-delegation pool streaming-  
prefix-new
```

```
RCLIENTE(config-dhcp)# exit
```

```
RCLIENTE(config)# ipv6 local pool client-prefix-pool FC01::/50
```

```
64
```

2. INSTALACIÓN DE LA APLICACIÓN EMISORA Y RECEPTORA DE VIDEO VLC

2.1 Instalación de VLC en Linux

A pesar de que VLC es una aplicación que reconoce casi cualquier CODEC multimedia, es recomendable que antes de proceder a la instalación de dicho software, se instalen CODEC's multimedia de diferente soporte, para lo cual se procede a la ejecución de algunos comandos:

- Instalar el meta paquete ubuntu-restricted-extras, el cual es usado para decodificar archivos de formato MP3.

```
# sudo apt-get install ubuntu-restricted-extras
```

- Instalar la librería "libdvdcss", "libdvdcss2" para poder ver DVD's / CD's originales o comerciales:

```
# sudo apt-get install libdvdcss2
```

- Finalmente al momento de realizar la instalación del paquete ubuntu-restricted-extras, se instala la librería libdvdread4 en el directorio "/usr/share/doc", por lo tanto ahora se debe ejecutar con el siguiente comando:

```
# sudo /usr/share/doc/libdvdrread4/install-css.sh
```

La instalación de VLC no es compleja para lo cual se ejecuta los siguientes comandos:

- Accedemos a los repositorios de Video LAN para obtener la versión más estable:

```
# sudo add-apt-repository ppa:videolan/stable-daily
```

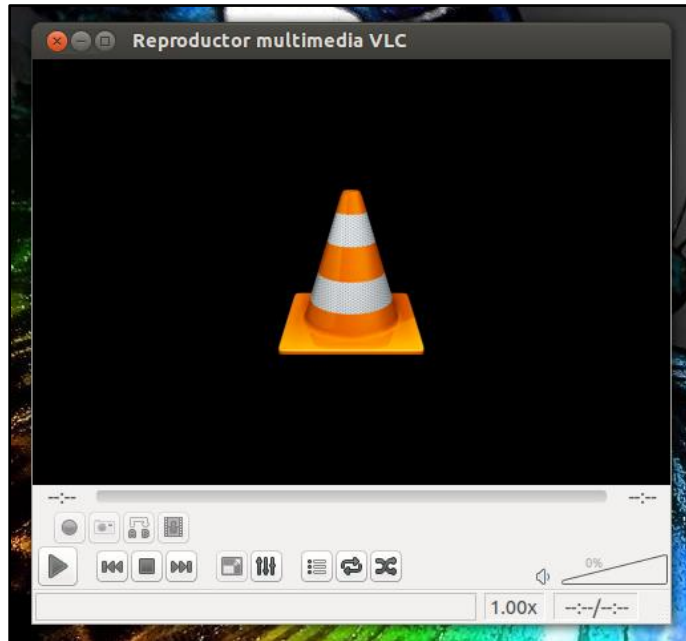
- Con el siguiente comando actualizamos el sistema operativo

