



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE RED IPTV
(INTERNET PROTOCOL TELEVISION) DE MANERA
INALÁMBRICA EN RIOBAMBA”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo Obtención del Título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO EN TELECOMUNICACIONES Y REDES

AUTORES: Marilin Yadira Carrión Conza

Diego Fernando Intriago Rodríguez

TUTOR: Franklin Geovanni Moreno Montenegro

RIOBAMBA – ECUADOR

2016

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación “IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE RED IPTV (Internet Protocol Television) DE MANERA INALÁMBRICA EN RIOBAMBA”, de responsabilidad de los señores Marilyn Yadira Carrión Conza y Diego Fernando Intriago Rodríguez, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Washington Gilberto Luna Encalada DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Ing. Franklin Geovanni Moreno Montenegro DIRECTOR DE LA ESCUELA DE ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y REDES
Ing. Franklin Geovanni Moreno Montenegro DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN
Ing. Oswaldo Geovanny Martínez Guashima MIEMBRO DEL TRIBUNAL

NOTA

“Nosotros, **Marilin Yadira Carrión Conza** y **Diego Fernando Intriago Rodríguez**, somos los responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual de la misma pertenecen a la **Escuela Superior Politécnica de Chimborazo**”.

Marilin Yadira Carrión Conza

Diego Fernando Intriago Rodríguez

DEDICATORIA

Con todo mi amor dedico este trabajo de titulación a Dios por todas sus bendiciones otorgadas y por darme la oportunidad de seguir cumpliendo mis sueños. Para mi fuente de inspiración, mis padres, Antonia Conza y Vicente Carrión por la enorme confianza, apoyo pero sobre todo por su infinito amor haciéndome sentir completamente feliz. A mis hermanos Victor, Daniela, Karina, Robinson y Mishell por todo su cariño brindado y ser el complemento de mi felicidad. A mis familiares y amigos por motivarme, darme la mano y su afecto sincero.

Marilin

El presente trabajo de titulación se lo dedico a Dios por ser mi fuente de inspiración, por fomentar mi espíritu y permitirme enfrentar las adversidades con esperanza y lucidez. Con mi infinito amor, A mi madre Bertha Nelly Rodríguez Calle por ser mi ángel de la guarda, por haberme brindado recuerdos que atesoro con el alma y que me impulsan a no decaer, forjándome un carácter de valentía hacia la vida. Porque son mi razón de ser y los compañeros de mi vida, mi abuelita María Carmen Calle Gonzales y mi abuelito Carlos Cesáreo Rodríguez Jiménez, por el amor inmenso brindado, la confianza inquebrantable hacia mí y la orientación a lo largo de mi vida. A mí querida tía Rosa Elvira Rodríguez Calle y mi primo Carlos Vinicio López Rodríguez por la compañía, el afecto sincero y el consejo oportuno. A mis demás familiares que de una u otra forma me han ayudado a alcanzar este objetivo.

Diego

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por su infinito amor, por todas las bendiciones a lo largo de nuestra carrera, otorgándonos la fe para asumir todos los embates propios de la misma, otorgándonos él, la voluntad de no desmayar ni desvanecernos por más difícil que fuese el camino. A nuestros padres, abuelos y hermanos por el amor, la confianza y el apoyo brindado para culminar esta etapa de nuestras vidas. A nuestra amada Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por acogernos y darnos la oportunidad de instruirnos ética y profesionalmente para ser parte activa y protagonista del desarrollo de nuestra sociedad. A los ingenieros Franklin Moreno, Oswaldo Martínez, William Calvopiña, Vinicio Ramos, Fernanda Arévalo y Ángel Bejarano por toda la colaboración y pre-disposición para la elaboración de este trabajo.

Marilin y Diego

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PORTADA	
CERTIFICACIÓN.....	i
DERECHO DE AUTOR.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
TABLA DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xvi
RESUMEN.....	xix
SUMMARY.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	4
1 MARCO TEÓRICO.....	4
1.1 Sistema IPTV.....	4
1.1.1 Características IPTV.....	5
1.1.2 Desempeño de IPTV.....	5
1.1.2.1 Ancho de Banda.....	5
1.2 Arquitectura del Sistema IPTV.....	6
1.2.1 Núcleo de Contenido.....	6
1.2.2 Nodos de Servicio.....	6
1.2.3 Redes de distribución.....	7
1.2.4 Acceso de Usuarios.....	7
1.2.5 Equipos Locales de Usuarios.....	7
1.2.6 Usuarios IPTV.....	7

1.3	Servidor.....	7
1.4	Factores que intervienen en la transmisión de los datos.....	8
<i>1.4.1</i>	<i>Señal Ruido.....</i>	<i>8</i>
<i>1.4.2</i>	<i>Atenuación.....</i>	<i>9</i>
<i>1.4.3</i>	<i>Calidad de Servicio.....</i>	<i>9</i>
1.5	Direccionamiento IP.....	10
<i>1.5.1</i>	<i>Definición.....</i>	<i>10</i>
<i>1.5.2</i>	<i>Tipos de direcciones IP.....</i>	<i>11</i>
<i>1.5.2.1</i>	<i>Dirección IP privada</i>	<i>11</i>
<i>1.5.2.2</i>	<i>Dirección IP pública.....</i>	<i>11</i>
<i>1.5.3</i>	<i>Máscara.....</i>	<i>11</i>
<i>1.5.3.1</i>	<i>Una máscara consta internamente de dos partes.....</i>	<i>12</i>
<i>1.5.4</i>	<i>Función.....</i>	<i>12</i>
<i>1.5.5</i>	<i>Tipos de Direccionamiento.....</i>	<i>12</i>
<i>1.5.5.1</i>	<i>Direccionamiento IPv4.....</i>	<i>13</i>
<i>1.5.6</i>	<i>Clases de Direccionamiento IPV4.....</i>	<i>14</i>
1.6	Topología de red IPTV.....	15
<i>1.6.1</i>	<i>Cabecera de red.....</i>	<i>16</i>
<i>1.6.2</i>	<i>Red de Núcleo.....</i>	<i>17</i>
<i>1.6.3</i>	<i>Red de distribución.....</i>	<i>17</i>
<i>1.6.4</i>	<i>Red de acceso.....</i>	<i>17</i>
<i>1.6.5</i>	<i>Red residencial.....</i>	<i>17</i>
1.7	Causas que perturban el servicio.....	18
1.8	Enrutamiento.....	18
<i>1.8.1</i>	<i>Tipos de Enrutamiento.....</i>	<i>19</i>
<i>1.8.1.1</i>	<i>Enrutamiento Estático.....</i>	<i>19</i>
<i>1.8.1.2</i>	<i>Enrutamiento Dinámico.....</i>	<i>20</i>
<i>1.8.1.3</i>	<i>Enrutamiento Predeterminado.....</i>	<i>25</i>
1.9	Multidifusión.....	25
1.10	Enrutamiento Multicast.....	25
<i>1.10.1</i>	<i>Árbol de distribución.....</i>	<i>26</i>
<i>1.10.2</i>	<i>Árbol de expansión.....</i>	<i>26</i>

1.10.3	<i>Difusión de los datagramas</i>	27
1.11	Protocolos de Enrutamiento Multicast	28
1.12	Tecnología inalámbrica	30
1.12.1	<i>Introducción</i>	30
1.12.2	<i>Redes inalámbricas</i>	30
1.12.3	<i>Ventajas y Desventaja De Las Redes Inalámbricas</i>	32
1.12.3.1	<i>Ventajas</i>	32
1.12.3.2	<i>Desventaja</i>	33
1.13	IPTV Inalámbrica	33
1.13.1	<i>WISPs</i>	33
1.13.2	<i>Creación de Grupos de Transmisión</i>	34
CAPITULO II		35
2	MARCO METODOLÓGICO	35
2.1	Análisis y Diseño Del Prototipo a Implementar	35
2.1.1	<i>Introducción</i>	35
2.1.2	<i>Consideraciones</i>	35
2.2	Parámetros de Calidad del Servicio de IPTV	36
2.2.1	<i>Retardo</i>	37
2.2.2	<i>Pérdida De Paquetes De Datos</i>	38
2.2.3	<i>Jitter</i>	39
2.2.4	<i>Calidad de Transmisión</i>	39
2.3	Software para la Ejecución de las Pruebas	40
2.3.1	<i>Wireshark</i>	40
2.3.2	<i>Iperf/Jperf</i>	41
2.3.3	<i>VirtualRouter Plus</i>	42
2.3.4	<i>CMD</i>	44
2.4	Diseño	45
2.4.1	<i>Esquema IPv4</i>	45
2.4.2	<i>Direccionamiento IPv4 del prototipo</i>	46
2.5	Estructura de IPTV	47
2.5.1	<i>Computadora emisora del Servicio IPTV</i>	47
2.5.2	<i>Reproductor multimedia VLC</i>	48

2.6	Protocolos a Considerar.....	50
2.6.1	Protocolos en Tiempo Real.....	50
2.6.1.1	Protocolo UDP.....	50
2.6.1.2	Protocolo RTP.....	50
2.6.2	Protocolo de Enrutamiento de Red.....	51
2.6.2.1	Protocolo de Red OSPF.....	51
2.6.2.2	Protocolo DHCP.....	51
2.6.3	Protocolo de Enrutamiento Multicast	51
2.6.3.1	PIM SM-DM.....	51
 CAPITULO III.....		52
3	MARCO DE RESULTADOS.....	52
3.1	Implementación del Prototipo de Red IPTV.....	52
3.1.1	Configuración de los Switches Capa 3 Cisco 3560.....	52
3.1.2	Configuración de los switches capa 2 Cisco 2960.....	52
3.1.3	Configuración del servidor IPTV.....	53
3.1.4	Configuración del computador a funcionar como AP.....	53
3.1.5	Configuración de los equipos de recepción.....	53
3.2	Muestreo de Datos.....	53
3.2.1	Método de Muestreo de Datos.....	53
3.2.2	Parámetros de Calidad.....	53
3.2.2.1	Retardo.....	53
3.2.2.2	Jitter.....	55
3.2.2.3	Pérdida de Paquetes.....	56
3.3	Análisis de los Datos Obtenidos.....	58
3.3.1	Transmisión Alámbrica.....	58
3.3.1.1	Retardo.....	58
3.3.1.2	Jitter.....	59
3.3.1.3	Pérdida de Paquetes.....	61
3.3.2	Transmisión Inalámbrica.....	62
3.3.2.1	Retardo.....	63
3.3.2.2	Jitter.....	64

3.3.2.3	<i>Pérdida de Paquetes</i>	65
3.4	Comparación de Transmisión Alámbrica vs Inalámbrica	67
3.5	Propuesta de Guía de Implementación para IPTV de manera Inalámbrica	69
3.5.1	<i>Configuración de los Switches Capa 3 Cisco 3560</i>	69
3.5.2	<i>Configuración de los switches capa 2 Cisco 2960</i>	72
3.5.3	<i>Configuración del servidor IPTV</i>	73
3.5.3.1	<i>Configuración VLC Media Player 1.1.5</i>	74
3.5.4	<i>Configuración del computador a funcionar como AP</i>	79
3.5.5	<i>Configuración de los equipos de recepción Alámbrico e Inalámbrico</i>	84
3.5.5.1	<i>Configuración VLC Media Player 2.2.1</i>	85

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 - 1: Descripción de Métricas de QoS con sus respectivas fórmulas.....	9
Tabla 1 - 1: Direccionamiento IPv4.....	13
Tabla 1 - 3: Clases de Direcciones IPv4.....	15
Tabla 1 - 4: Clases de Direcciones privadas IPv4.....	15
Tabla 1 - 5: Protocolo de enrutamiento dinámico.....	24
Tabla 1 - 6: Comparativa de los protocolos de enrutamiento multicast.....	29
Tabla 2 - 1: Parámetros de QoS y grado de importancia en el Servicio IPTV.....	37
Tabla 2 - 2: Valoración de Porcentajes de Retardo.....	37
Tabla 2 - 3: Valoración de Porcentaje de Pérdida de Paquetes.....	38
Tabla 2 - 2: Valoración del Porcentaje de Jitter.....	39
Tabla 2 - 5: Calificación de la calidad de transmisión.....	39
Tabla 2 - 6: Direccionamiento IPv4 del prototipo.....	46
Tabla 2 - 7: Características del servidor IPTV.....	48
Tabla 2 - 8: Características de los Videos de prueba para el prototipo del servicio IPTV.....	49
Tabla 2 - 9: Características de PC receptoras.....	49
Tabla 2 - 10: Características de Laptops de usuarios.....	49
Tabla 3 - 1: Datos de prueba sobre el retardo, video en HD 720p de corta duración (1 a 3 minutos)	58
Tabla 3 - 2: Datos de prueba sobre el retardo, video en HD 720p de media duración (3 a 10 minutos).....	58
Tabla 3 - 3: Datos de prueba sobre el retardo, video en HD 720p de larga duración (10 a 20 minutos)	59

Tabla 3 - 4: Datos de prueba sobre el Jitter, video en HD 720p de corta duración (1 a 3 minutos).....	59
Tabla 3 - 5: Datos de prueba sobre el Jitter, video en HD 720p de media duración (3 a 10 minutos).....	60
Tabla 3 - 6: Datos de prueba sobre el Jitter, video en HD 720p de larga duración (10 a 20 minutos)	60
Tabla 3 - 7: Datos de prueba sobre la pérdida de paquetes, video en HD 720p de corta duración (1 a 3 minutos)	61
Tabla 3 - 8: Datos de prueba sobre la pérdida de paquetes, video en HD 720p de media duración (3 a 10 minutos).....	61
Tabla 3 - 9: Datos de prueba sobre la pérdida de paquetes, video en HD 720p de larga duración (10 a 20 minutos).....	62
Tabla 3 - 10: Datos de prueba sobre el retardo, video en HD 720p de corta duración (1 a 3 minutos).....	62
Tabla 3 - 11: Datos de prueba sobre el retardo, video en HD 720p de media duración (3 a 10 minutos).....	63
Tabla 3 - 12: Datos de prueba sobre el retardo, video en HD 720p de larga duración (10 a 20 minutos).....	63
Tabla 3 - 13: Datos de prueba sobre el Jitter, video en HD 720p de corta duración (1 a 3 minutos).....	64
Tabla 3 - 14: Datos de prueba sobre el Jitter, video en HD 720p de media duración (3 a 10 minutos).....	64
Tabla 3 - 15: Datos de prueba sobre el Jitter, video en HD 720p de larga duración (10 a 20 minutos).....	65
Tabla 3 - 16: Datos de prueba sobre la pérdida de paquetes, video en HD 720p de corta duración (1 a 3 minutos).....	65
Tabla 3 - 17: Datos de prueba sobre la pérdida de paquetes, video en HD 720p de media duración (3 a 10 minutos).....	66
Tabla 3 - 18: Datos de prueba sobre la pérdida de paquetes, video en HD 720p de larga duración (10 a 20 minutos).....	66

Tabla 3 – 19: Configuraciones Switches Capa 3 Cisco 3560.....	69
Tabla 3 - 20: Configuraciones Switches Capa 2 Cisco 2960.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - 1. Sistema IPTV.....	4
Figura 1 - 2. Factores que perjudican el servicio de IPTV.....	5
Figura 1 - 3. Arquitectura IPTV.....	6
Figura 1 - 4. Modelo de un sistema de IPTV broadcast.....	7
Figura 1 - 5. Servidor.....	8
Figura 1 - 6. Dirección IPv4.....	12
Figura 1 - 7. Estructura de Direcciones IPv4.....	13
Figura 1 - 8. Topología de IPTV.....	16
Figura 1 - 9. Causas que perturban el servicio.....	18
Figura 1 - 10: Protocolos de enrutamiento dinámico.....	21
Figura 1 - 11: Protocolos de enrutamiento dinámico según su propósito.....	22
Figura 1 - 12: Árbol de distribución.....	26
Figura 1 - 13: Árbol de expansión.....	27
Figura 1 - 14: Difusión de los datagramas.....	27
Figura 1 - 15: Multicast Router.....	28
Figura 1 - 16: Equipos de conexión inalámbrica.....	30
Figura 1 - 17: Clasificación de tecnologías según su área geográfica.....	32
Figura 2 - 1. Software Wireshark.....	40
Figura 2 - 2. Conversaciones de protocolos durante la transmisión.....	41
Figura 2 - 3. Interfaz gráfica de Iperf.....	42
Figura 2 - 4. Interfaz gráfica de VirtualRouter Plus.....	43
Figura 2 - 5. Generación de la red virtual.....	43

Figura 2 - 6. Visualización de la red virtual.....	44
Figura 2 - 7. Interfaz gráfica de la ventana CMD.....	45
Figura 2 - 8. Escenario del prototipo de evaluaciones con IPv4.....	46
Figura 2 - 9. Interfaz gráfica VLC Media Player.....	48
Figura 3 - 1. Interfaz gráfica del comando ping.....	54
Figura 3 - 2. Interfaz gráfica del retardo	54
Figura 3 - 3. Interfaz gráfica del software Jperf Servidor.....	55
Figura 3 - 4. Interfaz gráfica del software Jperf Cliente.....	56
Figura 3 - 5. Interfaz gráfica de la pérdida de paquetes UDP.....	57
Figura 3 - 6. Interfaz gráfica de la pérdida de paquetes RTP.....	57
Figura 3 - 7. Gráfica de barras del retardo	67
Figura 3 - 8. Gráfica de barras del Jitter	67
Figura 3 - 9. Gráfica de barras de la pérdida de paquetes	68
Figura 3 - 10. Esquema del Prototipo de Red IPTV.....	69
Figura 3 - 11. Desactivación del firewall en el servidor IPTV.....	73
Figura 3 - 12. Dirección estática.....	74
Figura 3 - 13. Configuración de la Emisión en el VLC.....	74
Figura 3 - 14. Anadir ubicación del Video.....	75
Figura 3 - 15. Confirmación de la Ubicación del Video.....	75
Figura 3 - 16. Designación del protocolo UDP	76
Figura 3 - 17. Designación de la dirección multicast y el puerto UDP.....	76
Figura 3 - 18. Designación del protocolo RTP.....	77
Figura 3 - 19. Designación de la dirección multicast y el puerto RTP.....	77
Figura 3 - 20. Modificación del TTL.....	78
Figura 3 - 21. Emisión del Video.....	78

Figura 3 - 22. Plataforma Softonic del VirtualRouter Plus.....	79
Figura 3 - 23. Descarga.....	79
Figura 3 - 24. Instalador VirtualRouter Plus.....	79
Figura 3 - 25. Instalación del software.....	79
Figura 3 - 26. Aceptación del Programa.....	80
Figura 3 - 27. Ubicación del programa en la carpeta de destino.....	80
Figura 3 - 28. Iniciando la instalación	81
Figura 3 - 29. Finalizando la instalación	81
Figura 3 - 30. Interfaz gráfica del software Enrutador virtual Plus.....	82
Figura 3 - 31. Declaración de los parámetros de la red a crear	82
Figura 3 - 32. Aprobación de la red creada	82
Figura 3 - 33. Verificación de la red creada.....	83
Figura 3 - 34. Acceso a la red TESIS.....	83
Figura 3 - 35. Desactivación del firewall en equipos de recepción.....	84
Figura 3 - 36. Dirección Automática DHCP.....	84
Figura 3 - 37. Configuración de la emisión en el VLC del servidor.....	85
Figura 3 - 38. Dirección Multicast para la recepción del video UDP.....	85
Figura 3 - 39. Recepción del video UDP.....	86
Figura 3 - 40. Dirección Multicast para la recepción del video RTP	86
Figura 3 - 41. Recepción del video RTP.....	87

ABREVIATURAS

ADSL	ASYMMETRIC DIGITAL SUBSCRIBER LINE
AMD	ADVANCED MICRO DEVICES
AP	ACCESS POINT
AS	AUTONOMOS SISTEM
ATM	AUTONOMOUS SYSTEM
BGP	BORDER GATEWAY PROTOCOL
COS	CLASE DE SERVICIO
CPU	UNIDAD CENTRAL DE PROCESAMIENTO
DHCP	DYNAMIC HOST CONFIGURATION PROTOCOL
EGP	EXTERIOR GATEWAY PROTOCOL
EIGRP	ENHANCEDINTERIOR GATEWAY ROUTING PROTOCOL
FTP	PROTOCOLO DE TRANSFERENCIA DE ARCHIVOS
GPL	GENERAL PUBLIC LICENSE
HDTV	HIGH DEFINITION TELEVISION
ICMP	INTERNET CONTROL MESSAGE PROTOCOL
IETF	INTERNET ENGINEERING TASK FORCE
IGMP	INTERNET GROUP MANAGEMENT PROTOCOL
IGP	INTERIOR GATEWAY PROTOCOL
IGRP	INTERIOR GATEWAY ROUTING PROTOCOL
IOS	INTERNET OPERATING SYSTEM
IP	PROTOCOLO DE INTERNET
IPTV	TELEVISIÓN POR PROTOCOLO DE INTERNET
IPV4	PROTOCOLO DE INTERNET VERSION 4
IPV6	PROTOCOLO DE INTERNET VERSION 6