```
# sudo apt-get update
```

- Seguidamente instalamos la aplicación y actualizamos el plugin correspondiente para el navegador instalado en la distribución:

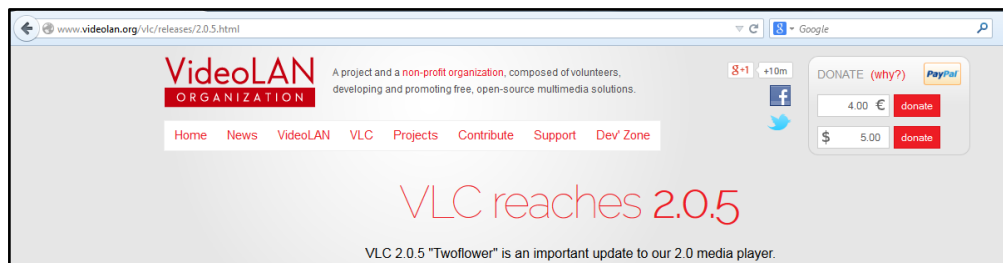
```
# sudo apt-get install vlc browser-plugin-vlc
```

- Una vez realizado los pasos de instalación y configuración ya se puede contar con la aplicación VLC en Linux en modos grafico tal como se presenta la siguiente figura.



2.2 Instalación de VLC en Windows

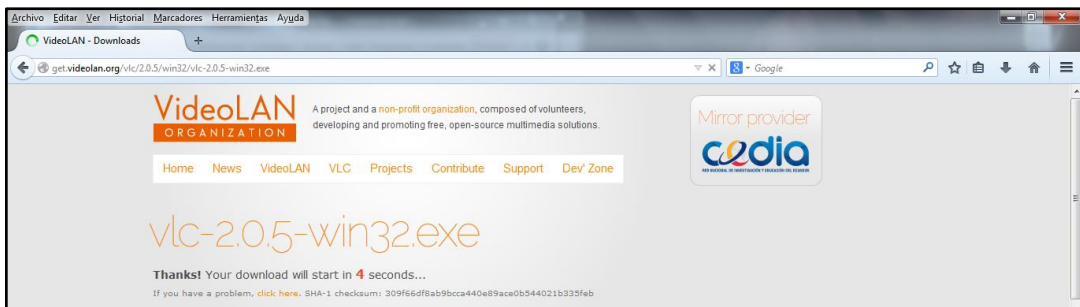
- Ingresar a la página oficial de Video LAN
<http://www.videolan.org/vlc/releases/2.0.5.html>



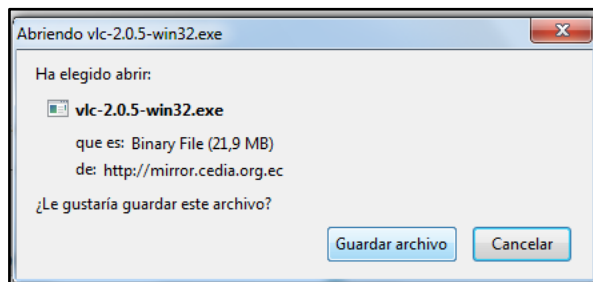
- Se recomienda descargarse la versión que soporte transmisiones y recepciones en la nueva tecnología Multicast mediante el nuevo protocolo IPv6 en el sistema operativo Windows, es por ello que se selecciona la aplicación VLC 2.0.5 pulsando clic en el botón “Descargar VLC”.



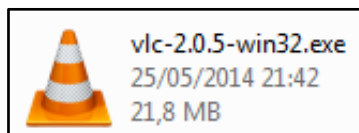
- Se abrirá otra ventana donde se agradece por adquirir el producto, además de presentar un cronometro de tiempo de espera hasta que se autorice la descarga.



- Luego de concluir el tiempo de espera, se visualiza una ventana emergente la cual muestra la opción de “Guardar” la aplicación o “Cancelar” la descarga, por ende se da clic en “Guardar archivo”.



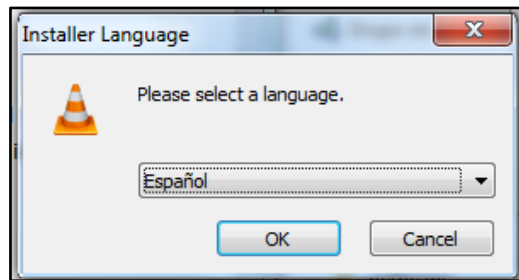
- Una vez completada la descarga de la aplicación, se busca el lugar donde se guardó el programa, como por ejemplo: C:\Users\Pame\Downloads y se da doble clic en el archivo ejecutable para comenzar la instalación.



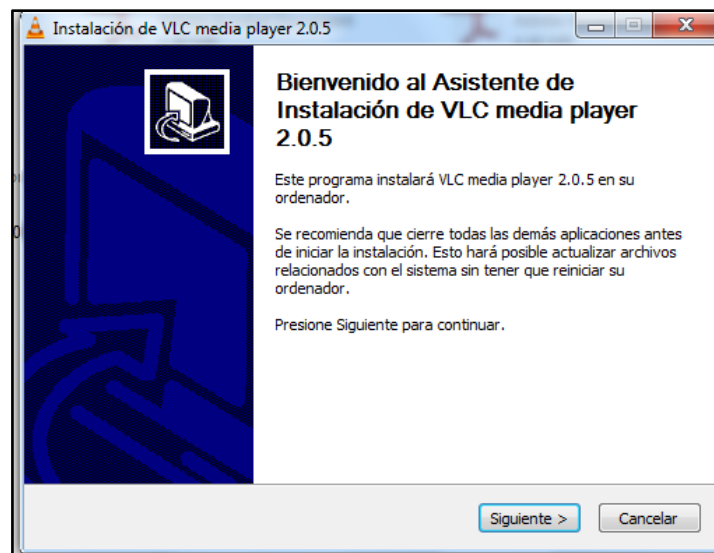
- Windows es un sistema operativo que verifica las acciones antes de ejecutarlas completamente, por ende previo a la instalación de VLC,

aparece una ventana emergente la cual confirma si se va a llevar a cabo o no dicha acción, se da clic en la opción si para confirmar la instalación.

- Seguido de esta acción se presenta la primera pantalla de la aplicación VLC donde se debe seleccionar el lenguaje para realizar la instalación, se selecciona “Español” y se pulsa en “OK”.

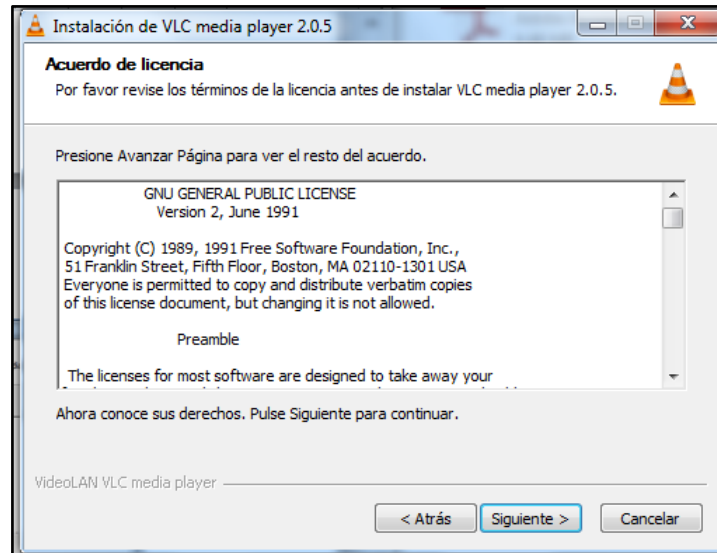


- Se visualiza la pantalla de bienvenida al asistente de instalación de VLC media player en la que se muestra un pequeño saludo y se indica que se debe pulsar en el botón “Siguiente” para continuar o en el botón “Cancelar” para anular la instalación.

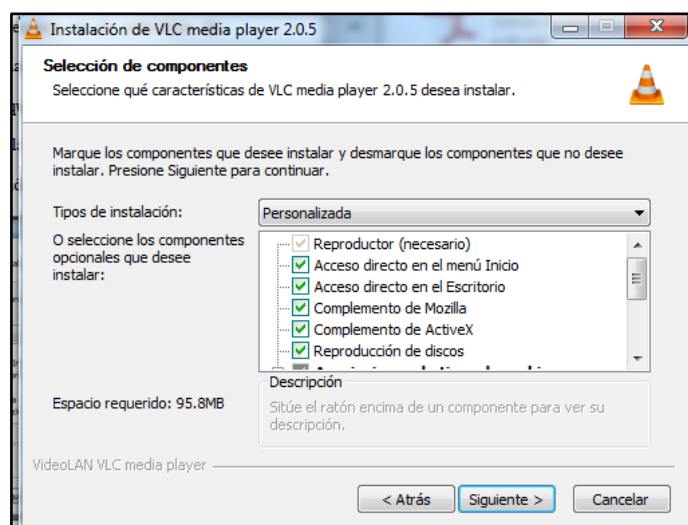


- La pantalla consiguiente se refiere a los términos de licencia que se deben aceptar cuando se instala el programa VLC, si está de acuerdo con

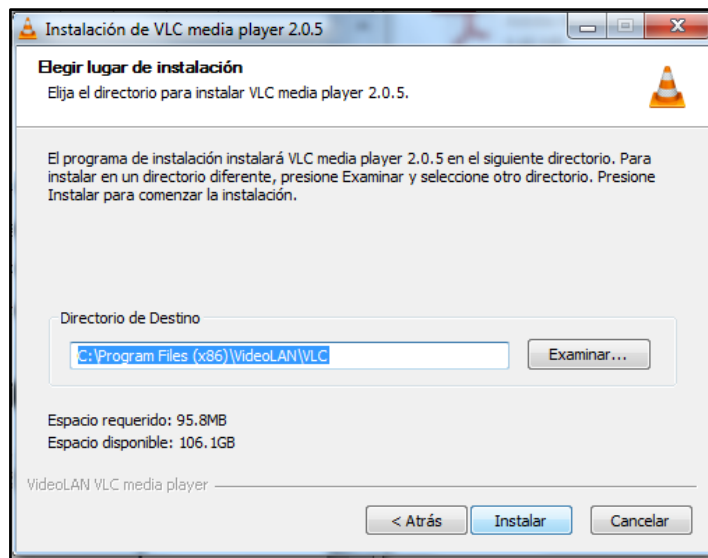
los términos establecidos se da clic en: “Siguiente” o se da clic en “Cancelar” para anular la instalación.



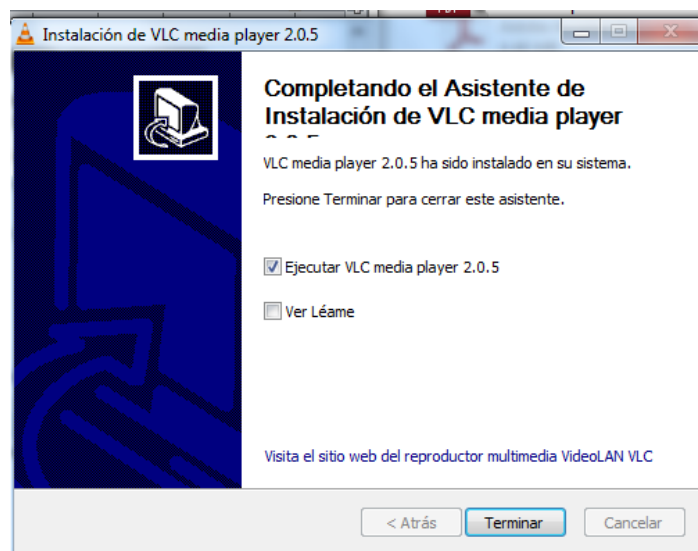
- Posteriormente la pantalla que se presenta es la selección de componentes donde se marcan o se desmarcan los componentes y las características de VLC media player 2.0.5 que se desea instalar. Una vez seleccionado los componentes se da clic en la opción “Siguiente” o se da clic en “Cancelar” para anular la instalación.



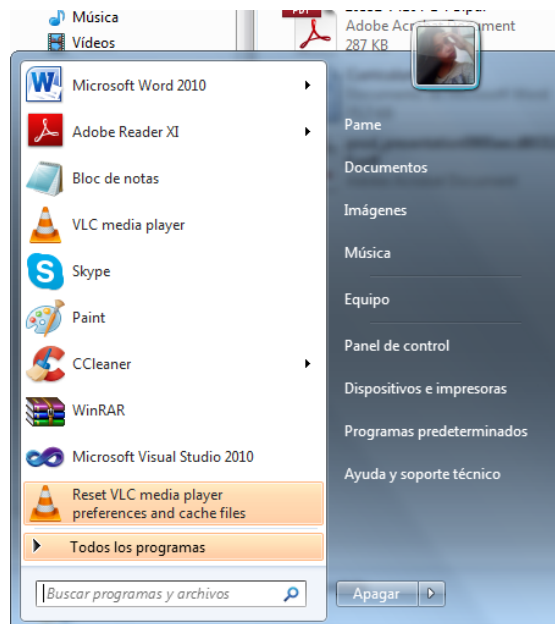