IS-IS	INTERMEDIATE SYSTEM TO INTERMEDIATE SYSTEM
ISP	INTERNET SERVICE PROVIDER
ITU	UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES
LAN	LOCAL AREA NETWORK
MOS	MEAN OPINION SCORE
MPEG	MOVING PICTURE EXPERTS GROUP
MPLS	MULTIPROTOCOL LABEL SWITCHING
NAP	NETWORK ACCESS PROTECTION
OSI	OPEN SYSTEM INTERCONNECTION
OSPF	OPEN SHORTEST PATH FIRST
PIM SM-DM	PIM SPARSE MODE – DENSE MODE
PIM	PROTOCOL INDEPENDENT MULTICAST
PIM-DM	PIM – DENSE MODE
PIM-SM	PIM – SPARSE MODE
QoS	CALIDAD DE SERVICIO
RAM	RANDOM ACCESS MEMORY
RIP	ROUTING INFORMATION PROTOCOL
RP	RENDEZVOUS POINT
RPM	REVERSE PATH MULTICASTING
RTP	REAL TIME PROTOCOL
RTT	ROUND TRIP TIME
SPT	SPANNING TREE PROTOCOL
STB	SET-TOP BOX
TCP	TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL
TTL	TIME TO LIVE
UDP	USER DATAGRAM PROTOCOL

URGC	UNIFORM RELIABLE GROUP COMMUNICATION PROTOCOL
VLAN	VIRTUAL LAN
VLC	VIDEO LAN CLIENT
VLSM	VARIABLE LENGTH SUBNET MASK
VoD	VIDEO ON DEMAND
WIMAX	WORLDWIDE INTEROPERABILITY FOR MICROWAVE ACCESS
WISP	WIRELESS INTERNET SERVICE PROVIDER

RESUMEN

Implementación de un Prototipo de Red Internet Protocol Television (IPTV) de manera inalámbrica en la ciudad de Riobamba. Se desarrolló un análisis exhaustivo, a partir de un ambiente a escala donde la obtención de estos resultados nos permitió determinar la viabilidad de la transmisión de IPTV, mediante la ejecución de pruebas con equipos Cisco como switches capa 3 Catalytis 3560 y switches capa 2 Catalytis 2960, configurados con protocolos de enrutamiento de red OSPF y DHCP, además del protocolo multicast PIM SM-DM y para la emisión de video streaming protocolos en tiempo real UDP y RTP. Para capturar el tráfico de datos en la red, se usó softwares libres como: Wireshare, Jperf, CDM que permiten determinar la cantidad de paquetes perdidos, retardo y latencia dentro de la red, y VLC Media Player para la emisión y recepción. Se obtuvo una media de los resultados de las transmisiones con respecto a los parámetros de calidad referenciados en la norma ITU-T Y.1541, para el medio alámbrico: Retardo de 0,9 milisegundos, Jitter de 0,104 milisegundos y la pérdida de paquetes de 0,02%; y para el medio inalámbrico: Retardo de 3,4 milisegundos, Jitter de 0,364 milisegundos y la pérdida de paquetes de 0,118%. Se concluyó que la transmisión inalámbrica cumple con parámetros aceptables de calidad de servicio, sin embargo es mucho más viable el medio alámbrico. Por tanto se recomienda para una transmisión más adecuada la implementación del servicio por el medio alámbrico.

Palabras Claves: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <TECNOLOGÍA DE LAS COMUNICACIONES>, <TELEVISIÓN SOBRE EL PROTOCOLO DE INTERNET (IPTV)>, <MEDIO INALÁMBRICO>, <LATENCIA (JITTER)>, <PERDIDA DE PAQUETES>, <RETARDO>, <PROTOCOLO MULTICAST (PIM SM-DM)>

SUMMARY

Implementation of an Internet Protocol Television network prototype (IPTV) wirelessly in Riobamba city. An exhaustive analysis was developed from a scale environment to where the results obtained allowed us to determine the viability in the transmission of IPTV, by running tests with Cisco equipment such as switches layer 3 Catalytis 3560 and switches layer 2 Catalytis 2960, configured with network routing protocols OSPF and DHCP and multicast protocol PIM SM-DM and for streaming video broadcast, real time protocols UDP and RTP. To capture the data traffic on the network, this free software was used: WireShare, JPerf, CDM for determining the amount of packet loss, delay and latency within the network, and VLC Media Player for transmission and reception. An average of the results of transmissions was obtained regarding quality parameters referenced in ITU-T Y.1541 standard for wired medium: Delay 0.9 milliseconds, jitter 0.104 milliseconds and the packet loss 0.02%; and for the wireless medium: Delay 3.4 milliseconds, Jitter 0.364 milliseconds and packet loss 0.118%. It was concluded that wireless transmission compiles with acceptable parameters for quality service, however it is much more feasible the wired medium. It is therefore recommended for optimum transmission the implementation of wired service.

KEYWORDS: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCE>, <COMMUNICATIONS TECHNOLOGY>, <TV ON INTERNET PROTOCOL (IPTV)>, <WIRELESS MEDIUM>, <LATENCY (JITTER)>, <PACKET LOSS>, <DELAY>, <MULTICAST PROTOCOL (SM PIM-DM)>

INTRODUCCIÓN

La aparición de nuevas tecnologías conlleva al desarrollo de nuevos servicios; voz sobre IP, video bajo demanda, video conferencia o una transmisión de televisión enfocada en el direccionamiento IP, son apenas algunas de ellas, pero que ahora son posibles de emitir y receptar gracias al avance tecnológico existente.

Estos servicios se cimientan en la convergencia dentro de un mismo ancho de banda, de manera que se proyecta a la optimización de hardware y software, recursos que la ciencia tiene como objetivo seguir simplificando, con la finalidad de proporcionar confort en la concesión del servicio de IPTV.

Para brindar IPTV necesitamos conocer, estudiar y entender la funcionalidad de sus protocolos de comunicación, los mismos que nos facultan a desarrollar un enrutamiento para que en su posterioridad tengamos la capacidad de generar video en tiempo real o también conocido como video streaming, principio básico que fundamenta la transmisión de IPTV.

La versatilidad de transmisión de acuerdo a los avances tecnológicos es cada vez mayor, estéticamente la transmisión inalámbrica es una de las mejores, mitiga de manera convincente y tajante la contaminación visual, desarrollando un entorno limpio para sus usuarios.

Nuestra aportación hacia el acrecentamiento de nuevas tecnologías y servicios, basados en transmisiones inalámbricas compromete la elaboración de una guía de implementación de un prototipo de red IPTV de manera inalámbrica en la ciudad de Riobamba, creando una distribución nodal para su realización.

ANTECEDENTES

La evolución de las telecomunicaciones con relación a IPTV ha generado cambios muy grandes, que se originaron por la necesidad de realizar y recibir televisión por IP debido a la gran transmisión de video, voz, y datos que nos puede brindar.

El servicio de IPTV en la actualidad ha ocasionado que gran cantidad de usuarios y empresas se interesen en desarrollar y presentar este servicio al mercado, debido a que enmarca una tecnología innovadora, mediante IPTV podemos transmitir televisión en vivo. IPTV no es un protocolo en sí mismo sino que ha sido desarrollado basándose en el video-streaming.

Esta tecnología va a evolucionar en un futuro próximo, aunque para ello es necesario redes con mayor rapidez que las actuales, para garantizar la calidad del servicio. A diferencia de la situación actual, el proveedor no transmitirá sus contenidos esperando que el espectador se conecte, sino que los contenidos llegarán sólo cuando el cliente los solicite. La clave está en la personalización dada por la auto selección. Esto permite el video bajo demanda.

La implementación de un prototipo de red IPTV (*internet protocol television*) de manera inalámbrica en Riobamba, nos ayudará a diseñar un sistema que permitirá su verificación y factibilidad de fusionar estos servicios, ahorrándonos costos y a la vez maximizando recursos para brindar comodidad a los usuarios.

JUSTIFICACIÓN

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La tecnología inalámbrica está en auge dentro de nuestra sociedad y época. Es necesario implementar el servicio de televisión dentro del ancho de banda que este transmite.

En virtud a la necesidad que existe de proveer múltiples servicios de manera unificada o por un mismo medio con parámetros efectivos, eficaces y económicos, proponemos la creación de un prototipo de red IPTV de manera inalámbrica en Riobamba, que permita que los hogares que posean internet de banda ancha acceder a un servicio de TV por direccionamiento IP de manera inalámbrica, la misma que se presenta como una idea innovadora, tecnológica y de fácil acceso.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

La idea de investigar y proponer UN PROTOTIPO DE RED IPTV (*Internet Protocol Television*) DE MANERA INALÁMBRICA EN RIOBAMBA, se plantea diseñar y realizar pruebas de un prototipo capaz de brindar IPTV por este medio, en las instituciones públicas, privadas y principalmente en los hogares que nos permita brindar un servicio de calidad imponderable a futuros usuarios.

Por lo cual su finalidad es la de realizar pruebas para la obtención de resultados que nos permita desarrollar un sistema que permita su realización.

OBJETIVOS

Objetivo General:

- Implementar un prototipo de red IPTV (*Internet Protocol Television*) de manera inalámbrica en RIOBAMBA.

Objetivos Específicos:

- Estudiar los diferentes protocolos que intervienen en la implementación de IPTV.
- Diseñar un prototipo para brindar IPTV, en entornos inalámbricos.
- Realizar las pruebas en los ambientes simulados.
- Proponer una guía de implementación para IPTV de manera inalámbrica.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Sistema IPTV

IPTV, definido como un servicio multimedia que es transmitido sobre una red IP gestionada, que permita proponer calidad de transmisión de manera guiada o no guiada, así como también parámetros de seguridad e interactividad, mediante un direccionamiento IP.

La capacidad de esta tecnología está apoyada en video-streaming que permite transmitir un flujo de video en una red. Su importancia radica en acceder a diferentes contenidos y solo cuando el usuario lo desee, es decir bajo demanda.

Se conoce también como una convergencia de las comunicaciones, la computación y los contenidos, así como una integración de la radiodifusión y las telecomunicaciones.

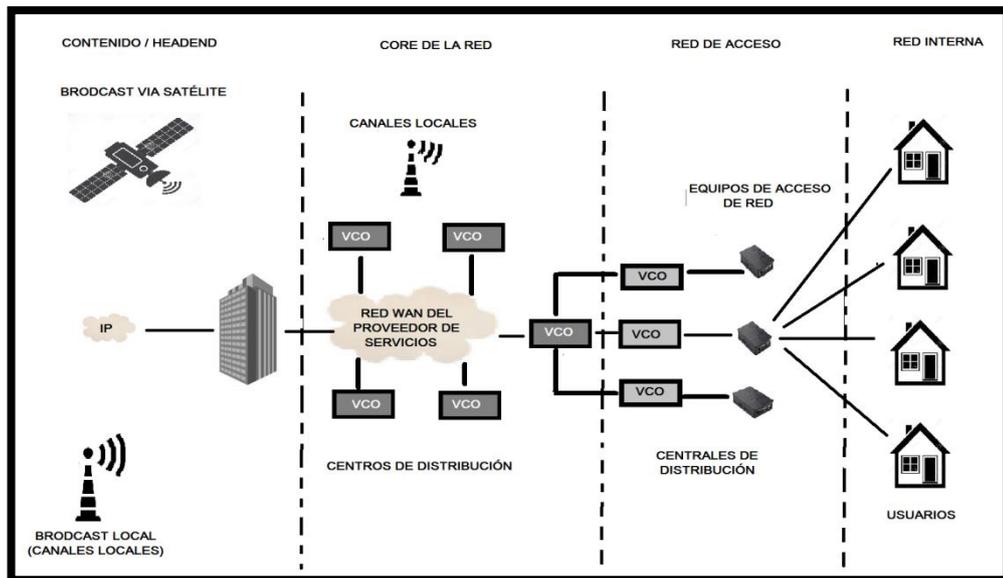


Figura 1-1. Sistema IPTV

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

La **Figura 1-1** muestra una forma más detallada las etapas de un sistema IPTV, desde que el contenido de video ingresa al sistema, su transmisión y su llegada hacia los usuarios.

1.1.1 Características IPTV

Para poder brindar este servicio se requiere de un gran ancho de banda en toda la transmisión, además de equipos que soporten esta tecnología, otros parámetros que tenemos que tomar en consideración es la señal a ruido y la atenuación, para garantizar la estabilidad del servicio.

1.1.2 Desempeño de IPTV

En los servicios de telecomunicaciones es frecuente la aparición de interferencias, que al no ser detectadas y corregidas comprometen la calidad del servicio.

Por esta razón, identificar los factores que afectan el desempeño de IPTV es la primera tarea importante en el camino para alcanzar un servicio de calidad, en virtud de lo analizado y de acuerdo a la referencia ITU-T Y.1541 que determina los objetivos de calidad de funcionamiento de red para servicios basados en el protocolo Internet (Arévalo y Bejarano, 2016, p.37), los factores técnicos que afectan el desempeño de este servicio son: el códec, la pérdida de paquetes, el retardo, el jitter y el ancho de banda.



Figura 1-2. Factores que perjudican el servicio de IPTV

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

1.1.2.1 Ancho de Banda

Es el rango o intervalo de frecuencias que se pueden brindar en Bits/s, que posee un canal para transmitir información, es decir la cantidad en datos y recursos de comunicación que se puede proveer a los usuarios, para la transmisión de información en la red.

Existen incomparables tipos de anchos de banda en conexiones a internet, los más importantes son: 10Mbps del cable Ethernet, 11Mbps inalámbrico 802.11b, 100 Mbps Fast Ethernet, 1000 Mbps Gigabit Ethernet, entre otras. Esto se debe a la complejidad física de los elementos a

utilizarse para comunicarse entre diferentes dispositivos de la red. Por ejemplo, si en una red de datos se manipulan cables Fast Ethernet quiere decir que el ancho de banda máximo al que se van a comunicar los dispositivos es 100Mbps. Tomando en consideración que el ancho de banda de los cables que se utilizan es independiente del ancho de banda que se contrata con el proveedor. (Arévalo y Bejarano, 2016, pp.8-9).

1.2 Arquitectura del Sistema IPTV

La Figura 1-3 se observa un sistema de arquitectura básica de IPTV, que soporta aplicaciones de difusión de televisión y video bajo demanda (VoD).



Figura 1-3. Arquitectura IPTV

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

1.2.1 Núcleo de Contenido

Está basado en mantener el sistema de IPTV en funcionamiento a través de la codificación y almacenamiento en tiempo real, mientras se gestiona el acceso de los usuarios, se lo denomina HeadEnd.

1.2.2 Nodos de Servicio

Recibe el video streaming en diversos formatos, para luego encapsularlos y transmitirlos de manera oportuna y adecuada teniendo en consideración la calidad de servicio y la comunicación con el respectivo equipo local de clientes, para el repartimiento de IPTV con la sesión y dirección digital distinguiendo entre los nodos de servicio central o distribuido.

1.2.3 Redes de distribución

Es la etapa en la cual se suministra la calidad de servicio, para aquello es necesario que esta distribución sea oportuna y confiable para que exista un flujo de datos desde los nodos de servicio a los usuarios finales de manera clara. El núcleo y el acceso a la red mediante la suscripción digital multiplexada se lo realiza utilizando tecnologías ATM y MPLS.

1.2.4 Acceso de Usuarios

IPTV se entregará hacia los usuarios utilizando un ancho de banda amplio y de manera guiada y no guiada en los hogares usando altas velocidades

1.2.5 Equipos Locales de Usuarios

Entiéndase como todos los equipos terminales confinados dentro del hogar del suscriptor, por lo general pueden ser router, set-top box, modem ADSL, AP. Estos se encargan del ancho de banda y las interconexiones en el hogar.

1.2.6 Usuarios IPTV

Es todo aquel usuario que solicite el servicio y que tenga acceso a cualquier dispositivo que soporte tráfico de IPTV, esto incluye la conexión, la decodificación del video streaming, el control de usuario, el nodo de servicio, smartphones, monitores HDTV, set top box, etc.

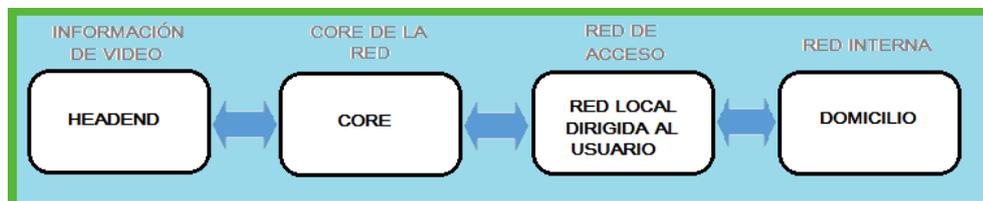


Figura 1-4. Modelo de un sistema de IPTV broadcast

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

1.3 Servidor

Es una computadora que posee un software cargado, cuya función es la de permitir generar una respuesta a la petición de los usuarios. Un servidor puede estar almacenado en cualquier ordenador, pero es recomendable que exista una computadora específica para que logre proporcionar este servicio de manera confiable.



Figura 1-5. Servidor

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Los servidores realizan diferentes acciones:

- Almacenamiento y respaldo de tráfico
- Gestión de video
- Streaming de alta velocidad

Los servidores IP serán usados para transmitir IPTV, estos sistemas operativos permiten enviar flujos de video a la vez, porque su característica principal es la de transferir una alta capacidad a una alta velocidad, ya que necesitamos enviar el tráfico de manera bidireccional.

1.4 Factores que intervienen en la transmisión de los datos

1.4.1 Señal Ruido

La señal a ruido es relación de dos potencias, siendo estas, la de la señal que es transmitida y la propiamente de ruido, cuyo efecto daña la señal de origen por la correlación que existe dentro del análisis de sus potencias, se rige a ser cuantificada con los decibeles siendo esta su unidad de medida. El ruido dentro de su definición se asemeja a una señal no deseada pero que dentro de la propagación propia de la señal es inconscientemente producido ya sea de manera natural por los árboles, propia del medio o generada por algún dispositivo.

Los principales ruidos generados en el ambiente de las telecomunicaciones pueden ser por:

- Dispositivos electrónicos.
- Temperatura donde se encuentra la red.
- Cables de corriente cuando están de manera adyacente a los cables de datos.

El ruido es un parámetro a tomar en consideración ya que este afecta en la transmisión y puede desencadenar en retardos, interferencias o en la perdida paquetes.

Es el proceso de variación que tiene la señal en el medio hasta llegar a su destino. En caso de tener una señal digital se puede representar como la disminución de los picos de la señal de origen. (Arévalo y Bejarano, 2016, p.9)

1.4.2 Atenuación

Es la diferencia entre la potencia recibida con respecto a la potencia transmitida a través del canal o medio, dentro del ambiente inalámbrico existen diversos factores que actúan como atenuación entre los principales tenemos a los factores climáticos y la distancia.

Cuando se trata de un medio guiado esta atenuación se presenta a través de los cables.

1.4.3 Calidad de Servicio

Hacemos referencia a la calidad de servicio enmarcando la satisfacción y el cumplimiento de expectativas en los servicios de IPTV, es complicado generar una definición de calidad de servicio ya que depende del punto de vista en el que se analice. Para que sea satisfactorio es necesario cumplir con los parámetros ofrecidos y generar aprobación de la calidad de servicio en la transmisión de video, voz y datos en los usuarios. Existen diversas soluciones que plantean ayudar a mejorar y otorgar calidad de servicio, específicamente cuando se trata de IPTV nos centraremos en IntServ y Diffserv.

Dentro de los parámetros de consideración en lo que se refiere a calidad de servicio tenemos el jitter, pérdida de paquetes durante la transmisión, probabilidad de error en la red, paquetes fuera de orden, tiempo de unión multicast, retardo (Navarro, Villareal y Martínez, 2015, p.35). Además, podemos mencionar métricas de calidad de servicio relativas como son:

En la Tabla 1-1 se observa características de las métricas objetivas y las fórmulas para su respectiva medición.

Tabla 1-1: Descripción de Métricas de QoS con sus respectivas fórmulas

MÉTRICA	FORMULA
<p>Retardo</p> <p>Es un parámetro de rendimiento que se debe tomar en consideración en la capa de transporte en la transmisión de datos.</p>	$D = \frac{\sum_{i=1}^P (L_i - S_i)}{P}$ <p>D : Delay (Retardo) Li : Tiempo de llegada del paquete Si : Tiempo de salida del paquete P : Número de paquetes recibidos</p>

<p style="text-align: center;">Pérdida de Paquetes</p> <p>La proporcionalidad de la pérdida de paquetes tiene una incidencia directa sobre la calidad del servicio, el perder información no solo abarca a los efectos de los errores de bits o a la pérdida de paquetes durante una transmisión, además genera los efectos de cualquier degradación emitida por los medios de codificación para la transmisión deseada.</p>	$PI(\%) = \frac{Pe - Pr}{Pe} * 100\%$ <p>PI : Paquetes perdidos Pe : Paquetes enviados desde el Servidor IPTV Pr : Paquetes recibidos en el cliente</p>
<p style="text-align: center;">Jitter</p> <p>Se conoce como la variación de retardo y se lo considera como un parámetro de rendimiento.</p>	$J = \frac{\sum_{i=1}^{i < P} (L_{i+1} - S_{i+1}) - (L_i - S_i)}{P}$ <p>J : Jitter Si : Tiempo de salida del paquete Li : Tiempo de llegada del paquete P : Número de paquetes recibidos</p>

Fuente: Diferencia de los protocolos MIP V4 / MIP V6 y cómo afectan las métricas de QoS en el servicio IPTV sobre IMS en una infraestructura de red móvil.

Para avalar la QoS en IPTV es necesario tener en cuenta que la imagen y sonido sean tolerables, es decir que las expectativas del usuario sean satisfechas, y que los parámetros estén en un intervalo apropiado u óptimo, tanto para video y voz.

1.5 Direccionamiento IP

1.5.1 Definición

Dar una dirección IP, es un número de identificación de un dispositivo que esté conectado a una red de forma alámbrica o inalámbrica, puede ser de manera estática o dinámica que a su vez pertenece al modelo TCP/IP, la dirección consta de una consecución de unos y ceros en el caso de direcciones IPv4, la dirección IP es una secuencia de unos y ceros de 32 bits expresada en cuatro octetos (Navarro, 2012; p.65) (4 byte) segmentados por puntos. Para hacer más comprensible se denomina en decimal como cuatro números separados por puntos.

Ejemplo:

En binario 01100100.00011000.00000111.00101111
en decimal 100.24.7.47

1.5.2 Tipos de direcciones IP

1.5.2.1 Dirección IP privada

Registra el equipo dentro de una red LAN, que se encuentre dentro del dominio de una red corporativa, empresarial o red doméstica.

1.5.2.2 Dirección IP pública

Registra el equipo en internet, esta dirección es única es decir no se puede repetir.

Una dirección IP consta de dos partes:

Primera parte:

Identifica la dirección de la red

Segunda Parte:

Sirve para identificar los equipos en la red y conocer que intervalo de direcciones IP se le asigna a esa red.

1.5.3 Máscara

Una máscara consta de 32 bits expresados en cuatro octetos (4 byte) separados por puntos. Se utiliza para identificar el rango de direcciones IP, la utilidad radica en sustraer la dirección de red o subred de la dirección IP.

Cada host TCP/IP está reconocido por una dirección IP lógica. Esta dirección es única para cada host que se comunica mediante TCP/IP. Cada dirección IP identifica la ubicación de un host en la red de la misma manera que una placa alfanumérica identifica un automotor.

1.5.3.1 Una máscara consta internamente de dos partes

El ID de red, se lo conoce como dirección de red, identifica un único segmento de red dentro de un grupo de redes TCP/IP más grande. El ID también se utiliza para registrar de manera única en cada red.

El ID de host, se lo conoce como dirección de host, identifica un nodo TCP/IP, es decir una estación de trabajo, servidor, enrutador u otro dispositivo dentro de cada red. El ID de host de cada dispositivo se registra de manera única en su propia red.

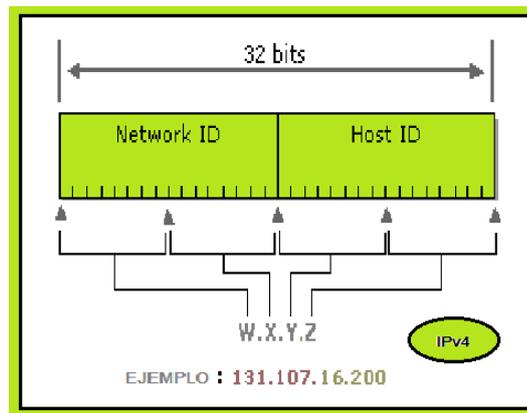


Figura 1-6. Dirección IPv4

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

1.5.4 Función

El direccionamiento IP es primordial para el encaminamiento de paquetes dentro del protocolo de internet, es decir permite el encaminamiento de paquetes desde una fuente de información hacia un destino (Navarro, Villareal y Martínez, 2015, p.47)

1.5.5 Tipos de Direccionamiento

El direccionamiento permite conectar redes de computadoras para poder orientar la información los más utilizados son:

- Direccionamiento IPv4
- Direccionamiento IPv6

1.5.5.1 Direccionamiento IPv4

Se compone de 32 bits, divididos en 4 octetos, se puede denotar de manera decimal entre el intervalo 0 hasta 255.

Tabla 1-2: Direccionamiento IPv4

DIRECCIONAMIENTO IPv4		
EJERCICIOS	BINARIO	DECIMAL
Ejercicio 1	11000000.10101010.00000011.00000001	192.170.3.1
Ejercicio 2	11100001.00000100.00000100.00000100	225.4.4.4
Ejercicio 3	10101100.00001010.00000001.00000001	172.10.1.1
Mínima dirección	00000000.00000000.00000000.00000000	0.0.0.0
Máxima dirección	11111111.11111111.11111111.11111111	255.255.255.255

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

El direccionamiento IPv4 contiene un máximo de direcciones posibles de 4.294.967.296, teniendo en consideración la clase de dirección y el dominio al que el dispositivo debe pertenecer dentro de la red (Navarro, Villareal y Martínez, 2015, p.49)



Figura 1-7. Estructura de Direcciones IPv4

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

1.5.6 Clases de Direccionamiento IPV4

Existen cinco clases:

- Clase A.- Constituye al primer octeto para identificar a una red, mientras tanto los tres octetos sobrantes son relegados para hosts. Una red de este tipo maneja el número de 16777214 direcciones, y el número máximo de redes que se pueden ofrecer es de 126. (Arévalo y Bejarano, 2016, p.15).
- Clase B.- Constituye los dos primeros octetos para establecer una red, y los dos últimos octetos se asignarán a los hosts. Obteniendo 65534 como número máximo de dispositivos que pueden conectarse a una red de este tipo y el intervalo de red proporcionará crear 16384 redes. (Arévalo y Bejarano, 2016, p.15).
- Clase C.- Se considera una de las más útiles ya que el número de redes que se puede operar con los tres primeros octetos es de 2097152, cada red tendrá un límite de 254 hosts; esto es funcional para poder tener una buena distribución de la red. (Arévalo y Bejarano, 2016, p. 15).
- Clase D (Multicast).- Este direccionamiento plantea una función en específico, la de permitir enviar tráfico multicast en una red. Es de vital importancia si se desea transmitir servicios multicast, por ejemplo IPTV. (Arévalo y Bejarano, 2016, p.15).
- Clase E (Experimental).- Se puede concluir a este tipo de direccionamiento como experimental, debido a que se reservó de tal manera que su utilidad sea en un futuro. (Arévalo y Bejarano, 2016, p.15). El número de hosts determinado para cada clase se lo pudo obtener con la fórmula

$$2^{n-2},$$

Donde:

- n es el número de bits que determina las direcciones de red.
- El -2 de la fórmula representa la dirección de red y la dirección de broadcast, debido a que estas dos direcciones no se pueden asignar a un host

Realizamos una tabla con los rangos respectivos de cada clase:

Tabla 1-3: Clases de Direcciones IPv4

CLASE	RANGO DE DIRECCIONAMIENTO	MÁSCARA DE RED
A	1.0.0.0 - 126.0.0.0	255.0.0.0
B	128.0.0.0 - 191.255.0.0	255.255.0.0
C	192.0.0.0 - 223.255.255.0	255.255.255.0
D	224.0.0.0 - 239.255.255.255	-----
E	240.0.0.0 - 255.255.255.255	-----

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Tabla 1-4: Clases de Direcciones privadas IPv4

CLASE	RANGO DE DIRECCIONES PRIVADAS	MÁSCARA DE RED
A	10.0.0.0 - 10.255.255.255	255.0.0.0
B	172.16.0.0 - 172.31.255.255	255.255.0.0
C	192.168.0.0 - 192.168.255.255	255.255.255.0

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Se observa en la **tabla 4** las direcciones privadas son utilizadas dentro de un área local sin la necesidad de una conectividad externa, permitiendo optimizar el direccionamiento privado en una red en la que no hay suficientes direcciones públicas de manera disponible. Si el requerimiento de conexión externa tiene como prioridad contar con un servidor de traducción de direcciones de red (NAT), este servidor efectúa un cambio de una dirección privada a una dirección pública para poder conectarse con el exterior. (Arévalo y Bejarano, 2016, p.17).

NOTA: El intervalo de direcciones desde la 0.0.0.0 hasta 0.255.255.255 es determinado por IANA para tipificación a nivel local, por otro lado el intervalo de direcciones desde la 127.0.0.0 hasta 127.255.255.255, también conocidas como direcciones de loopback o dirección de bucle local, están apartadas para la designación de su propio host. . (Arévalo y Bejarano, 2016, p.17).

1.6 Topología de red IPTV

La topología de red es el arreglo físico o lógico en la cual los dispositivos o nodos de una red se interconectan entre sí con un medio de comunicación.

Estos dispositivos pueden ser computadoras, impresoras, servidores, routers, tablets, smartphones, entre otros.

La topología que presentamos para brindar el servicio de IPTV está diseñada en forma de estrella ya que todos se conectan a un servidor central.

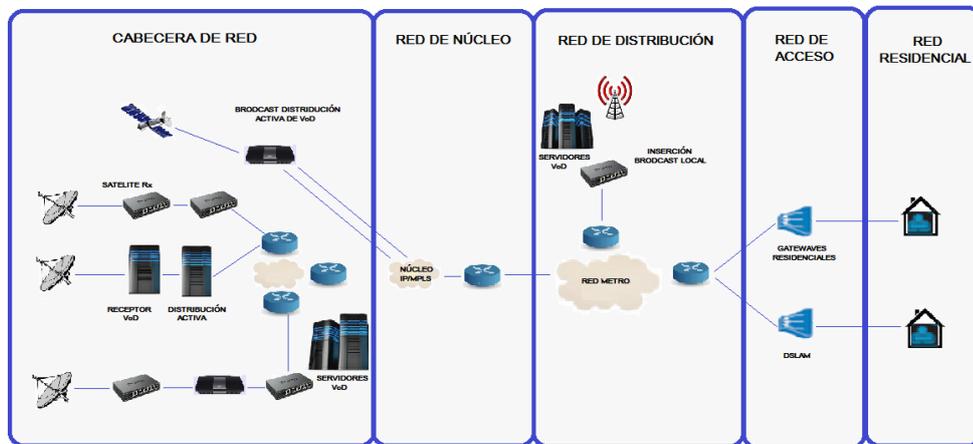


Figura 1-8. Topología de IPTV

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

A continuación se detalla los dispositivos que forman parte de la topología de IPTV y su diseño presentando la forma en la que están conectados para poder ofrecer este servicio a los usuarios finales.

IPTV topología de red jerárquica de 5 capas:

- Cabecera de red
- Red núcleo
- Red de distribución
- Red de acceso
- Red residencial

1.6.1 Cabecera de red

Es la red que contiene el servicio de video, forma parte importante en la infraestructura de servicios ya que está formada de varios dispositivos que reciben el contenido, lo transforman y de manera consecutiva lo distribuyen a los usuarios.

Se realiza una de las funciones clave como es la codificación del contenido de video adquirido en tramas de video MPEG.

Todos estos componentes se encuentran en la cabecera de red, se pueden distribuir mediante las redes de telecomunicaciones de video IP, la información de video digital es almacenada en servidores de video que se pueden hallar tanto en la cabecera o en los replicadores de video con el objetivo de obtener menor latencia y mayor redundancia aportando a la escalabilidad y el rendimiento del servicio.

1.6.2 Red de Núcleo

El núcleo o core de la red es un backbone utilizado en redes WAN o MAN que interconecta a los VHO (Video Headend Office) que son las centrales de distribución, aquí se adoptan los datos de la cabecera y se los transporta a la red de acceso.

Su objetivo es proporcionar el ancho de banda requerido para transportar los datos y video, desviando y coordinando el tráfico hacia los servidores designados para poder ejecutar cada función.

Su función principal es cumplir con el enrutamiento a gran magnitud uniendo los diferentes dominios de nivel nacional tanto de agregación como de distribución.

1.6.3 Red de distribución

Esta etapa se encarga del enrutamiento para tener acceso hacia la red y a su vez a la red global, es decir asigna los flujos de video que son traídos desde la cabecera, se lo conoce como una red de transporte de alta velocidad formado por routers de agregación determinando una de las partes más importantes dentro de la arquitectura de IPTV.

1.6.4 Red de acceso

La red de acceso está formada por todos los elementos que se encargan de llevar los contenidos multimedia hasta el usuario final. También son parte los elementos que atienden las peticiones del abonado.

1.6.5 Red residencial

Su finalidad es distribuir los servicios IPTV por los dispositivos dentro del dominio establecido, estas interconexiones propias de los componentes de la red se pueden realizar mediante las tecnologías: Fast Ethernet, Gigabit Ethernet o redes inalámbricas.

Dichas redes deben ser confiables, capaces de soportar mecanismos de calidad de servicios y proporcionar un ancho de banda ideal de tal manera que pueda soportar las altas tasas de datos transmitidas por IPTV.

1.7 Causas que perturban el servicio

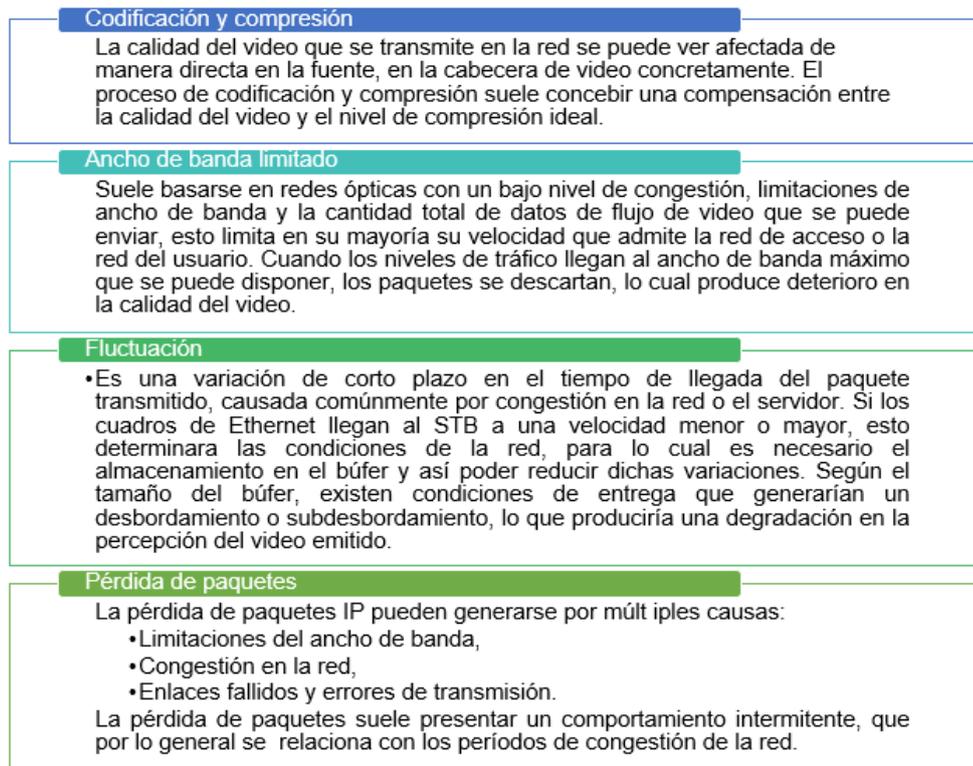


Figura 1-9. Causas que perturban el servicio

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

1.8 Enrutamiento

El ruteo, enrutamiento o encaminamiento se encarga de buscar el mejor camino es decir el más corto, entre todas las posibles rutas dadas en una red mediante el proceso de reenvío de paquetes entre dos o más redes conectadas, los dispositivos encargados del enrutamiento son los routers o enrutadores los cuales establecen rutas por donde fluirá el tráfico de la red mediante una dirección IP de destino del paquete. Cabe recalcar que para encontrar la mejor trayectoria el router toma en consideración la tabla de enrutamiento actualizada y algunos parámetros como la distancia administrativa, la métrica, el ancho de banda, etc.

Para mejorar la comprensión del concepto de enrutamiento se da a conocer algunas definiciones básicas las cuales nos ayudaran a entender de mejor manera el enrutamiento de una red.

ICMP.- El router se encuentra en modo activo, y nos permite informar si un paquete no ha llegado a su destino y pueda ser reenviado nuevamente proporcionando un control y notificación de errores.

PING.-Este comando permite indicar la funcionalidad, velocidad, y calidad de una red, es decir se ejecuta para determinar si un host es capaz de comunicarse con otros host dentro de una red (Arévalo y Bejarano, 2016, p.19).

1.8.1 Tipos de Enrutamiento

Los tipos de enrutamiento es un conjunto de métodos que se pueden configurar con el objetivo de crear y mantener tablas de enrutamiento de los routers que tiene la red. Además, permite determinar la mejor ruta para llegar a cualquier host remoto.

Hay que tener en cuenta que en un mismo router pueden ejecutarse protocolos de enrutamiento independientes, construyendo y actualizando tablas de enrutamiento para distintos protocolos encaminados.

Los tipos de enrutamiento pueden ser de tres maneras y estas son:

- Enrutamiento Estático
- Enrutamiento Dinámico
- Enrutamiento Predeterminado

1.8.1.1 Enrutamiento Estático

El enrutamiento estático permite configurar de forma manual todas las rutas requeridas en una red designada por un administrador, estas rutas deben estar configuradas de manera que se tenga en cuenta el sentido de envío y recepción de paquetes, ya estas rutas entre dispositivos de enrutamiento son independientes del proceso de transmisión de paquetes.

Este tipo de enrutamiento se considera como uno de los mejores debido a que proporciona mayores ventajas con respecto a la red, tales como:

- Las configuraciones de enrutamiento estático se las realiza de manera única y no se actualizan automáticamente ya que necesitan configurar las direcciones de forma manual por el administrador de la red.
- Este enrutamiento facilita el proceso de configuración en una red.
- Mientras mantengamos una topología de menor tamaño, será comprensible para el administrador de la red, debido a que el enrutamiento estático fue diseñado para redes pequeñas.
- El enrutamiento estático se considera el más seguro.
- Este tipo de enrutamiento es óptimo cuando se trata del rendimiento del CPU de los routers.
- Las rutas configuradas que se dirigen al destino son siempre las mismas.

- Cada router decide de manera autónoma como enviar los paquetes hacia el destino, pero esto no simboliza que realice la misma trayectoria de regreso.

Comprender este tipo de enrutamiento es de vital importancia debido a que es utilizado como estrategia de enrutamiento de respaldo.

El objetivo del enrutamiento estático es otorgar al administrador de la red el control total de las tablas de enrutamiento que se establecen a partir de los requerimientos de una red, también permite que las rutas sean configuradas por afinidad y no siga ningún tipo de proceso o diseño en el que se pueda ubicar. (Arévalo y Bejarano, 2016, pp.19-22).

1.8.1.2 Enrutamiento Dinámico

El enrutamiento dinámico es un protocolo de direccionamiento dinámico, es decir de asignación automática, que permite al administrador dejar que la red se regule también de una forma automática, lo que permite que exista un mayor consumo de ancho de banda y potencia del procesador en tareas de adquisición y mantenimiento de información de enrutamiento. Su principal ventaja es la de ahorrar tiempo al momento de asignar direcciones.

Este tipo de enrutamiento tiene diferentes maneras de determinar la tabla de enrutamiento y entre las principales tenemos:

- Cuando los routers intercambian información acerca de las rutas que están directamente conectadas en cada uno de ellos.
- Cuando los routers usan sus interfaces para enviar y recibir información o notificaciones que sufre la topología de la red.
- Cuando los routers solo intercambian información con otros routers que hayan configurado el mismo protocolo de enrutamiento.

Los routers conectados a una misma topología de red deben estar configurados con el mismo protocolo de enrutamiento, además estos intercambian la información de sus redes conectadas para adquirir una tabla general de enrutamiento. Esta tabla general contiene redes conectadas de manera directa y remota, a su vez las rutas que tiene el router para llegar a una red de destino. El intercambio de información se da siempre y cuando exista un cambio en el estado de las interfaces del router, es decir que después de que se produce el cambio en una o varias interfaces, el router envía una actualización por todas sus interfaces activas y además se encarga de informar todo cambio que produjo dicha interfaz, teniendo en consideración que no se puede enviar información de actualización por la interfaz del router que recibió una actualización, esta técnica evita crear bucles de enrutamiento en una red que se la denomina como horizonte dividido.