- Seguidamente la pantalla que se visualiza es la selección del lugar de instalación, si se está de acuerdo con el lugar donde se va a instalar se pulsa clic en el botón “Instalar”, si se desea cambiar la ruta de instalación se da clic en el botón “Examinar”, finalmente si se desea anular la instalación se da clic en “Cancelar”.



- Lo último a realizar es esperar que el proceso de instalación finalice para dar clic en la opción “Terminar”.



- La aplicación VLC ya se encuentra instalada y lista para realizar transmisiones y reproducciones de audio y video, se da doble clic en el acceso directo de VLC ubicado en el escritorio o el listado de programas de Windows.



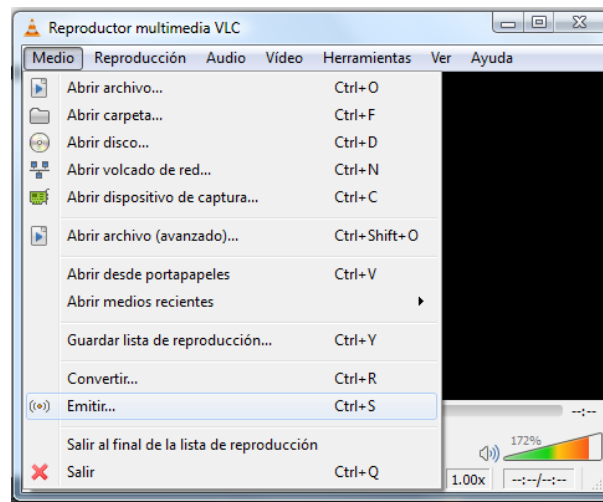
3. CONFIGURACIÓN PARA LA EMISIÓN DE VIDEO

La difusión de video en vivo y sobre demanda se la va a realizar con el codec de video más adecuado y que mejora el rendimiento en la red como lo es el codec H.264. Para una transmisión en vivo se necesita de dispositivos importantes como lo son: tarjeta capturadora de video y una filmadora, al ser éstos dispositivos un nuevo hardware para la distribución de Ubuntu, se necesita configurar un módulo o driver para que reconozca su conexión mediante puerto USB a la computadora.

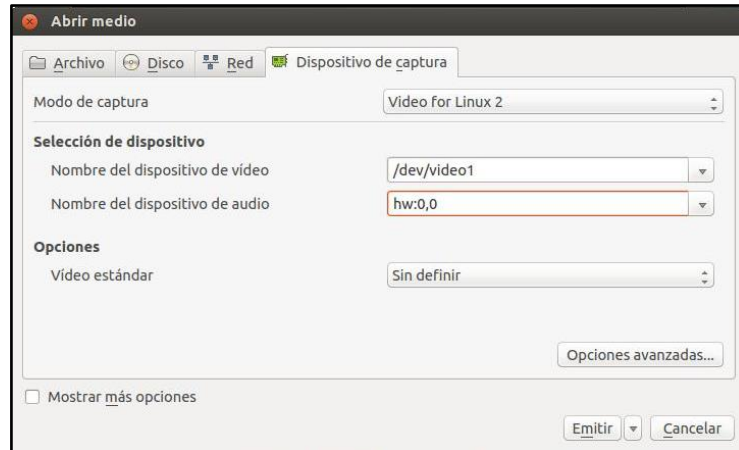
3.1 Emisión en vivo desde una filmadora

Mediante la utilización del software VLC instalado en el servidor de streaming, se procede a la emisión de videos en vivo, con la codificación H.264 para lo cual se realiza el siguiente proceso:

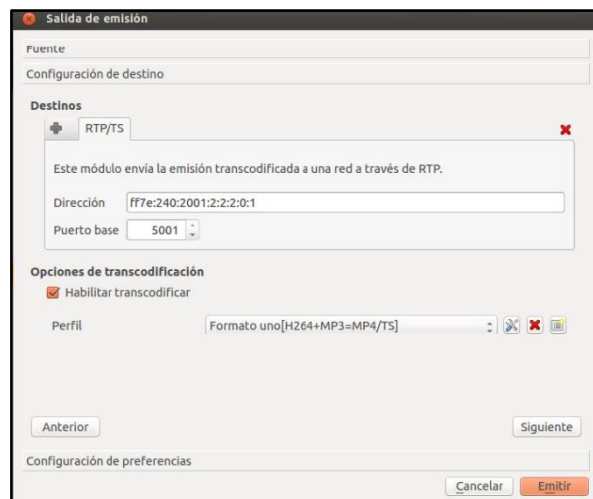
- En el software VLC, en la barra de menús, se pulsa en la pestaña Medio, y se selecciona la opción Emitir.



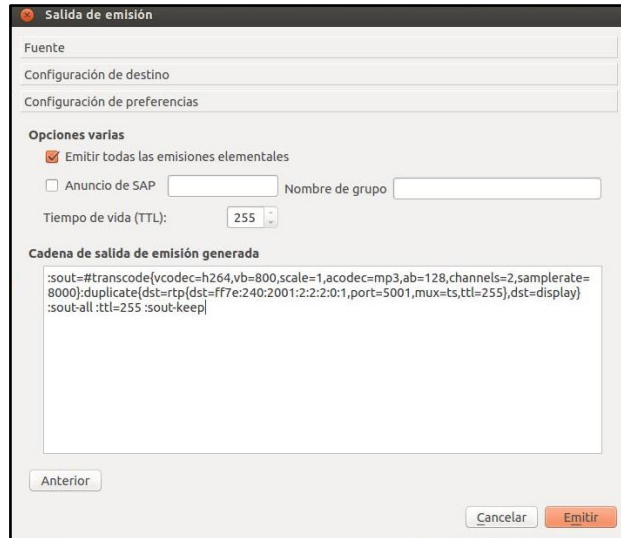
- Seguidamente se visualiza una ventana con 4 opciones, donde se selecciona la opción Dispositivo de Captura, seguidamente se escoge la modo de captura Video for Linux 2, en la selección de dispositivo se elige el nombre del dispositivo de video de la tarjeta capturadora que el sistema operativo detecta, por lo general es /dev/video1, después se escoge el nombre del dispositivo de audio hw:0,0, y se da un clic en Emitir.



- En la siguiente ventana se procede a configurar el destino y las opciones de transcodificación del video, para el destino se elige el protocolo: RTP/MPEG Transport Stream y se pulsa en el botón Añadir, dicha acción despliega una ventana, donde se digita la dirección del grupo de Multicast ff7e:240:2001:2:2:2:0:1, y el puerto 5001. En la opción de transcodificación se escoge el perfil del CODEC a evaluar, y se pulsa en Siguiente.



- Finalmente en la pestaña de configuración de preferencias, se habilita la opción emitir todas las emisiones elementales y el Tiempo de Vida (TTL) que será configurado en su máximo valor 255, luego se da clic en emitir.



3.1.1 Configuración del driver Video4Linux

Se va a llevar a cabo la configuración del driver video4linux en la distribución de Ubuntu mediante una serie de comandos mencionados posteriormente. Dicho driver es utilizado para hacer un enlace virtual v4l2loopback entre un dispositivo que capture video externamente como la filmadora y programas como por ejemplo: WebcamStudio o Mplayer que permita la salida de video.

- Se debe actualizar primero el sistema operativo con los siguientes comandos:

```
# sudo apt-get update
```

- Se procede a la instalación de las cabeceras del kernel de la distribución Ubuntu 12.10 y código fuente del módulo v4l2loopback con los siguientes comandos:

```
# sudo apt-get install linux-headers-3.12.0-031200-generic module-assistant
```

```
# sudo apt-get install v4l2loopback-source
```

- Seguidamente se debe preparar el módulo v4l2loopback, para lo cual se utiliza el module-assistant, este va ayudar a la compilación e instalación del módulo v4l2loopback mediante la ejecución de los siguientes comandos:

```
# sudo m-a prepare
```

```
# sudo m-a update
```

```
# sudo m-a a-i v4l2loopback-source
```

- Una vez realizado los pasos anteriores, se obtiene el módulo v4l2loopback, por lo que se debe cargar dicho modulo al Kernel, utilizando el comando:

```
# sudo modprobe v4l2loopback
```

- Para verificar si el modulo fue cargado correctamente se digita los siguientes comandos:

```
# lsmod | grep v4l2loopback
```

- Existe un comando usado para verificar si durante el proceso de carga no ha habido errores, dicho comando funciona de manera opcional y es el siguiente:

```
# dmesg | grep v4l2loopback
```


- Para verificar si el modulo del dispositivo de video fue instalado correctamente en el directorio **/dev** se digita lo siguiente:

```
# ls /dev/video*
```

- Se debe configurar el módulo para se cargue automáticamente cuando se prenda y arranque el sistema operativo Ubuntu, para lo cual se ejecuta el siguiente comando:

```
# echo "v4l2loopback" >> /etc/modules
```

- Como el fichero donde se quiere editar no posee los permisos necesarios de súper usuario saldrá un error, para corregir eso, se debe ejecutar previamente el siguiente comando:

```
# sudo chmod 777 /etc/modules
```

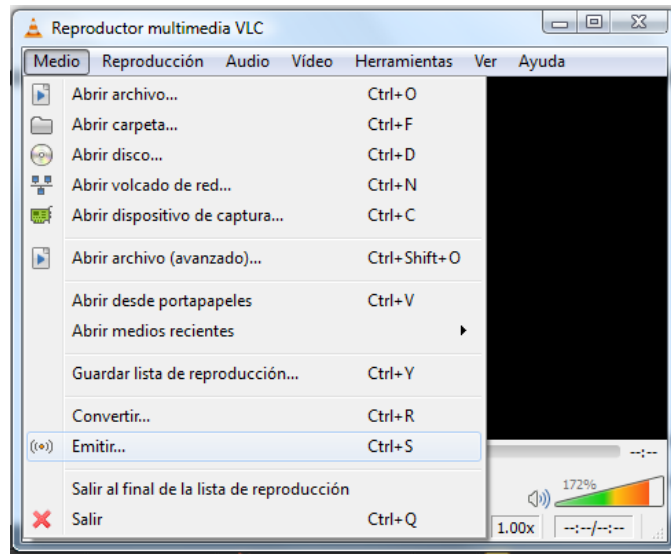
- Finalmente se debe reiniciar la máquina para que cargue por defecto el modulo, digitando el comando:

```
# sudo reboot
```

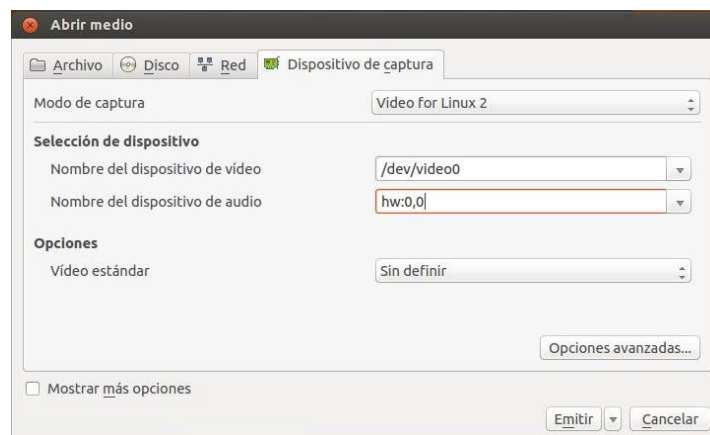
3.2 Emisión sobre demanda desde una webcam

Para llevar a cabo la emisión de videos en vivo con una webcam se realiza los siguientes pasos:

- En el software VLC, en la barra de menús, se pulsa en la pestaña Medio, y se selecciona la opción Emitir.



- Seguidamente se visualiza una ventana con 4 opciones, donde se selecciona la opción Dispositivo de Captura, seguidamente se escoge la modo de captura Video for Linux 2, en la selección de dispositivo se elige el nombre del dispositivo de video de la tarjeta capturadora que el sistema operativo detecta, por lo general es /dev/video0, después se escoge el nombre del dispositivo de audio hw:0,0, y se da un clic en Emitir.



- En la siguiente ventana se procede a configurar el destino y las opciones de transcodificación del video, para el destino se elige el protocolo: RTP/MPEG Transport Stream y se pulsa en el botón Añadir, dicha acción despliega una ventana, donde se digita la dirección del grupo de Multicast

ff7e:240:2001:2:2:2:0:1, y el puerto 5001. En la opción de transcodificación se escoge el perfil del CODEC a evaluar, y se pulsa en Siguiente.

The screenshot shows the 'Salida de emisión' window with the 'Destinos' tab selected. The 'Dirección' field contains 'ff7e:240:2001:2:2:2:0:1' and the 'Puerto base' is set to '5001'. Under 'Opciones de transcodificación', the 'Habilitar transcodificar' checkbox is checked, and the 'Perfil' dropdown is set to 'Formato uno[H264+MP3=MP4/TS]'. Navigation buttons 'Anterior' and 'Siguiente' are visible at the bottom.

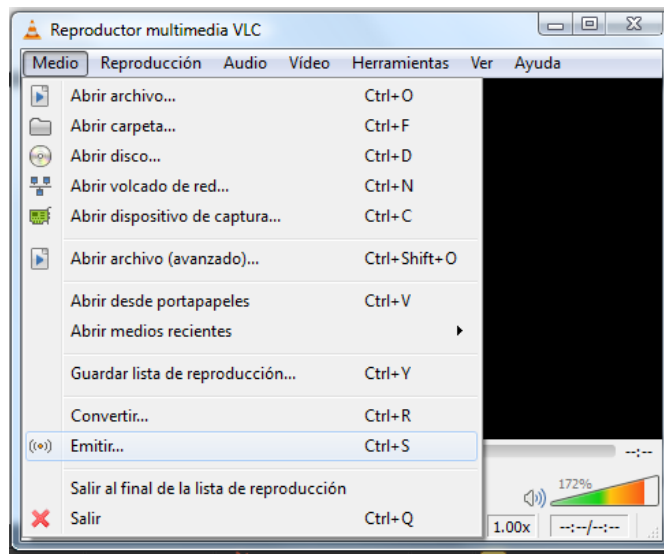
- Finalmente en la pestaña de configuración de preferencias, se habilita la opción emitir todas las emisiones elementales y el Tiempo de Vida (TTL) que será configurado en su máximo valor 255, luego se da clic en emitir.

The screenshot shows the 'Salida de emisión' window with the 'Configuración de preferencias' tab selected. The 'Emitir todas las emisiones elementales' checkbox is checked. The 'Tiempo de vida (TTL)' is set to '255'. A text area displays the generated output string: `:sout=#transcode{vcodec=h264,vb=800,scale=1,acodec=mp3,ab=128,channels=2,samplerate=8000};duplicate{dst=rtsp[dst=ff7e:240:2001:2:2:2:0:1,port=5001,mux=ts,ttl=255],dst=display}`. The 'Emitir' button is highlighted in orange.

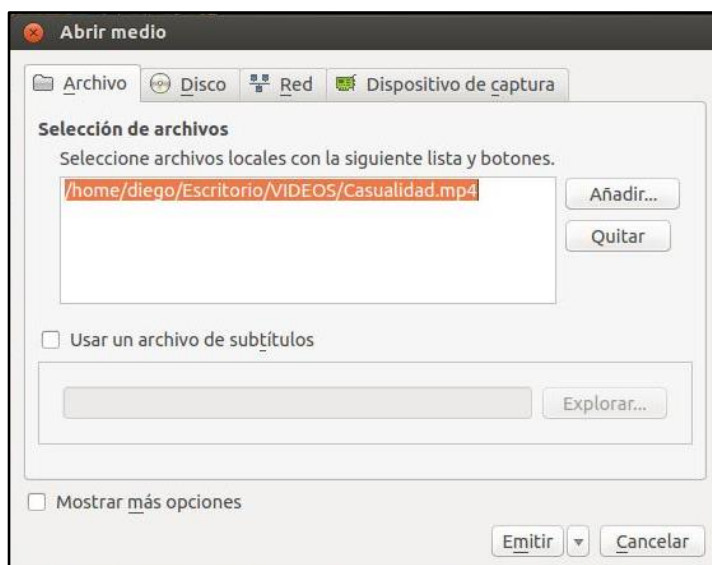
3.3 Emisión sobre demanda

Mediante la utilización del software VLC instalado en el servidor de streaming, se procede a la emisión de videos sobre demanda, con la codificación H.264, realizando los siguientes pasos:

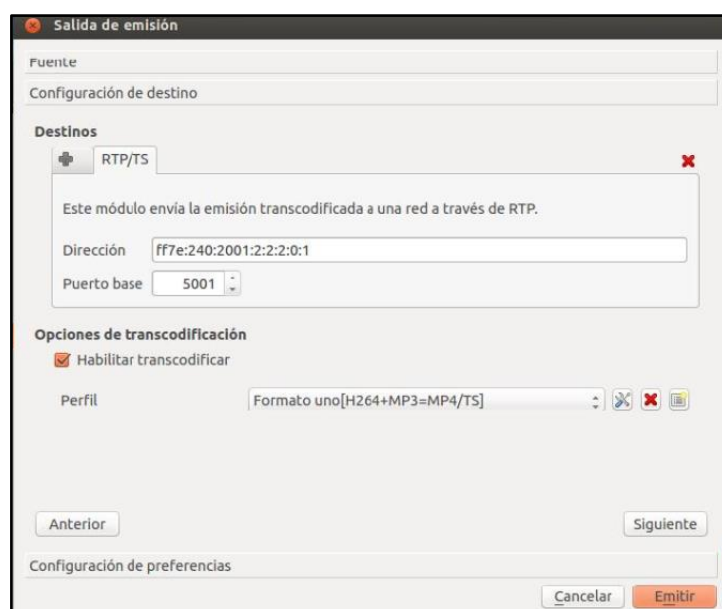
- En el software VLC, en la barra de menús, se pulsa en la pestaña Medio, y se selecciona la opción Emitir.



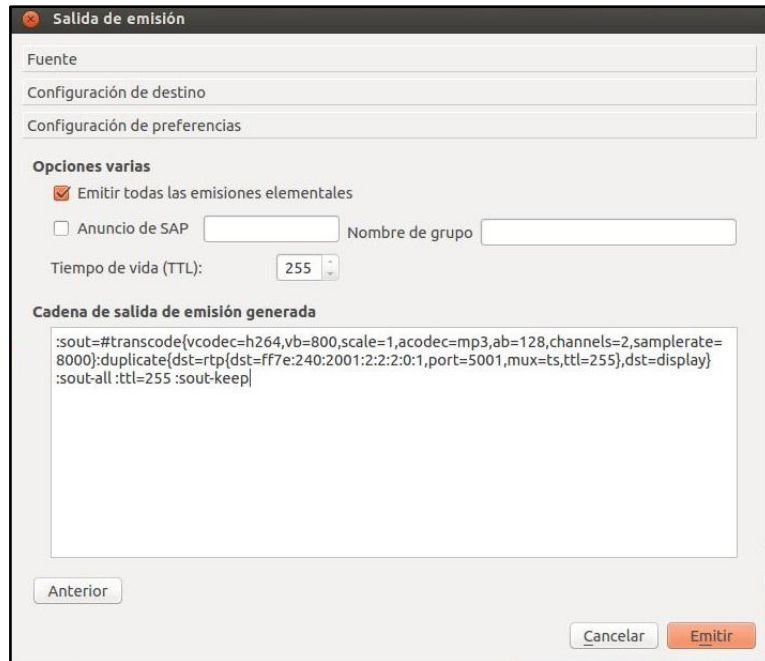
- Seguidamente se visualiza una ventana con 4 opciones, donde se selecciona la opción Archivo. Esta opción permite añadir el video que se quiere emitir, con la extensión .MP4 y se da un clic en la opción Emitir.



- En la siguiente ventana se procede a configurar el destino y las opciones de transcodificación del video, para el destino se elige el protocolo: RTP/MPEG Transport Stream y se pulsa en el botón Añadir, dicha acción despliega una ventana, donde se digita la dirección del grupo de Multicast ff7e:240:2001:2:2:2:0:1, y el puerto 5001. En la opción de transcodificación se escoge el perfil del CODEC a evaluar, y se pulsa en Siguiente.



- Finalmente en la pestaña de configuración de preferencias, se habilita la opción emitir todas las emisiones elementales y el Tiempo de Vida (TTL) que será configurado en su máximo valor 255, luego se da clic en emitir.

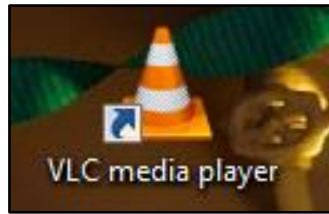


4. RECEPCIÓN DE UN VIDEO EN UN CLIENTE DESDE UNA FUENTE DE MULTIDIFUSIÓN

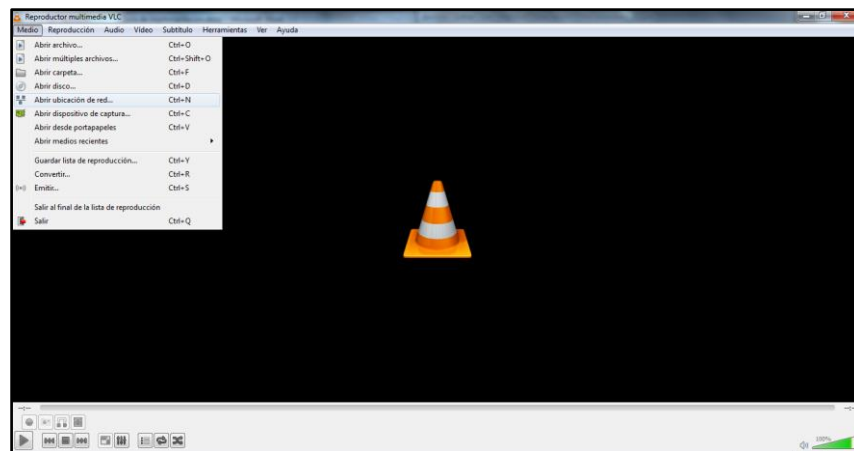
Para que un usuario pueda recibir un video desde una fuente emisora se necesita tener instalado una versión de VLC que soporte las emisiones de video en multidifusión en IPv6, por tales motivos se utiliza la versión: VLC 2.0.5.

Para la recepción de video en un cliente se realiza los siguientes pasos:

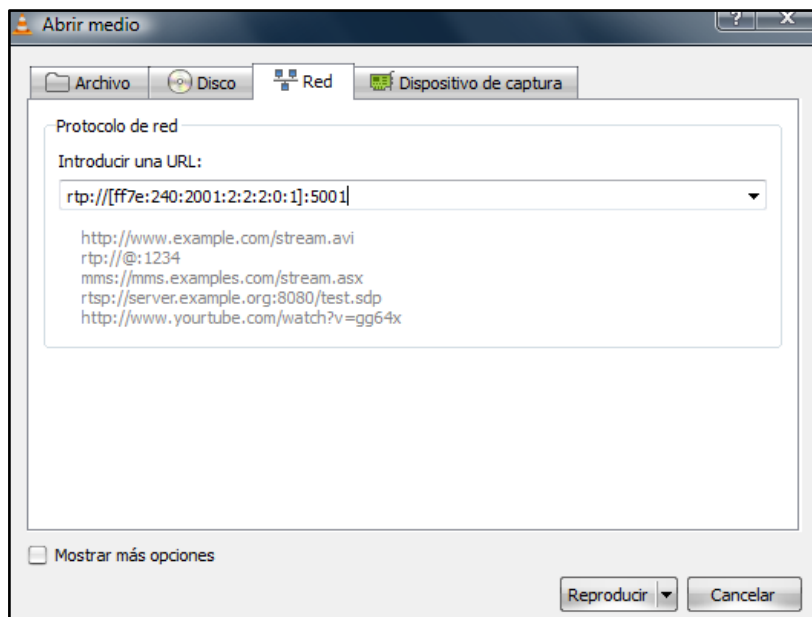
- Acceder al software VLC mediante doble clic en el acceso directo de la aplicación ubicada en una máquina cliente que posee el sistema operativo Windows.



- Se pulsa clic en la pestaña Medio de la barra de menú para desplegar todas las opciones disponibles, de éstas opciones dar clic en la opción “Abrir volcado de red” o “Abrir ubicación de red”.



- En la ventana que se despliegue, se procede a escribir la dirección del grupo de Multicast FF7E:240:2001:2:2:2:0:1 del cual se desea recibir el video, dando a conocer el protocolo RTP y el puerto específico: 5001 para recibir la transmisión.



GLOSARIO

Arquitectura de Red	Sistema funcional compuesto de equipos de transmisión, programas, protocolos de comunicación y de infraestructuras físicas o inalámbricas que permite la transmisión de datos entre diferentes componentes.
Ancho de Banda	Cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período de tiempo dado