CLASIFICACIÓN

Los protocolos de enrutamiento dinámico se clasifican de la siguiente manera:

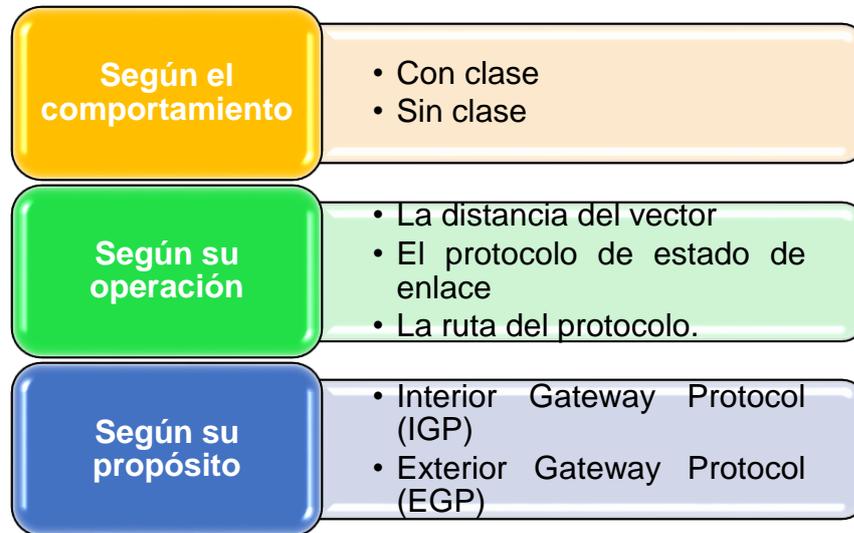


Figura 1-10: Protocolos de enrutamiento dinámico

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Según su comportamiento

Esta clase de protocolos según su comportamiento toma en consideración la máscara de subred y se utilizan dentro de un mismo sistema autónomo.

- **Protocolos de enrutamiento con clase**

Esta clase de protocolos de enrutamiento no soporta VLSM por lo que no podrá dividir la red en subredes debido a que no se considera la máscara de subred al momento de su configuración por lo tanto no enviara información de la máscara al momento de realizar actualizaciones de enrutamiento. Estos protocolos determinan la máscara de red mediante el primer octeto de la dirección de red por lo que no toma en cuenta la función de las clases como: clase A, B o C.

- **Protocolos de enrutamiento sin clase**

Esta clase de protocolos de enrutamiento es uno de los más usados en la actualidad ya que admiten máscara de subred al momento de su configuración es decir soporta VLSM por lo que podrá dividir la red en subredes. Además enviara información de la máscara de subred con su respectiva dirección de red al momento de realizar actualizaciones de enrutamiento.

Según su operación

Esta clase de protocolos según su operación utiliza una métrica que ayuda a establecer el mejor camino para poder llegar a su destino además estos protocolos se manejan dentro de un mismo sistema autónomo.

- **Protocolos de vector distancia**

Estos protocolos de enrutamiento, se centran en la interfaz de salida hacia su destino y en distintas métricas las cuales ayudan a establecer la distancia entre el origen y el destino para ello se basa en el ancho de banda, conteo de saltos, costo, retardo, entre otros.

- **Protocolos de estado de enlace**

Estos protocolos de enrutamiento tienen la función principal de crear un mapa de todo el diseño de la red y mantener actualizada la información de las rutas.

- **Protocolos híbridos**

Estos protocolos es una combinación de los protocolos de vector distancia y estado de enlace, es decir que posee las mismas funciones de los dos protocolos de manera que su funcionamiento es más rápido.

Según su propósito

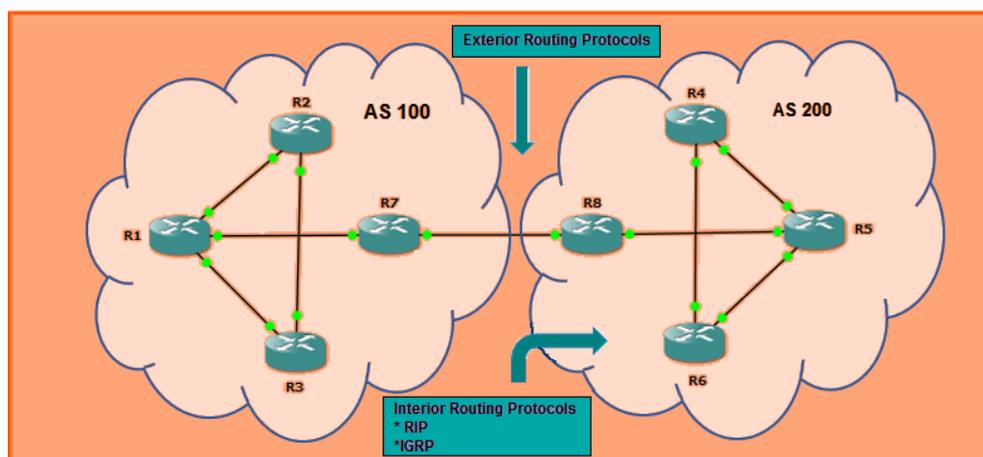


Figura 1-11: Protocolos de enrutamiento dinámico según su propósito

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Interior Gateway Protocol

Este protocolo de enrutamiento es el encargado de dar enrutamiento interno a grupo de redes IP es decir funciona dentro de un Sistema Autónomo (AS), por lo que estas redes poseen caminos propios e independientes de manera que posee una única administración.

Clasificación de los protocolos de enrutamiento IGP.

Los protocolos de enrutamiento IGP IPv4 son:

- **RIPv1.-** Es un protocolo de enrutamiento interno que no soporta VLSM es decir que es un protocolo con clase, que requiere redistribución manual. Además su métrica se basa en el conteo de saltos como su único sistema métrico por lo que se define como un protocolo vector distancia.
- **RIPv2.-** Es un protocolo que tiene un mejor funcionamiento con respecto a la versión anterior (RIPv1) ya que se agregan otras características (soporta subredes, autenticación) que ayudan en su desempeño.
- **IGRP.-** Es un protocolo vector distancia propietario de CISCO, que da soporte a grandes redes con enlaces de distintos anchos de banda, que considera algunas métricas (ancho de banda, confiabilidad, retardo, y carga del enlace) que determina el camino para llegar al destino. Además IGRP es un protocolo que no soporta VLSM.
- **EIGRP.-** También conocido como protocolo de vector de distancia avanzada, es un protocolo Híbrido propietario de Cisco, que utiliza el protocolo DUAL y usa una métrica sofisticada que toma en cuenta algunos factores (ancho de banda, carga, retraso, y fiabilidad).
- **OSPF.-** Es un protocolo estándar de rápida convergencia que utiliza el algoritmo SPF para encontrar la mejor ruta hacia el destino. Este protocolo de estado de enlace tiene como su única métrica el costo y permite sumarización entre áreas además usa multicast en vez de broadcast.
- **IS-IS.-** Considerado como una versión de OSPF, es un protocolo sin clase, escalable e independiente y de rápida convergencia. Este protocolo de estado de enlace requiere de redistribución manual está adaptado a IPv6 y MPLS además tiene como métrica el costo.

Tabla 1-5: Protocolo de enrutamiento dinámico

PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO DINAMICO					
SEGÚN SU COMPORTAMIENTO	CON CLASE		SIN CLASE		SIN CLASE
	VECTOR DISTANCIA (DISTANCE VECTOR)		ESTADO DE ENLACE (LINK STATE)		VECTOR DISTANCIA (DISTANCE VECTOR)
SEGÚN SU OPERACIÓN			HÍBRIDOS (HYBRID)		
SEGÚN SU PROPOSITO	IGP				EGP
	RIP	IGRP	OSPF	IS-IS	EIGRP
CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Actualización lenta • Pueden generar bucles 		<ul style="list-style-type: none"> • Protocolos estándar • Utiliza el algoritmo Dijkstra. 		<ul style="list-style-type: none"> • Propietario de Cisco • Utiliza el algoritmo DUAL.
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> • Configuración simple • Bajo requerimiento de procesamiento 		<ul style="list-style-type: none"> • Convergencia rápida • No existen bucles • Funcionan en redes amplias • Utilizan multicast • Soportan VLSM 		<ul style="list-style-type: none"> • Fácil configuración • Soportan VLSM • No existen bucles • Usa pocos recursos de CPU y memoria.
	<ul style="list-style-type: none"> • Soportan VLSM • Sumarización de rutas automáticas • Sumarización manual 				
DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> • Convergencia lenta • No son escalables • Generan mucho tráfico • No soportan VLSM. 		<ul style="list-style-type: none"> • Consumen más recurso de los equipos • Requieren conocimientos más profundos 		<ul style="list-style-type: none"> • No funciona silo ejecutan otros fabricantes.
					<ul style="list-style-type: none"> • Convergencia lenta • Utiliza equipos robustos para que soporte constantes actualizaciones de BGP

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Cada protocolo tiene características particulares, que determinan cuál protocolo resulta más adecuado y sea una decisión únicamente del administrador de la red teniendo en cuenta las necesidades y características.

Exterior Gateway Protocol

Este tipo de protocolo de enrutamiento es el encargado de enlazar grandes redes o distintos sistemas autónomos (AS).

Características:

- Soporta un protocolo NAP
- Soporta un protocolo NR
- Soporta mensajes de actualización que lleva información de enrutamiento.

El protocolo de enrutamiento EGP que cumple con estas características:

BGP.- Utilizado en empresas multinacionales y en internet es un protocolo path-vector su función principal es permanecer despejado de tráfico innecesario el mayor tiempo posible y no utiliza métricas para el enrutamiento sino que toma decisión basándose en políticas de red. Este protocolo es el único protocolo que soporta enrutamiento entre dominios además soporta VLSM, CIDR y sumarización.

1.8.1.3 Enrutamiento Predeterminado

Este tipo de enrutamiento es el encargado de todo un dominio desconocido que se están conectado a una misma interfaz de manera que establece una puerta de salida a redes que no se encuentran directamente conectadas a la red, por lo tanto este enrutamiento funciona en el momento que se genere tráfico encaminado a destinos anónimos.

1.9 Multidifusión

Llamada también difusión múltiple se encarga del transporte de información simultáneamente hacia múltiples destinatarios de manera que al enviar información es obligatorio crear un grupo multicast este grupo tiene incorporada una dirección de internet de modo que solo un conjunto explícito de receptores podrán recibir la información

1.10 Enrutamiento Multicast

El enrutamiento multicast es el encargado del encaminamiento de los datagramas a todos los host integrantes de los grupos multicast, mediante los protocolos IGMP que son los encargados de

llevar los datagramas multicast exclusivamente a los grupos que se encuentran directamente conectados al router local.

Hay varios métodos que podemos aplicar para hacer llegar los paquetes multicast a los grupos que no se encuentran conectados directamente a la red (Barriga y Vizcaíno, 2013, pp.36-39) y estos son:

- Árbol de distribución
- Árbol de expansión
- Difusión de los datagramas

1.10.1 Árbol de distribución

Este método consiste en reconocer al emisor multicast y establecer una topología única para este emisor, y de esta manera va formando arboles de distribución para cada emisor de la red. Es decir que genera topologías autónomas para todos los emisores que se encuentran conectados en la red.

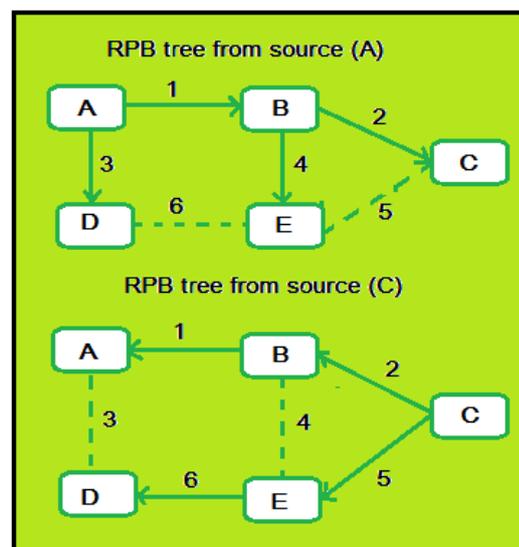


Figura 1-12: Árbol de distribución

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

1.10.2 Árbol de expansión

Su funcionamiento es empleado al momento de emitir los datagramas multicast por lo que los routers reenvían los datagramas multicast por medio de todas las interfaces que contenga al menos un host integrante del grupo y de este modo se genera una estructura de mapa que tiene todos los host integrantes de los grupos multicast. Es decir que crea caminos únicos desde el emisor hacia

los posibles receptores de la red, este proceso se realiza en toda la red de manera que su operación alcanza a todos los host de la red.

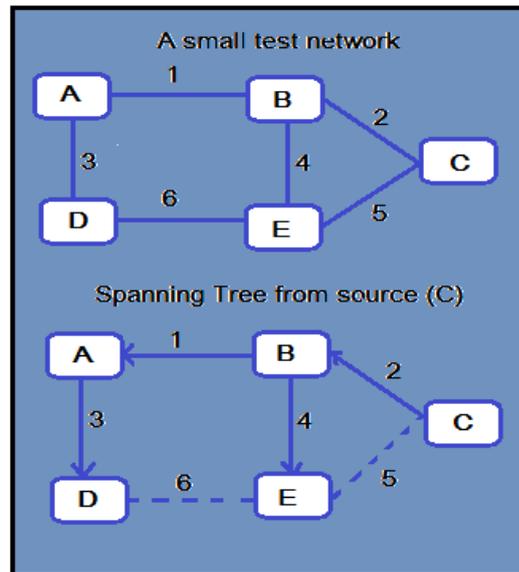


Figura 1-13: Árbol de expansión

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

1.10.3 Difusión de los datagramas

El funcionamiento de este método se da cuando el router recibe el datagrama multicast a partir de un router vecino, de manera que reenvía el paquete por medio de todas las interfaces que se encuentran directamente conectadas excepto por la interfaz por la que llega. En caso de que ese paquete ya lo recibió anteriormente el router automáticamente lo descarta, obviando el consumo de ancho de banda con paquetes redundantes que se hallan transitando en la red.

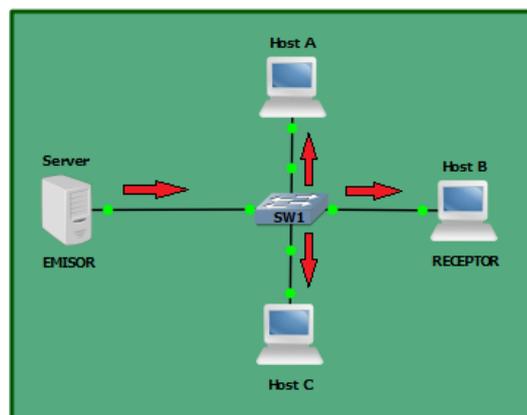


Figura 1-14: Difusión de los datagramas

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

1.11 Protocolos de Enrutamiento Multicast

Los protocolos multicast son los encargados de crear arboles de envío multicast para ello es necesario la emisión de paquetes multicast y mediante este proceso crear una topología de red con todos los routers que se encuentran conectados a la red.

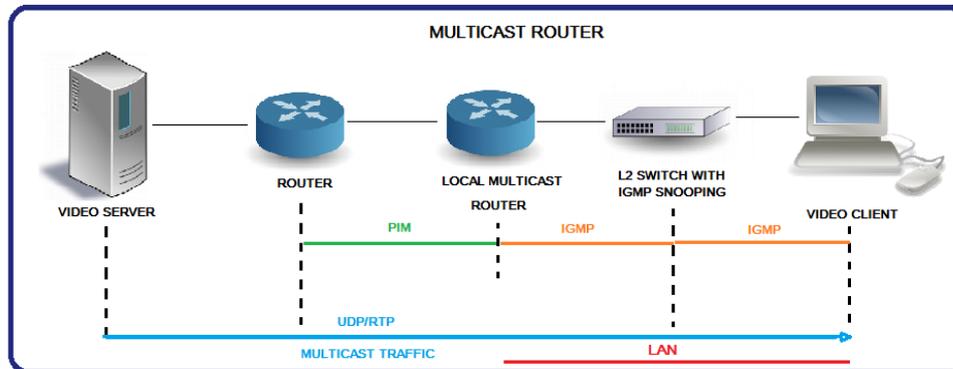


Figura 1-15: Multicast Router

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

La red PIM se basa en un protocolo de enrutamiento unicast de manera que actualiza la información de la tabla de enrutamiento. Además PIM nos proporcionan soluciones para los grupos multicast que se encuentran conectados a la red como: (Barriga y Vizcaíno, 2013, pp.36-39)

- PIM – SM (Barriga y Vizcaíno, 2013, pp.36-39)
- PIM – DM (Barriga y Vizcaíno, 2013, pp.36-39)
- PIM SM – DM (Barriga y Vizcaíno, 2013, pp.36-39)
- **PIM – SM (Modo disperso).**- ha sido diseñado para funcionar de forma eficaz en redes de área extensa, donde los grupos están ampliamente dispersos a través de la red. Por lo que PIM – SM es recomendable utilizar cuando los host miembros a los grupos multicast, se encuentran dispersos en zonas diferentes de la red. Además este protocolo se caracteriza por usar árboles compartidos (llamados puntos de reunión o rendezvous point [RP]), que se usa para descubrir fuentes de emisión. Por cada grupo multicast existe un árbol compartido
- **PIM – DM (Modo denso).**- El protocolo PIM – DM está diseñado para operar en redes, preferiblemente con un ancho de banda amplio de manera que se utiliza cuando tiene gran cantidad de integrantes de grupos multicast, además maneja el algoritmo RPM para crear arboles de distribución hacia todos los grupos multicast que se encuentran conectados a la red.

- **PIM SM – DM.-** Este protocolo es una combinación de los protocolos PIM-SM y PIM-DM por lo tanto es un protocolo híbrido

Tabla 1-6: Comparativa de los protocolos de enrutamiento multicast.

PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO MULTICAST			
RAZONES APLICABLES PARA SU AVANCE	PIM DM	PIM SM	PIM SM-DM
	MODO DENSO	MODO ESPARCIDO	MODO DENSO - ESPARCIDO
Tipos de dominios	Intra dominio	Intra dominio	Intra dominio
Tipo de árbol generado	<ul style="list-style-type: none"> • Árbol basado en el origen. • Árbol no compartido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Árbol basado en el origen. • Árbol compartido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Árbol basado en el origen. • Árbol compartido.
Algoritmos para la construcción de arboles	SPT, RP	SPT, RP	SPT, RP
Escalabilidad	Las inundaciones periódicas afectan la escalabilidad	Muestra una buena escalabilidad, al limitar su tráfico solo a los routers interesados	La escalabilidad presentada se delimita por el método utilizado
Requerimientos en los buffers de los routers	Usan ampliamente el buffer del router	Posee menos consumo del buffer	Depende del método utilizado para el consumo del buffer
Retardo medio de paquetes enviados	Muestran mejor retardo ya que tiene la mejor ruta desde el origen hacia el destino, y obtiene un árbol por cada origen	No se garantiza un buen retardo porque al usar un árbol compartido es posible que no se consiga la mejor ruta	El retardo dependerá del método utilizado ya sea PIM DM o PIM SM
Consumo de ancho de banda	Alto consumo por las indicaciones periódicas	Bajo consumo por que trabajan con árboles compartidos	Depende del ancho de banda del enlace disponible usando el método PIM DM o PIM SM

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

1.12 Tecnología inalámbrica

1.12.1 Introducción

La evolución de las telecomunicaciones se proyecta como una de las herramientas fundamentales para el desarrollo de la ciencia orientada a la comunicación, que se basa en mayor proporción sobre la tecnología inalámbrica.

Es un sistema de comunicación de manera no guiada, hace referencia a que dicha comunicación se establezca sin la necesidad de cables que se interconecten físicamente con los equipos. En sinopsis las redes inalámbricas, permiten al usuario permanecer conectado mientras se desplaza dentro de una determinada área geográfica.

1.12.2 Redes inalámbricas

Permite enlazar distintos nodos que se dan por medio de ondas electromagnéticas, sin utilizar una conexión física, la transmisión y la recepción se realizan a través de puertos.

Para su configuración requiere los siguientes elementos:

- Un enrutador de tipo inalámbrico.
- Una conexión a Internet, a ser posible de banda ancha.
- Adaptadores de red inalámbrica.
- Un módem.

A continuación mencionaremos algunos equipos inalámbricos más manipulados en nuestro entorno.

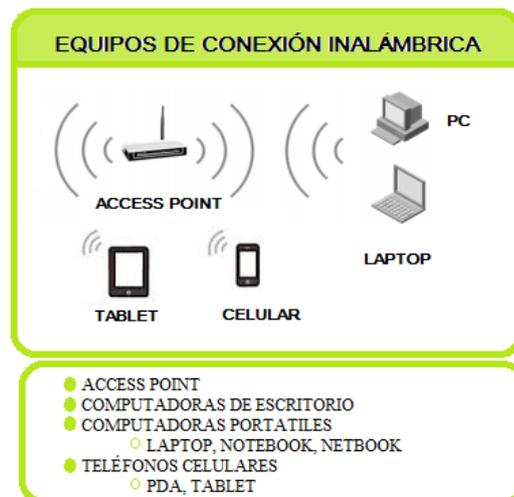


Figura 1-16: Equipos de conexión inalámbrica

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Mediante una red inalámbrica cualquier dispositivo que tenga acceso a esta red puede conectarse sin ninguna dificultad, esto depende de la distancia.

Considerando el factor distancia se han desarrollado varias tecnologías que a su vez tienen la diferenciación de su frecuencia de trabajo, es decir la frecuencia a la cual se está transmitiendo, fundamentando el alcance y la velocidad que sus transmisiones utilizan.

Estas tecnologías basándose en la aérea geográfica desde la cual, el usuario se enlaza con la red se clasifican en:

- Wireless Personal Area Network (WPAN)
- Wireless Local Area Network (WLAN)
- Wireless Metropolitan Area Network (WMAN)
- Wireless Wide Area Network (WWAN)

WPAN. – Red Inalámbrica de Área Personal, se utilizan a pocos metros y para uso personal, es decir que es una red de computadoras para la comunicación entre distintos dispositivos cercanos al punto de acceso. Estos dispositivos pueden ser PDA, computadoras, puntos de acceso a internet, impresoras, teléfonos celulares, dispositivos de audio.

WLAN. - Es un sistema de comunicación de datos para ampliar o sustituir una Red de Área Local cableada (LAN) su ventaja radica en que utiliza frecuencias de uso libre, es decir no es necesario pedir autorización o algún permiso para utilizarlas.

WMAN.- Las redes inalámbricas de área metropolitana (WMAN) llamadas también bucle local inalámbrico (WLL, Wireless Local Loop). Fundamentado en el estándar IEEE 802.16, posee un alcance de 4 a 10 kilómetros, por lo que es muy favorable para compañías de telecomunicaciones. WiMAX es considerada la mejor tecnología inalámbrica, puede lograr una velocidad aproximada de 70 Mbps en un radio de varios kilómetros.

WWAN.- Las redes inalámbricas tipo WAN poseen de manera obligatoria antenas y torres, las cuales transmiten las ondas de radio utilizando las microondas como tecnología para acceder a los enlaces de redes de área local, utiliza enlaces punto- punto y punto-multipunto. Poseen varias utilidades ya que pueden servir para llegar con acceso a las redes de comunicaciones en lugares donde el cableado sería muy costoso en especial en sectores rurales y difícil acceso.

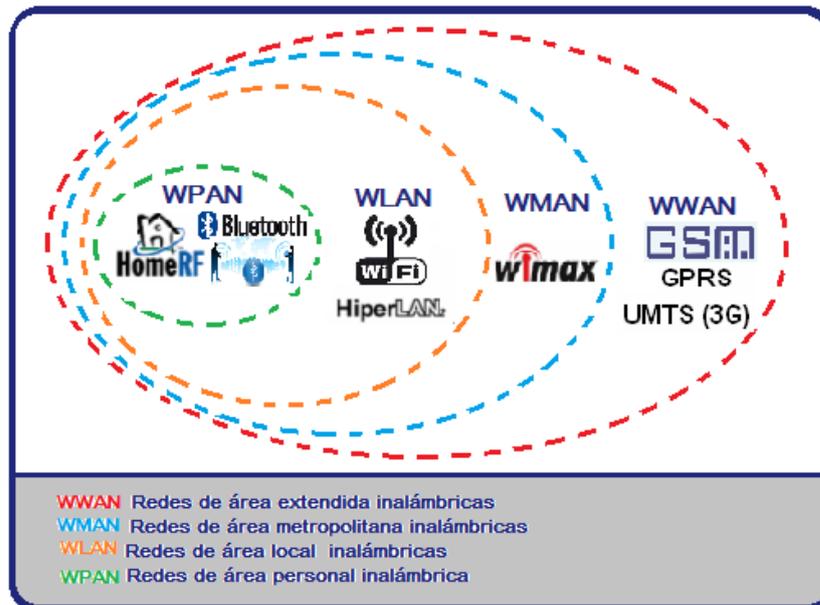


Figura 1-17: Clasificación de tecnologías según su área geográfica

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

La revolución de este siglo orientado a las tecnologías inalámbricas recae sobre WIFI, WIMAX, GSM ya que actualmente son las más usadas, estas tecnologías son las causantes en gran magnitud del fenómeno conocido como movilidad y conexión remota.

Los dispositivos inteligentes que en su pasado eran denominados fijos y poseían protección de manera perimetral, ahora son móviles y rotan por todo el mundo, ha esto se lo denomina movilidad.

1.12.3 Ventajas y Desventaja De Las Redes Inalámbricas

1.12.3.1 Ventajas

- Permiten construir vínculos entre dispositivos, como computadoras y otros equipos sin tener que realizar alguna clase de cableado.
- Al proveer mayor comodidad se asume un menor costo tanto en tiempo como en dinero tomando como referencia la infraestructura.
- Es una instalación más elegante precisamente porque no demanda tener cables por todas partes.
- Admite un importante número de dispositivos, ordenadores, tablets, teléfonos móviles.

1.12.3.2 Desventaja

Esta clase de red tiene la obligatoriedad de poseer una seguridad exigente la misma que dé garantías de privacidad y por supuesto que transmisión y recepción de datos.

1.13 IPTV Inalámbrica

El streaming nos permite acceder a la televisión por IP, la práctica de este servicio es cada vez más implantada y por consecuencia más utilizada.

1.13.1 WISPs

IPTV aun esta tecnológicamente hablando en sus comienzos, para desarrollar dicha implementación y proveer el servicio aún se necesitan equipos que las operadoras de ADSL y fibra óptica precisan desplegar en las ciudades, y claramente tenemos el panorama que no existe una infraestructura idónea en zonas rurales, donde el ancho de banda es un requerimiento primordial.

Para proveer un servicio de IPTV a través de radio y seguir dando acceso a internet y telefonía, se requieren características, parámetros y equipos que debe poseer la red inalámbrica como:

El gestionar los tipos de tráfico y manejarlos de forma jerárquica permitirán dar una calidad de servicio excelente.

Se debe dar prioridades a nivel del tráfico entrante para que fluya.

Priorizar ayuda en el control de tráfico, pero no soluciona problemas complejos como:

- Cuando las redes están congestionadas
- Tienen muchos tipos de servicios como es el caso de televisión, datos y voz
- No permite reservar ancho de banda para un tipo de tráfico.

Al limitar el ancho de banda máximo que se desea que pase a través del aire, distinguiendo el tipo de información, considerando incluso la debida reservación para cada cliente o usuario y respetando el ancho de banda, se debe con profunda fidelidad y cautela garantizar el correcto funcionamiento de los servicios, para llegar a estos estándares se debe gestionar los equipos con calidad de servicio avanzadas los cuales son la latencia y el jitter, para tener en cuenta el retraso en mandar cada paquete de información y la diferencia de retraso entre cada paquete.

Estos parámetros son importantes ya que evitan pérdida de ancho de banda y por ende el correcto funcionamiento del servicio.

1.13.2 Creación de Grupos de Transmisión

Estos grupos multicast, transmiten en el mismo canal una sola vez, debido a que la información es la misma para todos los usuarios no tiene sentido repetir y multiplicar el ancho de banda usado.

Es importante que los equipos soporten IGMP Snooping. De esta forma se enviará a cada canal de manera única (o sincronizada) a los usuarios que estén viendo ese canal y solamente a ellos, resumiéndose de esta manera su funcionalidad.

CAPITULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1 Análisis y Diseño Del Prototipo a Implementar

2.1.1 Introducción

Tenemos que evaluar los protocolos multicast IPv4, orientado a la calidad de servicio de IPTV en la ciudad de Riobamba, se realizará un prototipo de pruebas que permitan realizar mediciones de los parámetros de calidad del servicio IPTV de manera alámbrica e inalámbrica, posteriormente se realizará un análisis cualitativo y cuantitativo entre los resultados de las mediciones de los parámetros de calidad en los protocolos IGP en IPv4 para determinar y concluir que su recepción es óptima.

2.1.2 Consideraciones

- Se definió un modelo de topología para la implementación a escala en el laboratorio de Cisco, tomando como referencia los nodos que actualmente están utilizándose en la ciudad de Riobamba
- La implementación corresponde a la distribución de los 4 nodos que hemos desarrollado de acuerdo a la ciudad de Riobamba
- La implementación está basada en Switches Cisco Catalyst 3560 Series y Switches Cisco Catalyst 2960 Series para el establecimiento del servicio de IPTV debido a que permiten la configuración y funcionamiento de enrutamiento multicast IPv4 para brindar el servicio de IPTV.
- Los protocolos que serán evaluados en el prototipo de pruebas, son los protocolos que se encargan del transporte del streaming de video: UDP y RTP.
- En la ejecución de pruebas se ha estructurado:
 - En la primera fase de pruebas se ha considerado la evaluación del funcionamiento el servicio de IPTV. Incluyendo en la distribución del servicio el acceso inalámbrico al servicio mediante la configuración y funcionamiento de los AP dentro de las pruebas.
 - En la segunda fase de pruebas se ha considerado la evaluación del funcionamiento de IPTV en un ambiente en el cual la recepción del servicio sea únicamente de manera alámbrica.

Mediante las dos fases de pruebas se espera obtener una comparación analítica acerca del servicio de IPTV distribuido de manera alámbrica e inalámbrica, partiendo previamente del análisis de los parámetros que influyen en la calidad del servicio de streaming de video.

- Los datos de las métricas son obtenidos a partir del uso de herramientas de distribución libre como Wireshark e Iperf, con el fin de fomentar la búsqueda del tráfico en toda la implementación del prototipo, debido al alto costo que implica la adquisición del software especializado para analizar el servicio de IPTV (Arévalo y Bejarano, 2016; pp. 35-37).
- Para la implementación del prototipo de pruebas es necesario usar un tipo de direccionamiento de red de área local para que se puedan comunicar los ordenadores entre sí y con el servidor dentro de la red. En esta investigación se empleará direccionamiento privado de Clase C. (Arévalo y Bejarano, 2016; pp. 35-37).
- Es importante mencionar que la selección del host de recolección no está sujeta a un parámetro que lo diferencie del conjunto de máquinas restantes, es decir, puede ser cualquier host ubicado en la red ya que los resultados serán los mismos. (Arévalo y Bejarano, 2016; pp. 35-37).

2.2 Parámetros de Calidad del Servicio de IPTV

Es el proceso que rige en analizar: el comportamiento del servicio de IPTV y la optimización del desempeño de manera general en la red, cuyo propósito sea el de mejorar la experiencia del usuario. De acuerdo a la determinación del rendimiento de los servicios, se definen varios parámetros como son:

- Retardo
- Jitter
- Pérdida de Paquete
- Calidad de transmisión

Como se observa en la Tabla 2-1 y que de esta manera influyen de manera directa en la calidad de percepción del usuario final.

El proceso de transmisión de la televisión sobre IP puede comenzar desde un servidor donde esté almacenado el video o a su vez desde una transmisión en vivo por medio de una señal satelital.

La señal de IPTV debe ser encriptada; luego de forma secuencial es transmitida alámbrica o inalámbricamente para que pueda llegar a un Sep Top Box que cumpla la función de convertir los datos digitales en señal analógica en caso de que la recepción del servicio IPTV sea en un televisor que recepte únicamente señales analógicas; pero en nuestro caso bastará con conectar los

ordenadores de forma directa a los puertos de los switches capa dos para la distribución del streaming de video.

Tabla 2 - 3: Parámetros de QoS y grado de importancia en el Servicio IPTV

Parámetros de QoS	Relative Importance Degree
Packet Loss	41.7 %
Burst Level	29.2 %
Packet Jitter	10.7 %
Packet Delay	10.6 %
Bandwidth	7.8 %

Fuente: http://www.ictact.org/upload/2010/0395/20100395_Abstract_B.pdf

Los parámetros objetivos deben ser considerados como métricas de gran relevancia por las organizaciones reguladoras competentes como la ITU-T e IETF para la evaluación del servicio de IPTV. Detallaremos uno a uno los factores mencionados:

2.2.1 Retardo

- Es la cuantificación del tiempo que un paquete demora en llegar desde la fuente hacia su destino. El retardo puede ser medido de forma unidireccional por equipos robustos y costosos o bien a partir del promedio de tiempo de ida y vuelta denominado Round Trip Time (RTT). (Arévalo y Bejarano, 2016; pp. 35-37).
- El máximo de retardo imperceptible para el cliente es de 300 ms, de acuerdo a la recomendación ITU Y.1541 el máximo aceptable es de 100 ms. Con la ejecución del comando ping se puede obtener automáticamente el mínimo, máximo y promedio del tiempo de ida y vuelta de un paquete en una red. Se ha determinado una escala de valores de importancia que faciliten el categorizar los protocolos de acuerdo a los porcentajes de la métrica, como se muestra a continuación en el siguiente cuadro (Arévalo y Bejarano, 2016; pp. 37-38).

Tabla 2 - 2: Valoración de Porcentajes de Retardo

NIVEL DE VALORACIÓN	RETARDO (ms)	PORCENTAJE (%)
EXCELENTE	0 – 20	100
MUY BUENO	20 – 40	80
BUENO	40 – 60	60
MALO	60 – 80	40
PÉSIMO	80 – 100	20

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

El valor de retardo que sobrepase los 100ms equivale a una calificación de 0% y por lo tanto no garantiza una calidad en la transmisión, ocasionando deterioro en las imágenes cuando se trate de transmisión de video, representado en dos formas; por cambios bruscos o congelación de las mismas. (Arévalo y Bejarano, 2016; pp. 37-38).

2.2.2 Pérdida De Paquetes De Datos

La pérdida de paquetes de datos está directamente relacionada con la cantidad de paquetes que se han desplazado desde su emisor y que no han llegado correctamente o simplemente no han llegado a su destino, este fenómeno puede tener cabida debido a un reducido y limitado ancho de banda, el tipo de cable que se esté ocupando para que se establezcan los enlaces, la congestión en la red por la presencia de tráfico excesivo o fallo en la transmisión debido a problemas físicos en los equipos o por desperfectos en los enlaces. Este factor está condicionado por el tipo de protocolo que se encuentre en uso, como en el caso de UDP, por ser un protocolo no orientado a conexión una de sus principales características es que no se encarga de la retransmisión de los paquetes y por consecuencia el no llegar a su destino, afectando de manera directa la calidad de servicio que le llegue al cliente. La recomendación ITU-T Y.1541 establece un máximo aceptable del 10% de paquetes perdidos en una transmisión. De acuerdo a esto, se ha determinado una escala de valores de importancia que permitan categorizar los protocolos de acuerdo a los porcentajes de la métrica, como se muestra a continuación. (Arévalo y Bejarano, 2016; p.38).

Tabla 2 - 3: Valoración de Porcentaje de Pérdida de Paquetes

NIVEL DE VALORACIÓN	PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE PAQUETES (%)
EXCELENTE	0 – 2
MUY BUENO	2 – 4
BUENO	4 – 6
MALO	6 – 8
PÉSIMO	8 – 10

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

La pérdida de paquetes que sobrepase el 10% no garantiza calidad en la transmisión de video ocasionando deterioro en las imágenes representado por cambios bruscos o congelación de las mismas. (Arévalo y Bejarano, 2016; p.38).

2.2.3 Jitter

Es la variación del retardo que presenta un paquete con respecto a otro o referenciado hacia otro paquete, dentro de una misma comunicación o enlace. De acuerdo a la recomendación ITU Y.1541 este factor no debe sobrepasar los 50 milisegundos. Se ha determinado una escala de valores de importancia que permitan categorizar los protocolos de acuerdo a los porcentajes de la métrica, como se muestra a continuación en el siguiente cuadro: (Molina, 2011, p.47).

Tabla 2 - 4: Valoración del Porcentaje de Jitter

NIVEL DE VALORACIÓN	JITTER (ms)	PORCENTAJE (%)
EXCELENTE	0 – 10	100
MUY BUENO	10 – 20	80
BUENO	20 – 30	60
MALO	30 – 40	40
PÉSIMO	40 – 50	20

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

El valor de jitter que sobrepase los 50ms equivale a una calificación de 0% y por tanto no garantiza una calidad en la transmisión de video, lo que ocasiona un deterioro en las imágenes, representado por cambios bruscos o congelación de las mismas. (Molina, 2011, p.47)

2.2.4 Calidad de Transmisión

Este parámetro lo hemos desarrollado para averiguar la satisfacción que puede vivir y recrear un usuario de manera visual y audible con la transmisión. A continuación indicamos la Tabla 2-5 con sus respectivas especificaciones al momento de evaluar la recepción.

Tabla 2-5: Calificación de la calidad de transmisión

CALIFICACIÓN	
Pésima	1
Mala	2
Buena	3
Muy buena	4
Excelente	5

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

2.3 Software para la Ejecución de las Pruebas

Actualmente existen softwares analizadores especializados en la evaluación del servicio de IPTV, pero su uso se ve muy limitado debido al alto costo de adquisición. Por este motivo se ha buscado herramientas de distribución libre como Wireshark y Jperf, que me permitan obtener los valores de las métricas planteadas anteriormente para el servicio de IPTV dentro del prototipo de pruebas en cada una de sus etapas. (Orebaugh y Gilbert, 2007, p.41)

2.3.1 Wireshark

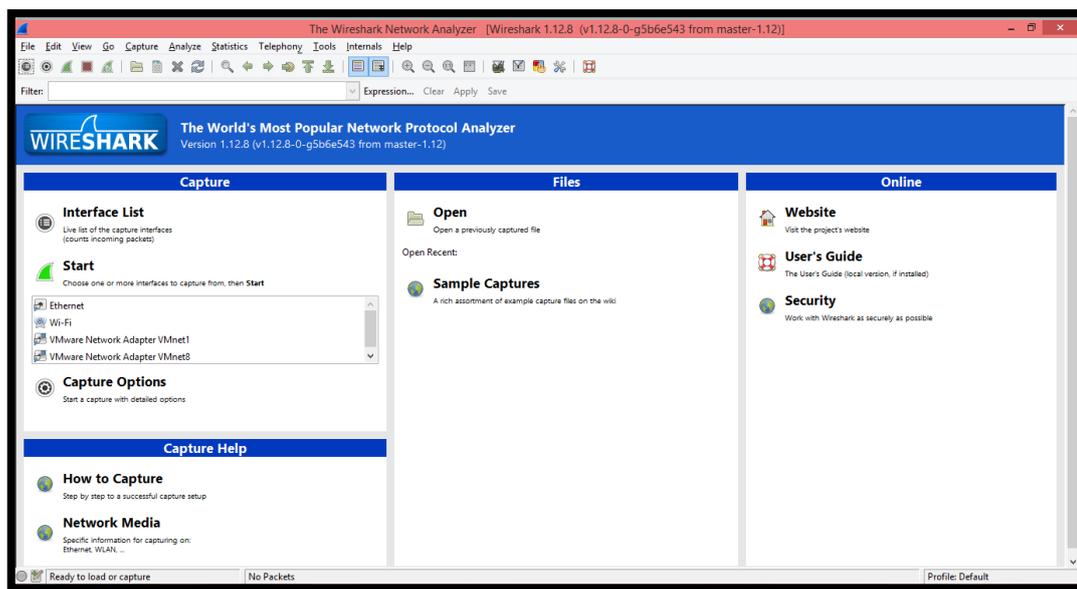


Figura 2 - 4. Software Wireshark

Fuente: Carrión M, Intrigao D, 2016

Es un potencial analizador de código de red, cuya funcionalidad radica primordialmente en capturar todos los paquetes que circulan a través de la red, los decodifica y muestra hasta el mínimo detalle posible. Se encuentra sobre al menos 20 plataformas de manera libre y disponible, soporta alrededor de unos 750 protocolos, cuenta también con una interfaz gráfica donde presenta todos los paquetes capturados y a partir de su selección se pueden observar detalles; como el medio por el cual ha sido capturado el paquete, así como el tiempo de llegada, todos los protocolos en uso con sus respectivas cabeceras, el número de tramas, el origen y destino del paquete, etc. Uno de los principales elementos dentro de este sniffer hace referencia al Summary, aquí se puede observar entre otras cosas el número de paquetes capturados, el número de paquetes mostrados, el tiempo entre el primer y último paquete, el promedio de paquetes por segundo, el tamaño que conforman todos los paquetes en bytes, el número de bytes capturados, el promedio de bytes por

segundo y el promedio de Megabits por segundo. Sus características en ocasiones superan a otros analizadores destinados a las mismas funciones, muchos de estos a veces son softwares pagados

Wireshark muestra resúmenes generales, dentro del programa se permite el acceso a un reporte referente a datos de las conversaciones que mantienen los protocolos dentro de una red y a partir de los cuales se pueden obtener con una mayor precisión los paquetes capturados pertenecientes a la transmisión de streaming. Sin embargo, se debe estimar que dentro de este reporte se visualiza los paquetes Ethernet, paquetes IPv4 y paquetes UDP.