Benchmark	Técnica utilizada para medir el rendimiento de componentes de un sistema.
Bit	Digito del sistema de numeración binaria (0 o 1).
Bitrate	Define el número de bits que se transmiten por unidad de tiempo, a través de un sistema de transmisión digital o entre dos dispositivos digitales.
Byte	Unidad de información como un múltiplo del bit, equivalente a ocho bits.
Buffer	Un buffer (o búfer) es un espacio de memoria, en el que se almacenan datos para evitar que el programa o recurso que los requiere, ya sea hardware o software, se quede sin datos durante una transferencia.
Calidad de Servicio	Rendimiento promedio visto por los usuarios de una red de

telefonía o de computadoras.

CODEC	Abreviatura de codificador-decodificador. Describe una especificación desarrollada en software, hardware o una combinación de ambos, capaz de transformar un archivo con un flujo de datos o una señal.
Congestión de Red	Fenómeno producido cuando a la red (o parte de ella) se le ofrece más tráfico del que puede cursar.
Compresión	Reducción del volumen de datos tratables para representar una determinada información empleando una menor cantidad de espacio.
Codificador	Circuito combinacional con $2N$ entradas y N salidas, cuya misión es presentar en la salida el código binario correspondiente a la entrada activada.
Crominancia	Componente que contiene la información sobre el color de una señal de vídeo.
Decodificador	Circuito combinacional, cuya función es inversa a la del codificador, esto es, convierte un código binario de entrada de N bits de entrada y M líneas de salida.
Hardware	Hardware se refiere a todas las partes tangibles de un sistema informático; sus componentes son: eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos. Son cables, gabinetes o

cajas, periféricos de todo tipo y cualquier otro elemento físico involucrado.

IOS Sistema Operativo de Interconexión de Redes creado por Cisco Systems para programar y mantener equipos de interconexión de redes informáticas como switches (conmutadores) y routers (enrutadores).

Interconexión La interconexión constituye una técnica que responde a la necesidad de hacer interactuar las distintas infraestructuras (redes) con tecnologías y diseños diferentes, con la finalidad que los usuarios conectados perciban el servicio como si se tratara de una sola red.

Internet Conjunto descentralizado de redes de comunicación interconectadas que utilizan la familia de protocolos TCP/IP

LAN Una red de área local, red local o LAN (del inglés Local Área Network) es la interconexión de varias computadoras y periféricos. Su extensión está limitada físicamente a un edificio o a un entorno de 200 metros.

Luminancia En una transmisión de señal de vídeo, la luminancia es la componente que codifica la información de luminosidad o brillo que posee una imagen.

Multicast Servicio de red en el cual un único flujo de datos, proveniente de

una determinada fuente, puede ser enviada simultáneamente para diversos destinatarios

MBONE	Desarrollo de los dos primeros experimentos de transmisión de audio de la IETF (Internet Engineering Task Force) en el que audio y video son transmitidos en tiempo real desde el lugar de reunión de la IETF a destinos a lo largo del mundo
Plataforma	Sistema que sirve como base para hacer funcionar determinados módulos de hardware o de software
Protocolo	Método establecido entre dos o más ordenadores para intercambiar datos en Internet.
Rendimiento	Medida concreta y de fácil cálculo, que permite saber si una red está funcionando en forma óptima
Ruteo	Función de buscar un camino entre todos los posibles en una red de paquetes cuyas topologías poseen una gran conectividad.
Streaming	Distribución de multimedia a través de una red de computadoras de manera que el usuario consume el producto al mismo tiempo que se descarga
Software	Software es un equipamiento lógico o soporte lógico de un sistema informático, que comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas.

Submuestreo de crominancia y luminancia	Es la práctica de codificación de imágenes mediante la aplicación de menos resolución para la información de crominancia que para la información de luminancia, debido a que el ojo humano es más sensible a la pérdida de información del brillo que del color.
Telecomunicaciones	Estudio y aplicación de la técnica que diseña sistemas que permitan la comunicación a larga distancia a través de la transmisión y recepción de señales.
Transcodificación	Práctica de conversión de un archivo de audio, video u otro archivo comprimido de un formato a otro. También se refiere a la recodificación al mismo formato para alterar la velocidad de bits del archivo.
Unicast	Envío de información desde un único emisor a un único receptor
Videoconferencia	Sistema interactivo que permite a varios usuarios mantener una conversación virtual por medio de la transmisión en tiempo real de video, sonido y texto a través de Internet.
VoIP	Grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un Protocolo de Internet.