La transmisión del flujo de video utiliza el protocolo IPv4 para el establecimiento de comunicación según la configuración propia de la red y el protocolo UDP para el transporte de dichos paquetes, en el reporte de las conversaciones y de los protocolos se determina que los paquetes UDP son equivalentes al número de paquetes mostrados en el Summary del programa; como se observa en la Figura 2 – 2. (Arévalo y Bejarano, 2016; p.40).

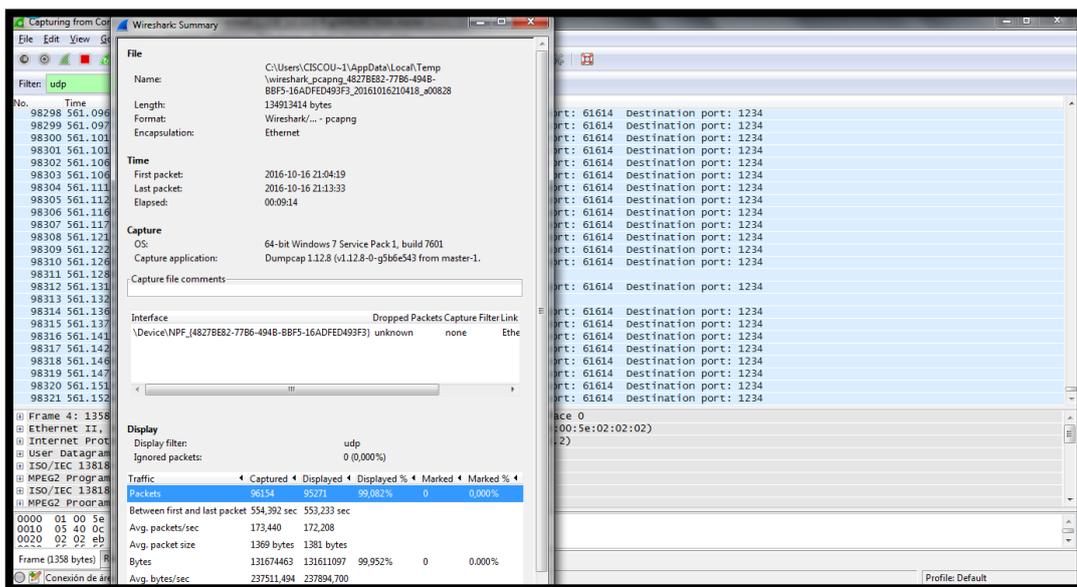


Figura 2 - 5. Conversaciones de protocolos durante la transmisión

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

2.3.2 Iperf/Jperf

Iperf es un programa cliente-servidor utilizado para catalogar el rendimiento de la red mediante la medición del ancho de banda y la calidad de un enlace de red a máxima velocidad. Funciona bajo el modo Cliente – Servidor y es configurable en un sin número de plataformas. (Molina, 2011, p.50).

Óptimo para la medición del jitter con el protocolo UDP en conexiones multicast. Trabaja en modo consola y también se puede ejecutar mediante el CMD de Windows. Jperf está desarrollado mediante una interfaz gráfica en Java, representado con las mismas características y funciones. (Molina, 2011, p.51).

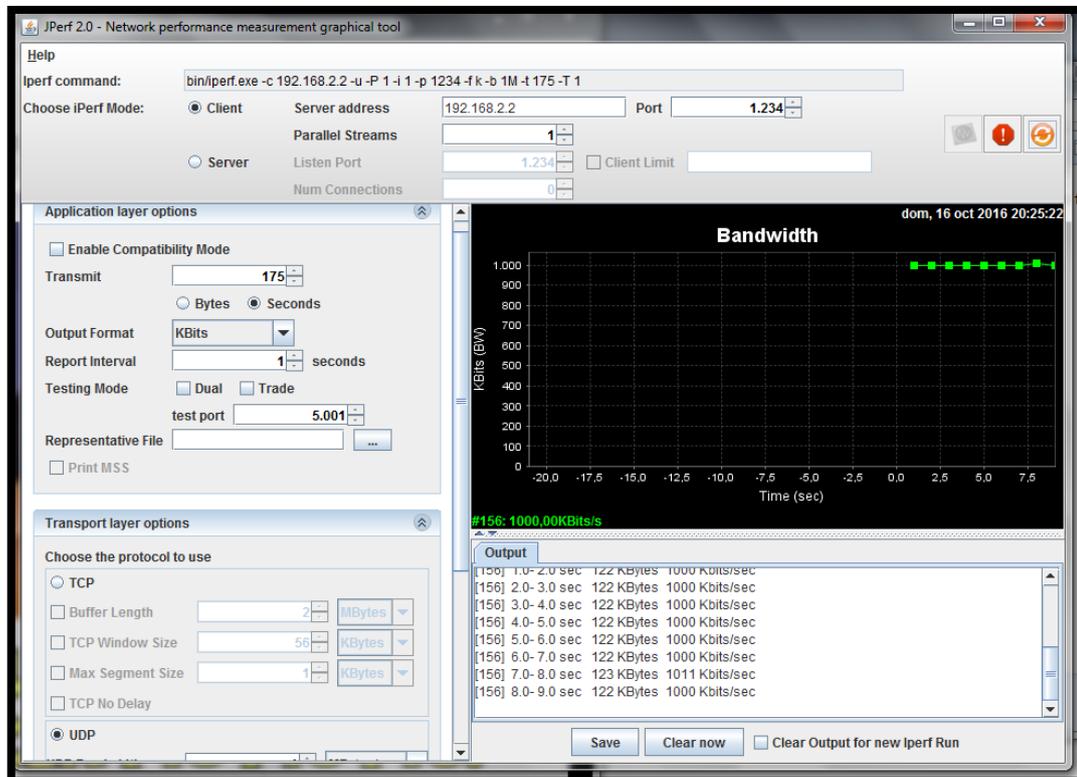


Figura 2 - 6. Interfaz gráfica de Iperf
Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

2.3.3 VirtualRouter Plus

Este software de adquisición libre nos permite generar una red de manera inalámbrica, a pesar de que la computadora o laptop esté conectada a otra red, permitiendo utilizar a la máquina como un AP, capaz de transportar video streaming a nivel del protocolo multicast, generando su propia red con su contraseña pero esto de manera virtual.

De igual manera todos los dispositivos que estén a su alcance podrán acceder a esta red claro está siempre y cuando tengan la contraseña generada por el servidor.

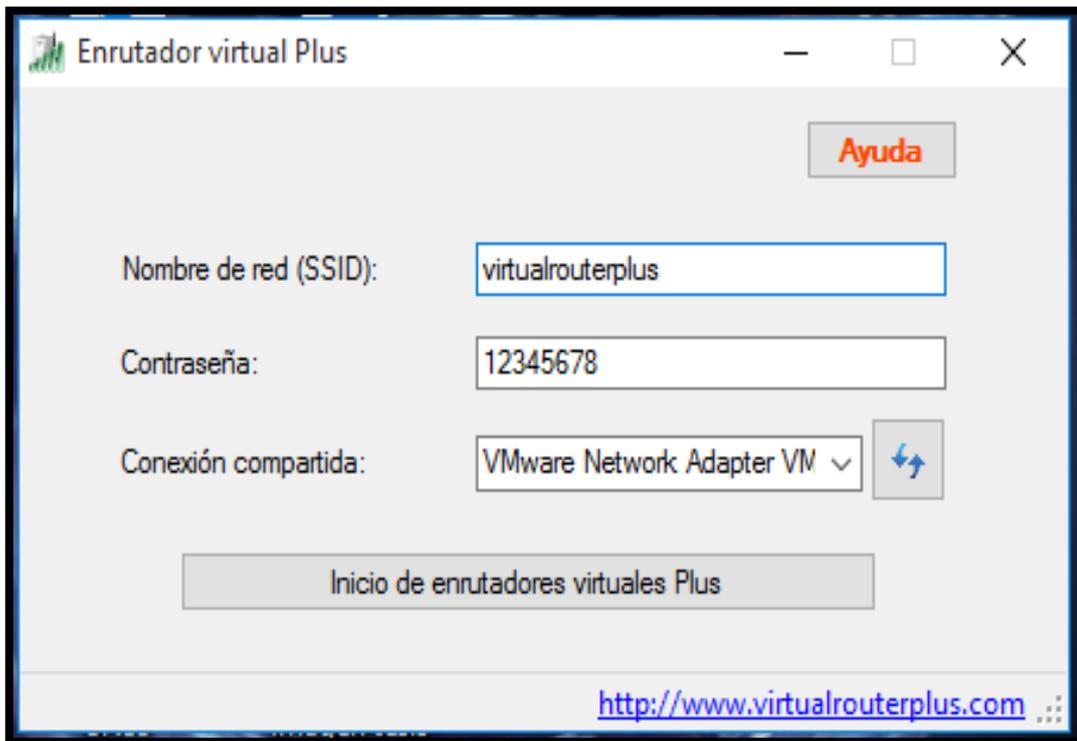


Figura 2 - 4. Interfaz gráfica de VirtualRouter Plus

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

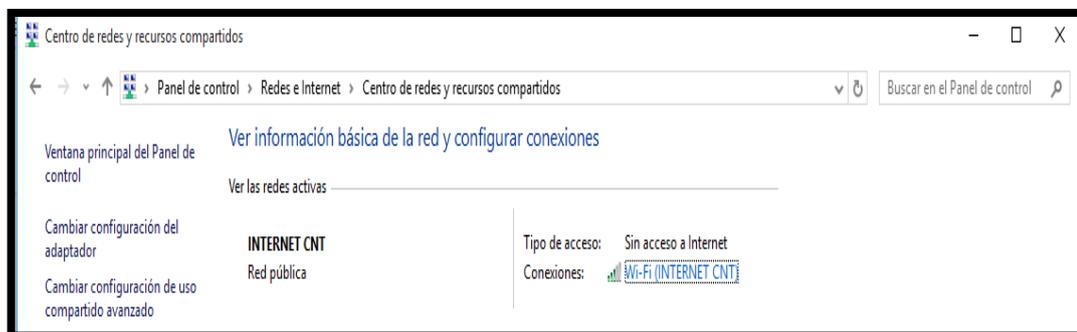


Figura 2 - 5. Generación de la red virtual

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

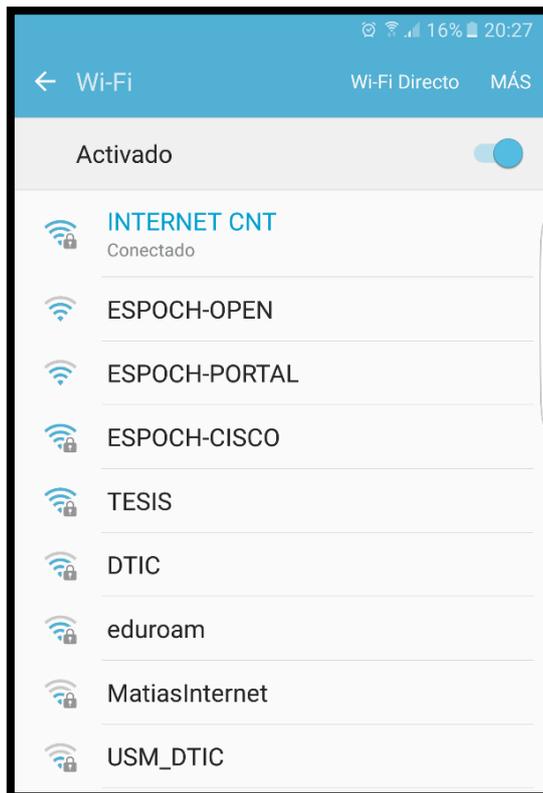


Figura 2 - 6. Visualización de la red virtual

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

2.3.4 CMD

Es una herramienta desarrollada para el análisis del estado de la red y del host local. Su mecanismo está basado en el envío de paquetes ICMP de solicitud y respuesta entre nodos extremos de una red, el tiempo del mensaje de respuesta y el tiempo del mensaje de solicitud son parámetros considerados por esta herramienta; el tiempo de retardo se obtiene juntos divididos a la mitad . Esta herramienta es utilizada con la finalidad de medir el retardo existente entre dos puntos finales. (Arévalo y Bejarano, 2016; p.42).

- Cables directos y cruzados (para conectar los dispositivos).

A continuación se muestra el escenario implementado en el prototipo para efectuar el evaluo del servidor IPTV de forma inalámbrica con IPv4:

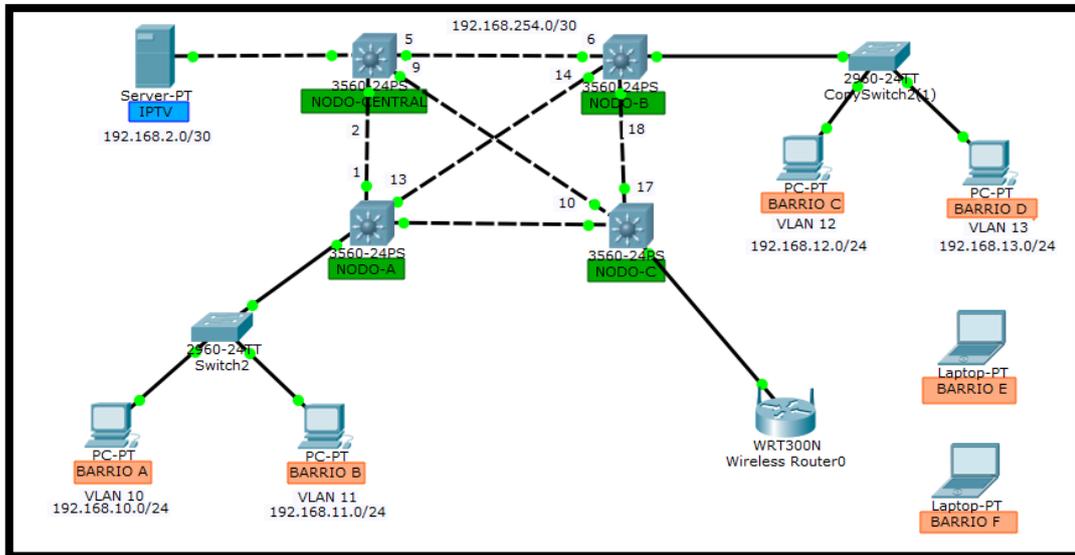


Figura2-8. Escenario del prototipo de evaluaciones con IPv4

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Además para el evaluó del prototipo se analizó dos situaciones:

- Al emitir de forma inalámbrica el servicio de IPTV para el cual se utilizó un servidor de streaming de video.
- Al emitir de manera alámbrica el servicio de IPTV, para el cual los ordenadores que recibieron el streaming de video lo hicieron mediante cable.

2.4.2 Direccionamiento IPv4 del prototipo

A continuación se muestra la tabla de direccionamiento para un mejor entendimiento de interconectividad entre dispositivos según el esquema planteado.

Tabla 2 - 6: Direccionamiento IPv4 del prototipo

DISPOSITIVOS	DESCRIPCION	INTERFAZ	DIRECCION IPV4	MASCARA	GATEWAY
SWITCH CAPA 3	NODO CENTRAL	Fa 0/1	192.168.254.5	255.255.255.252	-
		Fa 0/2	192.168.254.2	255.255.255.252	-
		Fa 0/4	192.168.254.9	255.255.255.252	-
		Fa 0/22	192.168.2.1	255.255.255.0	-
	NODO A	Fa 0/2	192.168.254.1	255.255.255.252	-

SWITCH CAPA 2		Fa 0/5	192.168.254.13	255.255.255.252	-
		Fa 0/24	DHCP	-	-
	NODO B	Fa 0/1	192.168.254.6	255.255.255.252	-
		Fa 0/3	192.168.254.18	255.255.255.252	-
		Fa 0/5	192.168.254.14	255.255.255.252	-
		Fa 0/24	DHCP	-	-
		Fa 0/3	192.168.254.17	255.255.255.252	-
	NODO C	Fa 0/4	192.168.254.10	255.255.255.252	-
		Fa 0/24	DHCP	-	-
		Fa 0/1	DHCP	-	-
	NODO A	Fa 0/2	DHCP	-	-
		Fa 0/24	DHCP	-	-
		Fa 0/1	DHCP	-	-
	NODO B	Fa 0/2	DHCP	-	-
		Fa 0/24	DHCP	-	-
Fa 0/1		DHCP	-	-	
ACCESS POINT	REPETIDORA	Fa 0/1	DHCP	-	-
	SERVIDOR IPTV	Fa 0	192.168.2.2	255.255.255.0	192.168.2.1
COMPUTADORAS	BARRIO A	Fa 0	DHCP	-	-
	BARRIO B	Fa 0	DHCP	-	-
	BARRIO C	Fa 0	DHCP	-	-
	BARRIO D	Fa 0	DHCP	-	-
	BARRIO E	-	DHCP	-	-
	BARRIO F	-	DHCP	-	-

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

2.5 Estructura de IPTV

2.5.1 Computadora emisora del Servicio IPTV

El servicio de IPTV se puede ofrecer mediante una computadora que funciona como servidor IPTV, es decir, como un hardware avanzado que se encuentra configurado un software especializado para este servicio, por lo tanto la laptop debe estar en buen estado de manera que los clientes accedan al servicio sin ninguna dificultad y en cualquier instante. Adicionalmente esta laptop se usó para efectuar pruebas y evaluar los parámetros de calidad que brinda el servicio de IPTV.

La siguiente tabla muestra características de la laptop que se utilizó para la implementación del prototipo del servidor IPTV:

Tabla 2-7: Características del servidor IPTV

DISPOSITIVO	DESCRIPCION DEL SERVIDOR IPTV	
Computadora 1	MARCA	HP Pavilion 17, serie 5000
	PROCESADOR	Intel Core i5-6500U CPU, 2.5Ghz
	MEMORIA RAM	8,00 Gb (7,90 Utilizable)
	TARJETA GRAFICA	AMD Radeon R5 M335, 4096 Mb
	DISCO DURO	1 Tera
	TIPO DE SISTEMA	Sistema operativo de 64bits, procesador x64
	SISTEMA OPERATIVO	Windows 10 Home

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

2.5.2 Reproductor multimedia VLC

El reproductor multimedia VLC es un software libre que posee múltiples funciones de emisión y recepción multicast del streaming de video. La versión 2.2.1 puede establecer el número de saltos que logra proporcionar un datagrama de video antes de llegar a su destino final, mediante el parámetro time to live el cual puede ser configurado.

VLC es un programa multiplataforma, de manera que existe variedad de versiones para los diferentes Sistemas Operativos. Además VLC puede transmitir audio y video en varios códecs en diferentes formatos, tanto de audio como de video.

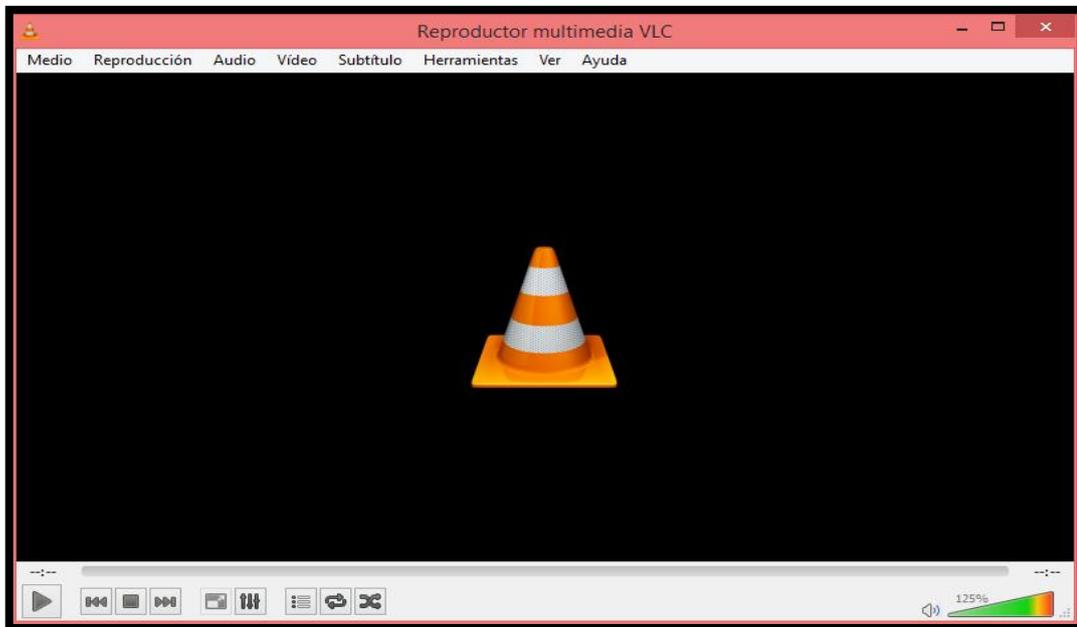


Figura2-9. Interfaz gráfica VLC Media Player

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Descripción de los Videos de prueba para la transmisión del servicio IPTV

Los videos de prueba para el prototipo del servidor IPTV tienen diferentes características las cuales se adaptan a la capacidad de los enlaces.

Tabla 2-8: Características de los Videos de prueba para el prototipo del servicio IPTV

VIDEOS DE PRUEBA						
NÚMERO DE VIDEO	LISTA DE REPRODUCCIÓN	TIEMPO DE DURACIÓN	TAMAÑO	CÓDECS		RESOLUCIÓN
				VIDEO	AUDIO	
1	Los Pollitos	00:02:55	6.67 MB	MPEG4 / H.264	MPEG Audio	1280 x 720
2	Noche de Risas	00:12:45	31 MB	MPEG4 / H.264	MPEG Audio	1280 x 720
3	Gladiador	00:17:00	41.3 MB	MPEG4 / H.264	MPEG Audio	1280 x 720

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Tabla 2 -9: Características de PC receptoras

CARACTERÍSTICAS	
MARCA	HP
PROCESADOR	Intel Core i5-2400 CPU, 3.10 Ghz
MEMORIA RAM	2,00 Gb (1,89 Utilizable)
TIPO DE SISTEMA	Sistema operativo de 64bits
SISTEMA OPERATIVO	Windows 7 profesional
TARJETA GRAFICA	NO

Fuente: Arévalo E, Bejarano A, 2016

Tabla 2 -10: Características de Laptops de usuarios

DESCRIPCIÓN	LAPTOP 4	LAPTOP 5
MARCA	DELL Inspiron 15, serie 5000	HP Pavilion 17, serie 5000
PROCESADOR	Intel Core i7-6500U CPU, 2.5Ghz	Intel Core i5-6500U CPU, 2.5Ghz
MEMORIA RAM	8,00 Gb (7,90 Utilizable)	8,00 Gb (7,90 Utilizable)
TARJETA GRAFICA	AMD Radeon R5 M335, 4096 Mb	AMD Radeon R5 M335, 4096 Mb

DISCO DURO	500 Megabytes	1 Tera
TIPO DE SISTEMA	Sistema operativo de 64bits, procesador x64	Sistema operativo de 64bits, procesador x64
SISTEMA OPERATIVO	Windows 10 Home	Windows 10 Home

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Aparte de recibir la información se emplearon para instalar software que ayudaran a medir los parámetros de calidad.

Cabe mencionar que las laptops receptoras de cada nodo representan los usuarios que se encuentran en los barrios de la ciudad de Riobamba.

2.6 Protocolos a Considerar

Dentro de los protocolos que permiten la emisión y recepción del servicio de IPTV, consideramos los siguientes:

2.6.1 Protocolos en Tiempo Real

2.6.1.1 Protocolo UDP

Hemos considerado este protocolo para la emisión y recepción del video streaming, es uno de los protocolos que se encarga del transporte sustentado en el intercambio de los datagramas a través de la red alámbrica e inalámbrica, este protocolo reúne una cantidad importante de información del direccionamiento en la cabecera. Es idóneo para trabajar conjuntamente con el protocolo de red de DHCP que implementamos en los, este protocolo no permite realizar retransmisiones por los rígidos requisitos de retardo que posee.

Para la transmisión de video en este prototipo de red se utilizó el puerto 1234.

2.6.1.2 Protocolo RTP

El protocolo RTP es un protocolo que funciona a nivel de transmisión de información en tiempo real, requisito fundamental que nos permitió utilizarlo para la transmisión de IPTV.

Este protocolo es similar al protocolo UDP, para la transmisión en este prototipo de red se utilizó el puerto 5004.

2.6.2 Protocolo de Enrutamiento de Red

2.6.2.1 Protocolo de Red OSPF

Este protocolo lo utilizamos para el encaminamiento IGP, permitiéndonos comunicar con los nodos no adyacentes o sectores alejados al servidor, de manera que calcula la ruta idónea entre los nodos del sistema autónomo que hemos desarrollado.

Operamos con el protocolo OSPF siendo este el más óptimo para la comunicación entre redes grandes y siendo un protocolo de múltiple uso entre marcas y no solamente con capacidad para una marca de red.

2.6.2.2 Protocolo DHCP

Destinamos DHCP en nuestro prototipo de red por la utilidad de otorgar direccionamiento IPv4 automáticamente a barrios y usuarios, evitándonos la molesta tarea de entregar de manera única un direccionamiento y permitiendo que el usuario que no esté conectado a la transmisión deje disponible su dirección para ser reutilizada.

2.6.3 Protocolo de Enrutamiento Multicast

2.6.3.1 PIM SM-DM

Para el enrutamiento multicast utilizamos el protocolo PIM SM-DM, este protocolo nos proporciona el beneficio de seleccionar el algoritmo adecuado para el enrutamiento, es por esta cualidad que lo decidimos utilizar además de ser un protocolo híbrido, que nos brinda mejor calidad de audio y video MOS para el servicio de IPTV según estudios realizados anteriormente.

CAPITULO III

3 MARCO DE RESULTADOS

3.1 Implementación del Prototipo de Red IPTV

Analizaremos el prototipo de red diseñado en el software Cisco Packet Tracer versión 7.0 e implementado en los laboratorios de la Academia Local de Redes Cisco en la EsPOCH, creando nosotros una distribución NODAL para la ciudad de Riobamba y simulando los ambientes y entornos a escala.

IPTV

- Configuración de los switches capa 3 Cisco 3560
- Configuración de los switches capa 2 Cisco 2960
- Configuración del servidor IPTV
- Configuración del computador a funcionar como AP
- Configuración de los equipos de recepción

3.1.1 Configuración de los Switches Capa 3 Cisco 3560

Estos equipos representan la distribución nodal de la ciudad de Riobamba creada por nosotros, donde se interconectaron mediante enlaces Fast Ethernet los cuales fueron configurados con direccionamiento IPv4 como se puede observar en la Tabla 2-6, se configuró el protocolo de enrutamiento de red OSPF y DHCP. Cabe mencionar que para transmitir tráfico multicast es preciso habilitar las funciones de enrutamiento multicast en cada uno de los enlaces de manera que también se configura el protocolo multicast PIM SM-DM el cual es el protocolo más óptimo para la transmisión del servicio IPTV.

3.1.2 Configuración de los switches capa 2 Cisco 2960

Estos switches son los encargados de distribuir el servicio IPTV a los usuarios, en estos equipos se configuraron VLANS las mismas que representan a los barrios pertenecientes a los distintos sectores de la ciudad.

3.1.3 Configuración del servidor IPTV

El servidor se configuró con una dirección IPv4 estática, además se instaló un software VLC Media Player versión 1.1.5 el cual nos permitió emitir el servicio de IPTV.

3.1.4 Configuración del computador a funcionar como AP

Para la parte inalámbrica efectuamos la configuración de una laptop ayudándonos en el software VirtualRouter Plus, este software nos permitió crear un ACCESS POINT y consecuentemente una red desde la laptop hacia los dispositivos inalámbricos, comportándose como un router repetidor de manera virtual.

3.1.5 Configuración de los equipos de recepción

Los equipos de recepción son computadoras de escritorio y laptops que representan a los usuarios, esto sirvió para comprobar el funcionamiento del servicio de IPTV de manera alámbrica e inalámbrica.

Para poder recibir este servicio se instaló el software VLC Media Player versión 2.2.1 en cada uno de los equipos receptores donde se configuró la dirección IPv4 multicast con su respectivo puerto como se puede observar en las Figura 3-39 y Figura 3-41.

3.2 Muestreo de Datos

Los parámetros para el muestreo de datos se basan en la calidad del video, audio y el tiempo transmitido, para aquello hemos utilizado algunos softwares antes mencionados, que permitieron el análisis de cada uno de ellos, realizando 10 pruebas de transmisión y consultado a 10 usuarios sobre la calidad de la misma.

3.2.1 Método de Muestreo de Datos

Hemos desarrollado este método en base a las objetivos planteados, tomando en consideración la parte alámbrica e inalámbrica del prototipo de red diseñado. Evaluando su emisión y recepción con todos los protocolos que intervienen en la implementación.

A continuación los detallamos:

3.2.2 Parámetros de Calidad

3.2.2.1 Retardo

Para la obtención de datos de este parámetro utilizamos la ventana de comandos CMD, enviando paquetes ICMP desde el usuario; de esta manera generó solicitud y respuesta mediante el comando ping 192.168.2.2 -n 175 donde:

3.2.2.2 Jitter

El software utilizado para la medición del Jitter se lo realizó con el programa Jperf, la evaluación del Jitter en tráfico multicast se generó tanto en el servidor como en el cliente para lo cual se configuro los siguientes parámetros:

- La dirección IPv4 multicast del servidor y del usuario
- El puerto por el cual se transmite
- El protocolo de tiempo real utilizado
- El tiempo de duración del video transmitido, su valor en segundos
- Número de clientes conectados a la transmisión

Como se muestra en la siguiente Figura 3-3

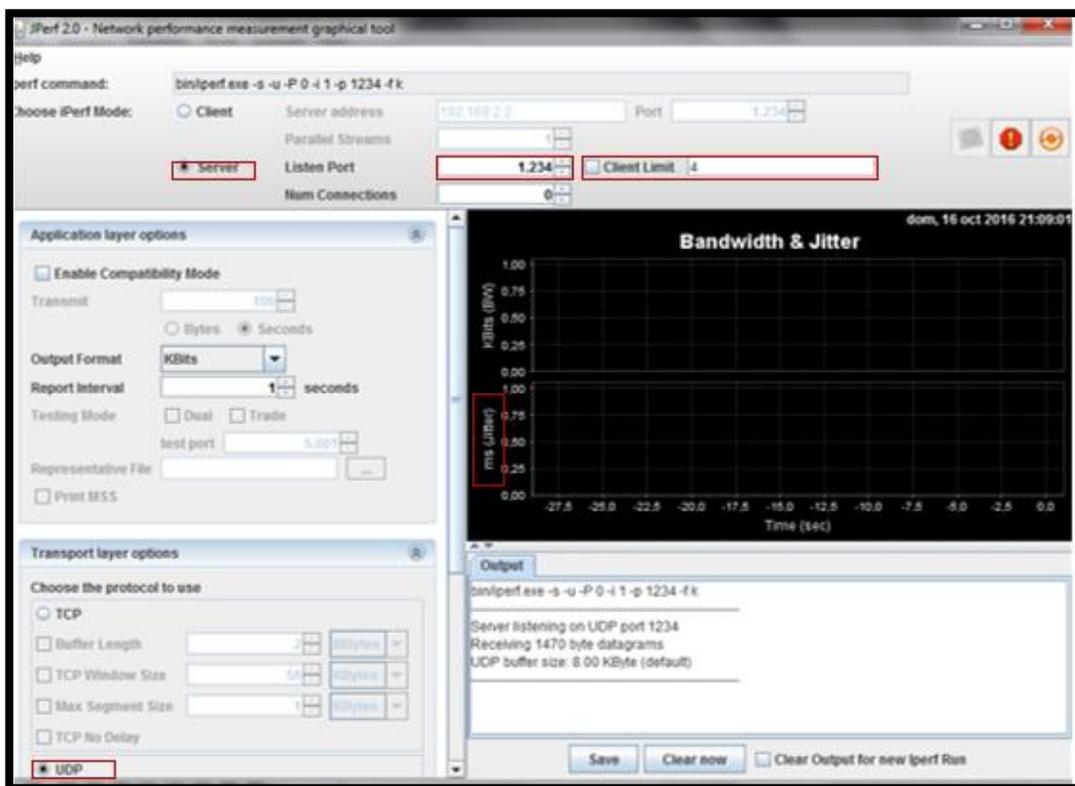


Figura 3-3. Interfaz gráfica del software Jperf Servidor

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

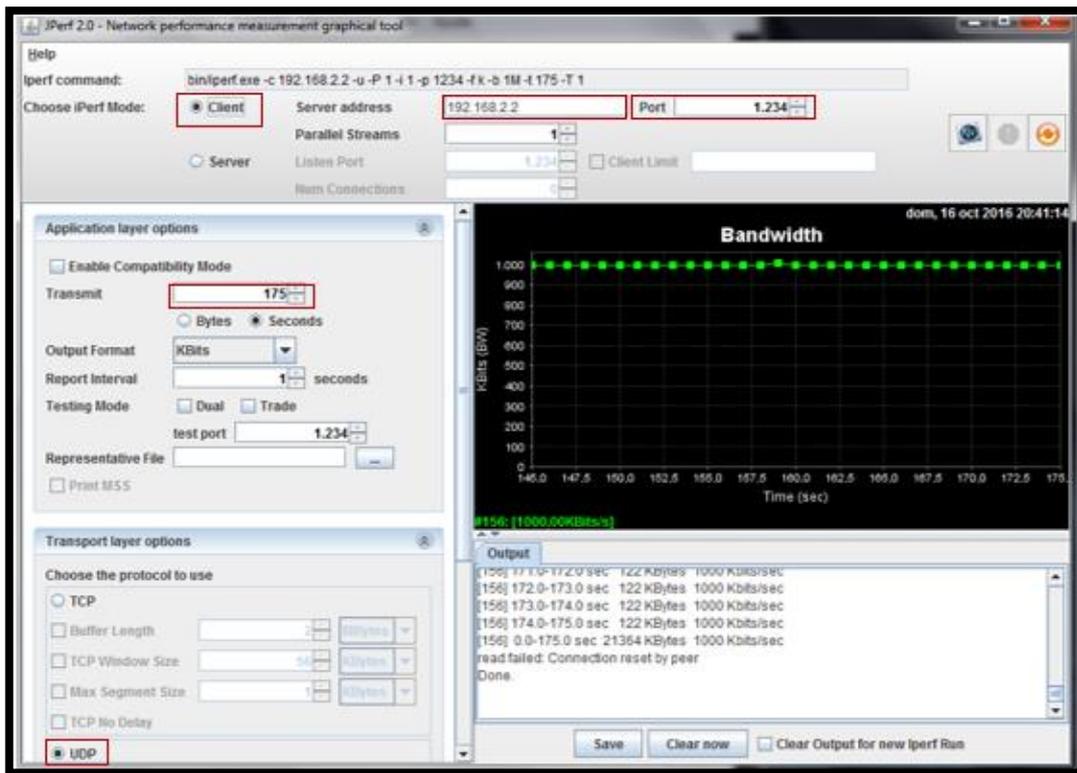


Figura 3-4. Interfaz gráfica del software Jperf Cliente

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Después de haber configurado todos los parámetros estipulados, empezamos la prueba generando un click en el botón Run Jperf tanto en el servidor como en el usuario.

3.2.2.3 Pérdida de Paquetes

La utilización de Wireshark nos permitió realizar un análisis de pérdida de paquetes en la transmisión que se realizó mediante el software VLC con los protocolos UDP y RTP.

En la siguiente Figura 3-5 se muestra el protocolo UDP en el puerto 1234 y de igual manera los paquetes enviados y recibidos por lo cual pudimos determinar la pérdida de paquetes.



Figura 3-5. Interfaz gráfica de la pérdida de paquetes UDP

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

En la siguiente Figura 3-6 se muestra el protocolo RTP en el puerto 5004 y de igual manera los paquetes enviados y recibidos.



Figura 3-6. Interfaz gráfica de la pérdida de paquetes RTP

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

3.3 Análisis de los Datos Obtenidos

3.3.1 Transmisión Alámbrica

3.3.1.1 Retardo

Tabla 3-1: Datos de prueba sobre el retardo, video en HD 720p de corta duración (1 a 3 minutos)

PRUEBAS	RETARDO (ms)
Prueba 1	1
Prueba 2	1
Prueba 3	0
Prueba 4	1
Prueba 5	0
Prueba 6	1
Prueba 7	1
Prueba 8	0
Prueba 9	0
Prueba 10	1
Promedio	0,6

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Tabla 3-2: Datos de prueba sobre el retardo, video en HD 720p de media duración (3 a 10 minutos)

PRUEBAS	RETARDO (ms)
Prueba 1	2
Prueba 2	0
Prueba 3	1
Prueba 4	1
Prueba 5	1
Prueba 6	0
Prueba 7	2
Prueba 8	0
Prueba 9	1
Prueba 10	1
Promedio	0,9

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Tabla 3-3: Datos de prueba sobre el retardo, video en HD 720p de larga duración (10 a 20 minutos)

PRUEBAS	RETARDO (ms)
Prueba 1	2
Prueba 2	2
Prueba 3	1
Prueba 4	1
Prueba 5	1
Prueba 6	1
Prueba 7	1
Prueba 8	1
Prueba 9	1
Prueba 10	1
Promedio	1,2

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

3.3.1.2 Jitter

Tabla 3-4: Datos de prueba sobre el Jitter, video en HD 720p de corta duración (1 a 3 minutos)

PRUEBAS	JITTER (ms)
Prueba 1	0,055
Prueba 2	0,060
Prueba 3	0,007
Prueba 4	0
Prueba 5	0
Prueba 6	0,017
Prueba 7	0,054
Prueba 8	0,016
Prueba 9	0,008
Prueba 10	0,005
Promedio	0,022

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Tabla 3-5: Datos de prueba sobre el Jitter, video en HD 720p de media duración (3 a 10 minutos)

PRUEBAS	JITTER (ms)
Prueba 1	0,312
Prueba 2	0,254
Prueba 3	0,006
Prueba 4	0
Prueba 5	0,021
Prueba 6	0,071
Prueba 7	0,184
Prueba 8	0,225
Prueba 9	0,230
Prueba 10	0,035
Promedio	0,134

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Tabla 3-6: Datos de prueba sobre el Jitter, video en HD 720p de larga duración (10 a 20 minutos)

PRUEBAS	JITTER (ms)
Prueba 1	0,222
Prueba 2	0,234
Prueba 3	0,026
Prueba 4	0,015
Prueba 5	0,201
Prueba 6	0,061
Prueba 7	0,284
Prueba 8	0,220
Prueba 9	0,230
Prueba 10	0,075
Promedio	0,157

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

3.3.1.3 Pérdida de Paquetes

Tabla 3-7: Datos de prueba sobre la pérdida de paquetes, video en HD 720p de corta duración (1 a 3 minutos)

PRUEBAS	PÉRDIDA DE PAQUETES (%)
Prueba 1	0
Prueba 2	0,002
Prueba 3	0
Prueba 4	0,012
Prueba 5	0,005
Prueba 6	0,032
Prueba 7	0,012
Prueba 8	0,014
Prueba 9	0
Prueba 10	0,007
Promedio	0,008

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Tabla 3-8: Datos de prueba sobre la pérdida de paquetes, video en HD 720p de media duración (3 a 10 minutos)

PRUEBAS	PÉRDIDA DE PAQUETES (%)
Prueba 1	0,001
Prueba 2	0,003
Prueba 3	0
Prueba 4	0,014
Prueba 5	0,007
Prueba 6	0,022
Prueba 7	0,032
Prueba 8	0,024
Prueba 9	0,010
Prueba 10	0,012
Promedio	0,013

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Tabla 3-9: Datos de prueba sobre la pérdida de paquetes, video en HD 720p de larga duración (10 a 20 minutos)

PRUEBAS	PÉRDIDA DE PAQUETES (%)
Prueba 1	0,007
Prueba 2	0,012
Prueba 3	0,009
Prueba 4	0,054
Prueba 5	0,047
Prueba 6	0,062
Prueba 7	0,051
Prueba 8	0,030
Prueba 9	0,018
Prueba 10	0,102
Promedio	0,039

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

3.3.2 Transmisión Inalámbrica

3.3.2.1 Retardo

Tabla 3-10: Datos de prueba sobre el retardo, video en HD 720p de corta duración (1 a 3 minutos)

PRUEBAS	RETARDO (ms)
Prueba 1	3
Prueba 2	2
Prueba 3	2
Prueba 4	1
Prueba 5	1
Prueba 6	1
Prueba 7	1
Prueba 8	3
Prueba 9	2
Prueba 10	1
Promedio	1,7

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Tabla 3-11: Datos de prueba sobre el retardo, video en HD 720p de media duración (3 a 10 minutos)

PRUEBAS	RETARDO (ms)
Prueba 1	3
Prueba 2	5
Prueba 3	2
Prueba 4	2
Prueba 5	2
Prueba 6	1
Prueba 7	4
Prueba 8	2
Prueba 9	3
Prueba 10	2
Promedio	2,6