WAN	Tipo de red de computadoras capaz de cubrir distancias desde unos 100 hasta unos 1000 km, proveyendo de servicio a un país o un continente o cualquier red en la cual no estén en un mismo edificio todos sus miembros.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Thampi, S.M, A Review on P2P Video Streaming (2013, 6 Agosto). [Online]. Disponible en: <Http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1304/1304.1235.pdf>

- [2] Ibnoulkhatib, G., Sistema de captura de imágenes de Streaming para el mantenimiento de la continuidad de la señal de TV(UPV-TV) (2013, 8 Agosto). [Online]. Disponible en: <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/14449/PFCghita2.pdf?sequence=1>

- [3] Apuntes SyT, CODEC (2013, 14 Agosto). [Online]. Disponible en: <http://www.figge.com.ar/index.htm/ApuntesSyT/C%F3decs%20y%20formatos.pdf>

- [4] Axis Communications AB, Compresión de video (2013, 20 Agosto). [Online]. Disponible en: http://www.axis.com/es/products/video/about_networkvideo/compression.html

- [5] Universidad Nacional de Educación a Distancia, Conversión entre formatos de video y audio (2013, 28 Agosto). [Online]. Disponible en:
http://ocw.innova.uned.es/mmm3/video_digital/contenidos/pdf/Conversion_entre_formatos.pdf
- [6] Nicholls, S. y Reina, J., Análisis Estado del Arte Codificación de Video en 3D (2013, 3 Septiembre). [Online]. Disponible en:
[kosmos.upb.edu.co/web/uploads/articulos/\(A\)_Analisis_del_estado_del_arte_de_la_codificacion_de_video_en_3d_byNTgx.pdf](http://kosmos.upb.edu.co/web/uploads/articulos/(A)_Analisis_del_estado_del_arte_de_la_codificacion_de_video_en_3d_byNTgx.pdf)
- [7] Flores, G., Conteo de objetos en flujos de video H.264 (2013, 5 Septiembre). [Online]. Disponible en:
mcyti.izt.uam.mx/archivos/Tesis/Generacion2009/ICR_GustavoFlores.pdf
- [8] Salavert, A., Formatos de video digital (2013, 12 Septiembre). [Online]. Disponible en: [Http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/formatos-video-digital/formatos-video-digital.pdf](http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/formatos-video-digital/formatos-video-digital.pdf)
- [9] Mundodivx, Configuración del codec XviD (2013, 25 Septiembre). [Online]. Disponible en: <http://www.mundodivx.com/codecs/xvid.php>
- [10] Dixlang.org, Codec de Video (2013, 29 Septiembre). [Online]. Disponible en: http://www.divxland.org/es/article/8/codecs_de_video#.UtwjaLR77IU
- [11] Beltrán, D. y Basañez, L., Técnicas y algoritmos para la adquisición, transmisión y visualización de escenas 3D (2013, 9 Octubre). [Online]. Disponible en:

<http://upcommons.upc.edu/e-prints/bitstream/2117/570/1/IOC-DT-P-2004-05.pdf>

- [12] Mailto, A., Theora, detalles técnicos, historia, rendimiento, reproducción, codificación, edición, streaming (2013, 14 Octubre). [Online]. Disponible en: Http://centrodeartigos.com/articulos-utiles/article_117805.html

- [13] Barbato, L., Draft-barbato-avt-rtp-theora-01, RTP Payload Format for Theora Encoded Video (2013, 17 Octubre). [Online]. Disponible en: <http://tools.ietf.org/html/draft-barbato-avt-rtp-theora-01>

- [14] Duarte, E., Que es IPv6 (2013, 21 Octubre). [Online]. Disponible en: <Http://blog.capacityacademy.com/2012/06/14/que-es-IPv6-y-como-nos-afecta/>

- [15] Deering, S. y Hinden, R., Especificación, protocolo internet, versión 6 (IPv6) (2013, 29 Octubre). [Online]. Disponible en: <Http://www.rfc-es.org/rfc/rfc2460-es.txt>

- [16] Duarte, E., Todo sobre IPv6 – Tipos de direcciones (2013, 16 Marzo). [Online]. Disponible en: <Http://blog.capacityacademy.com/2013/04/16/cisco-ccna-todo-sobre-IPv6-tipos-de-direcciones/>

- [17] Christensson, P., Multicasting (2013, 20 Marzo). [Online]. Disponible en: <Http://www.techterms.com/definition/Multicasting>

- [18] Hinden, R. y Deering, S., IP Version 6 Addressing Architecture (2013, 26 Noviembre). [Online]. Disponible en: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2373.txt>
- [19] Cisco Systems, Implementing IPv6 Multicast (2013, 10 Diciembre). [Online]. Disponible en: <http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/IPv6/configuration/guide/ip6-Multicast.pdf>
- [20] Sepulveda, P., Modulo 4: Enrutamiento IPv6 (2013, 16 Diciembre). [Online]. Disponible en: <http://www.franciscosepulveda.eu/page/10/>
- [21] Caballero, G., Dispositivo de vídeo virtual con v4l2loopback Debian Wheezy, (2013, 19 Diciembre). [Online]. Disponible en: <https://lcaballero.wordpress.com/2012/09/11/dispositivo-de-video-virtual-con-v4l2loopback-en-debian-wheezy/>
- [22] Bradner, S. y McQuaid, J., RFC 2544, Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices (2014, 13 Enero). [Online]. Disponible en: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2544.txt>
- [23] Bradner, S., RFC 1242, Benchmarking Terminology for Network Interconnection Devices (2014, 22 Enero). [Online]. Disponible en: <http://www.ietf.org/rfc/rfc1242.txt>

- [24] Publicaciones UIT-T, ITU TG 114 (2014, 10 Febrero). [Online]. Disponible en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.114/es>
- [25] Publicaciones UIT-T, ITU-T Y.1541 Internet protocol aspects – Quality of service and network performance (2014, 19 Febrero). [Online]. Disponible en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.1541-201112-I/es>