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Tabla 3-12: Datos de prueba sobre el retardo, video en HD 720p de larga duración (10 a 20 minutos)

PRUEBAS	RETARDO (ms)
Prueba 1	5
Prueba 2	6
Prueba 3	5
Prueba 4	8
Prueba 5	7
Prueba 6	5
Prueba 7	4
Prueba 8	4
Prueba 9	8
Prueba 10	6
Promedio	5,8

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

3.3.2.2 Jitter

Tabla 3-13: Datos de prueba sobre el Jitter, video en HD 720p de corta duración (1 a 3 minutos)

PRUEBAS	JITTER (ms)
Prueba 1	0,095
Prueba 2	0,120
Prueba 3	0,089
Prueba 4	0,090
Prueba 5	0,125
Prueba 6	0,250
Prueba 7	0,222
Prueba 8	0,302
Prueba 9	0,018
Prueba 10	0,048
Promedio	0,136

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Tabla 3-14: Datos de prueba sobre el Jitter, video en HD 720p de media duración (3 a 10 minutos)

PRUEBAS	JITTER (ms)
Prueba 1	0,641
Prueba 2	0,302
Prueba 3	0,120
Prueba 4	0,410
Prueba 5	0,214
Prueba 6	0,351
Prueba 7	0,645
Prueba 8	0,354
Prueba 9	0,541
Prueba 10	0,607
Promedio	0,419

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Tabla 3-15: Datos de prueba sobre el Jitter, video en HD 720p de larga duración (10 a 20 minutos)

PRUEBAS	JITTER (ms)
Prueba 1	0,698
Prueba 2	0,563
Prueba 3	0,254
Prueba 4	0,147
Prueba 5	0,674
Prueba 6	0,754
Prueba 7	0,564
Prueba 8	0,324
Prueba 9	0,684
Prueba 10	0,705
Promedio	0,537

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

3.3.2.3 Pérdida de Paquetes

Tabla 3-16: Datos de prueba sobre la pérdida de paquetes, video en HD 720p de corta duración (1 a 3 minutos)

PRUEBAS	PÉRDIDA DE PAQUETES (%)
Prueba 1	0,058
Prueba 2	0,075
Prueba 3	0,081
Prueba 4	0,125
Prueba 5	0,092
Prueba 6	0,065
Prueba 7	0,087
Prueba 8	0,025
Prueba 9	0,074
Prueba 10	0,036
Promedio	0,072

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Tabla 3-17: Datos de prueba sobre la pérdida de paquetes, video en HD 720p de media duración (3 a 10 minutos)

PRUEBAS	PÉRDIDA DE PAQUETES (%)
Prueba 1	0,061
Prueba 2	0,103
Prueba 3	0,214
Prueba 4	0,164
Prueba 5	0,097
Prueba 6	0,089
Prueba 7	0,105
Prueba 8	0,096
Prueba 9	0,077
Prueba 10	0,102
Promedio	0,111

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Tabla 3-18: Datos de prueba sobre la pérdida de paquetes, video en HD 720p de larga duración (10 a 20 minutos)

PRUEBAS	PÉRDIDA DE PAQUETES (%)
Prueba 1	0,097
Prueba 2	0,117
Prueba 3	0,119
Prueba 4	0,264
Prueba 5	0,147
Prueba 6	0,168
Prueba 7	0,155
Prueba 8	0,230
Prueba 9	0,208
Prueba 10	0,192
Promedio	0,170

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

3.4 Comparación de Transmisión Alámbrica vs Inalámbrica

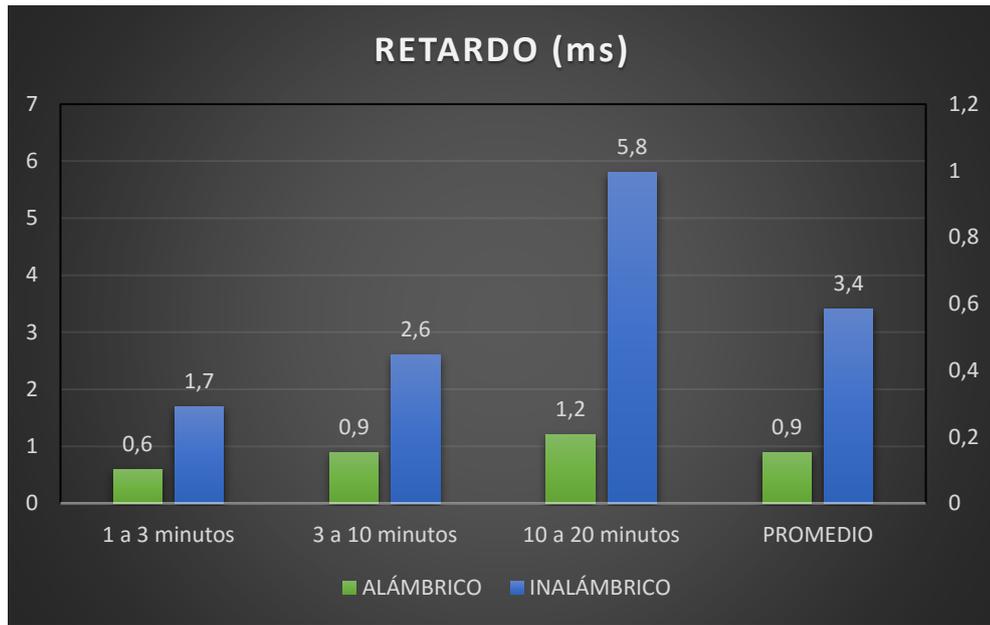


Figura 3-7. Gráfica de barras del retardo

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

En la Figura 3-7 podemos observar que existe un mayor retardo con respecto a la transmisión inalámbrica, cabe recalcar que las pruebas que realizamos se desarrollaron en un entorno poco espacioso, para tratar en lo posible de que exista una mejor recepción inalámbrica.

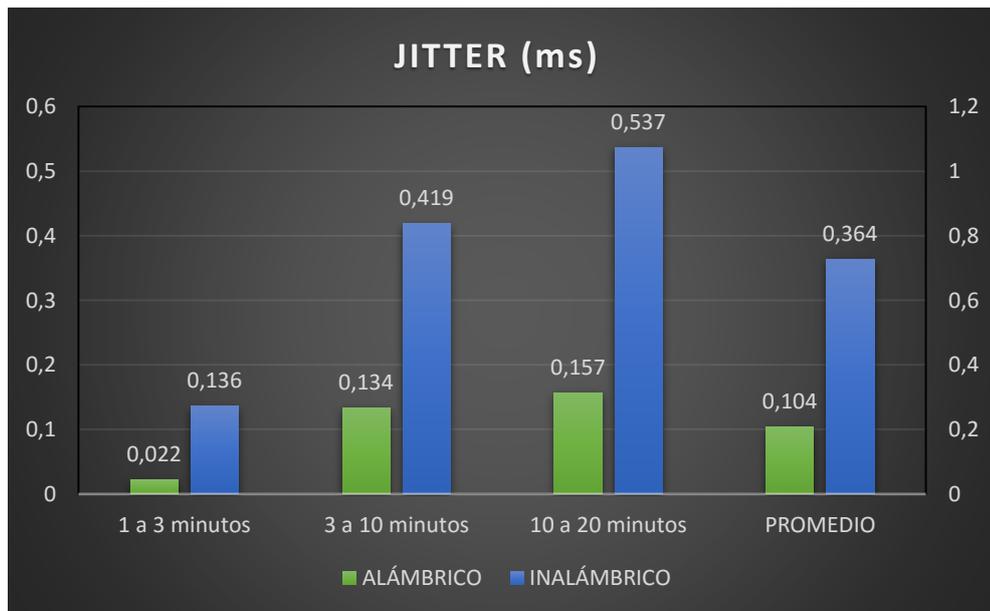


Figura 3-8. Gráfica de barras del Jitter

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

En la Figura 3-8 es notoriamente mejor la transmisión del medio alámbrico, reduciendo el tiempo hasta 3 veces menos del Jitter de transmisión multicast con referencia al medio inalámbrico.

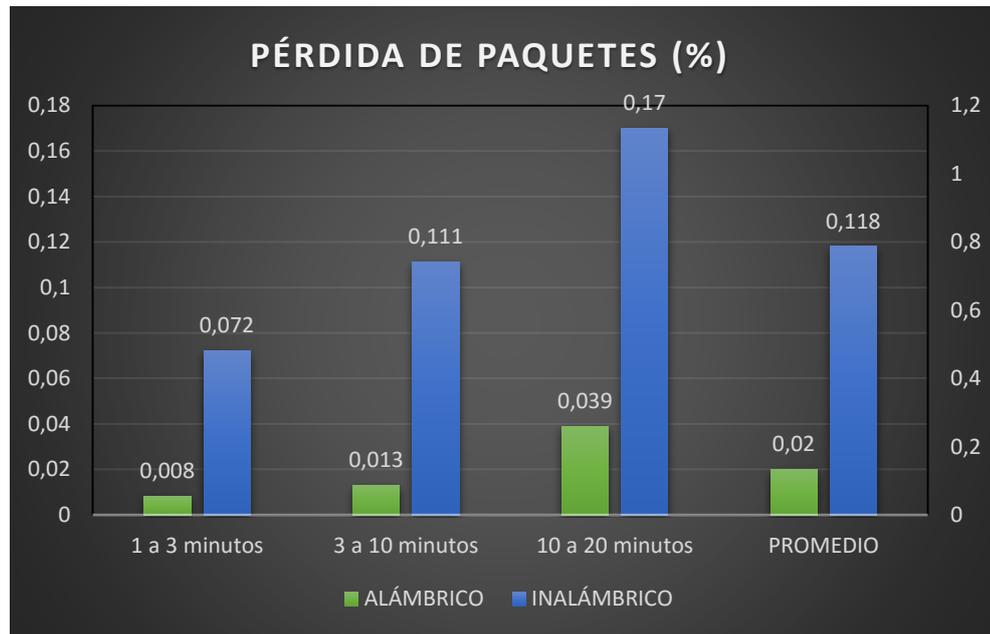


Figura 3-9. Gráfica de barras de la pérdida de paquetes

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

Al realizar las pruebas en el prototipo de red se determinó que existe una mayor pérdida de paquetes en la transmisión del medio inalámbrico, estas pérdidas de paquetes son traducidas visualmente con las pixelizaciones en el video streaming receptado por los equipos.

Después de haber realizado las pruebas en los laboratorios con sus debidos muestreos se determinó que es viable realizar la transmisión inalámbricamente, basándonos en los parámetros de calidad de servicio de la normativa ITU-T Y.1541 que se muestran en la Tabla 2 - 3.

3.5 Propuesta de Guía de Implementación para IPTV de manera Inalámbrica

A continuación detallaremos de manera gráfica paso a paso la elaboración de la guía de implementación de IPTV de manera inalámbrica.

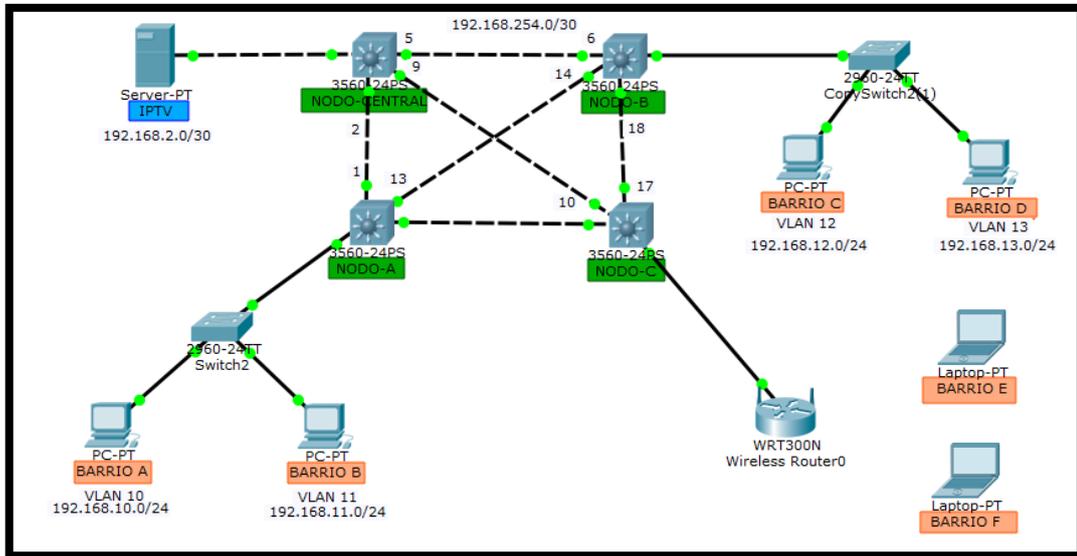


Figura 3-10. Esquema del Prototipo de Red IPTV

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

3.5.1 Configuración de los Switches Capa 3 Cisco 3560

Tabla 3-19: Configuraciones Switches Capa 3 Cisco 3560

CONFIGURACIÓN NODO CENTRAL	CONFIGURACIÓN NODO A
hostname NODO-CENTRAL	hostname NODO-A
ip routing	ip routing
ip multicast-routing distributed	ip multicast-routing distributed
ip cef distributed	ip cef distributed
interface FastEthernet0/1	vlan 10
no switchport	name BARRIOA
ip address 192.168.254.5 255.255.255.252	vlan 11
ip pim sparse-dense-mode	name BARRIOB
interface FastEthernet0/2	ip dhcp excluded-address 192.168.10.1
no switchport	192.168.10.10
ip address 192.168.254.2 255.255.255.252	ip dhcp excluded-address 192.168.11.1
ip pim sparse-dense-mode	192.168.11.10

<pre> interface FastEthernet0/4 no switchport ip address 192.168.254.9 255.255.255.252 ip pim sparse-dense-mode interface FastEthernet0/22 no switchport ip address 192.168.2.1 255.255.255.0 ip pim sparse-dense-mode interface Vlan1 no ip address router ospf 1 log-adjacency-changes passive-interface FastEthernet0/22 network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 0 network 192.168.254.0 0.0.0.3 area 0 network 192.168.254.4 0.0.0.3 area 0 network 192.168.254.8 0.0.0.3 area 0 </pre>	<pre> ip dhcp pool vlan10 network 192.168.10.0 255.255.255.0 default-router 192.168.10.1 dns-server 192.168.10.1 ip dhcp pool vlan11 network 192.168.11.0 255.255.255.0 default-router 192.168.11.1 dns-server 192.168.11.1 interface FastEthernet0/2 no switchport ip address 192.168.254.1 255.255.255.252 ip pim sparse-dense-mode interface FastEthernet0/5 no switchport ip address 192.168.254.13 255.255.255.252 ip pim sparse-dense-mode interface FastEthernet0/6 no switchport ip address 192.168.254.21 255.255.255.252 ip pim sparse-dense-mode interface FastEthernet0/24 switchport trunk encapsulation dot1q switchport mode trunk interface GigabitEthernet0/1 interface GigabitEthernet0/2 interface Vlan1 no ip address interface Vlan10 ip address 192.168.10.1 255.255.255.0 ip pim sparse-dense-mode interface Vlan11 ip address 192.168.11.1 255.255.255.0 ip pim sparse-dense-mode router ospf 1 log-adjacency-changes passive-interface FastEthernet0/24 </pre>
--	---

	<pre> network 192.168.254.0 0.0.0.3 area 0 network 192.168.254.12 0.0.0.3 area 0 network 192.168.254.20 0.0.0.3 area 0 network 192.168.10.0 0.0.0.255 area 0 network 192.168.11.0 0.0.0.255 area 0 </pre>
--	---

CONFIGURACIÓN NODO B	CONFIGURACIÓN NODO C
<pre> hostname NODO-B ip routing ip multicast-routing distributed ip cef distributed vlan 12 name BARRIOC vlan 13 name BARRIOD ip dhcp excluded-address 192.168.12.1 192.168.12.10 ip dhcp excluded-address 192.168.13.1 192.168.13.10 ip dhcp pool vlan12 network 192.168.12.0 255.255.255.0 default-router 192.168.12.1 dns-server 192.168.12.1 ip dhcp pool vlan13 network 192.168.13.0 255.255.255.0 default-router 192.168.13.1 dns-server 192.168.13.1 interface FastEthernet0/1 no switchport ip address 192.168.254.6 255.255.255.252 ip pim sparse-dense-mode interface FastEthernet0/3 no switchport ip address 192.168.254.18 255.255.255.252 </pre>	<pre> hostname NODO-C ip routing ip multicast-routing distributed ip cef distributed interface FastEthernet0/3 no switchport ip address 192.168.254.17 255.255.255.252 ip pim sparse-dense-mode interface FastEthernet0/4 no switchport ip address 192.168.254.10 255.255.255.252 ip pim sparse-dense-mode interface FastEthernet0/6 no switchport ip address 192.168.254.22 255.255.255.252 ip pim sparse-dense-mode interface FastEthernet0/24 no switchport ip add 192.168.50.1 255.255.255.0 ip pim sparse-dense-mode interface Vlan1 no ip address router ospf 1 log-adjacency-changes passive-interface FastEthernet0/24 network 192.168.254.16 0.0.0.3 area 0 network 192.168.254.20 0.0.0.3 area 0 </pre>

<pre> ip pim sparse-dense-mode interface FastEthernet0/5 no switchport ip address 192.168.254.14 255.255.255.252 ip pim sparse-dense-mode interface FastEthernet0/24 switchport trunk encapsulation dot1q switchport mode trunk interface Vlan1 no ip address interface Vlan12 ip address 192.168.12.1 255.255.255.0 ip pim sparse-dense-mode interface Vlan13 ip address 192.168.13.1 255.255.255.0 ip pim sparse-dense-mode router ospf 1 log-adjacency-changes passive-interface FastEthernet0/24 network 192.168.254.4 0.0.0.3 area 0 network 192.168.254.16 0.0.0.3 area 0 network 192.168.254.12 0.0.0.3 area 0 network 192.168.12.0 0.0.0.255 area 0 network 192.168.13.0 0.0.0.255 area 0 </pre>	<pre> network 192.168.254.8 0.0.0.3 area 0 network 192.168.50.0 0.0.0.255 area 0 </pre>
--	---

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

3.5.2 Configuración de los switches capa 2 Cisco 2960

Tabla 3-20: Configuraciones Switches Capa 2 Cisco 2960

CONFIGURACIÓN SWITCH A	CONFIGURACIÓN SWITCH B
<pre> hostname SW-NODO-A vlan 10 name BARRIOA vlan 11 </pre>	<pre> hostname SW-NODO-B vlan 12 name BARRIOC vlan 13 </pre>

<pre> name BARRIOB interface FastEthernet0/1 switchport access vlan 10 switchport mode access interface FastEthernet0/2 switchport access vlan 11 switchport mode access </pre>	<pre> name BARRIOD interface FastEthernet0/1 switchport access vlan 12 switchport mode access interface FastEthernet0/2 switchport access vlan 13 switchport mode access </pre>
---	---

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

3.5.3 Configuración del servidor IPTV

- Desactivar el firewall



Figura 3-11. Desactivación del firewall en el servidor IPTV

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

- Poner una dirección estática
 - Colocar la Dirección estática, mascara y gateway
 - Aceptar

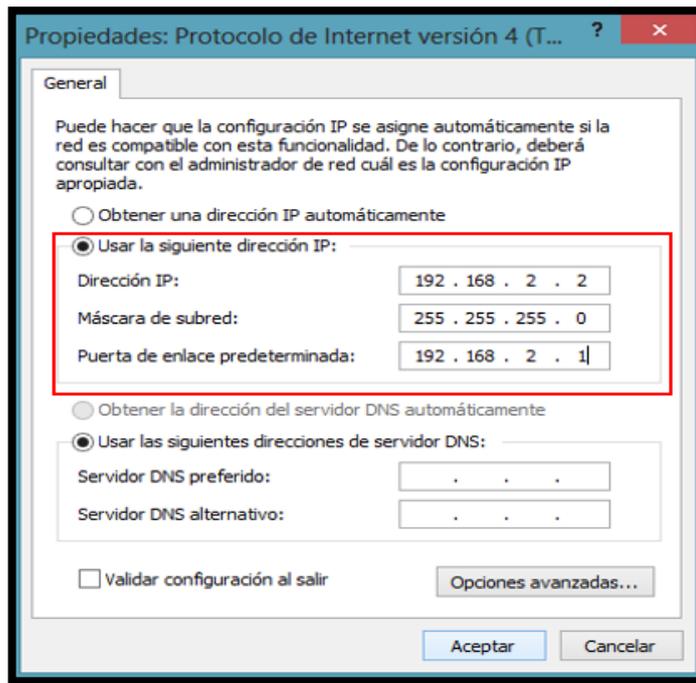


Figura 3-12. Dirección estática

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

3.5.3.1 Configuración VLC Media Player 1.1.5

- Vamos a Medio
- Emitir

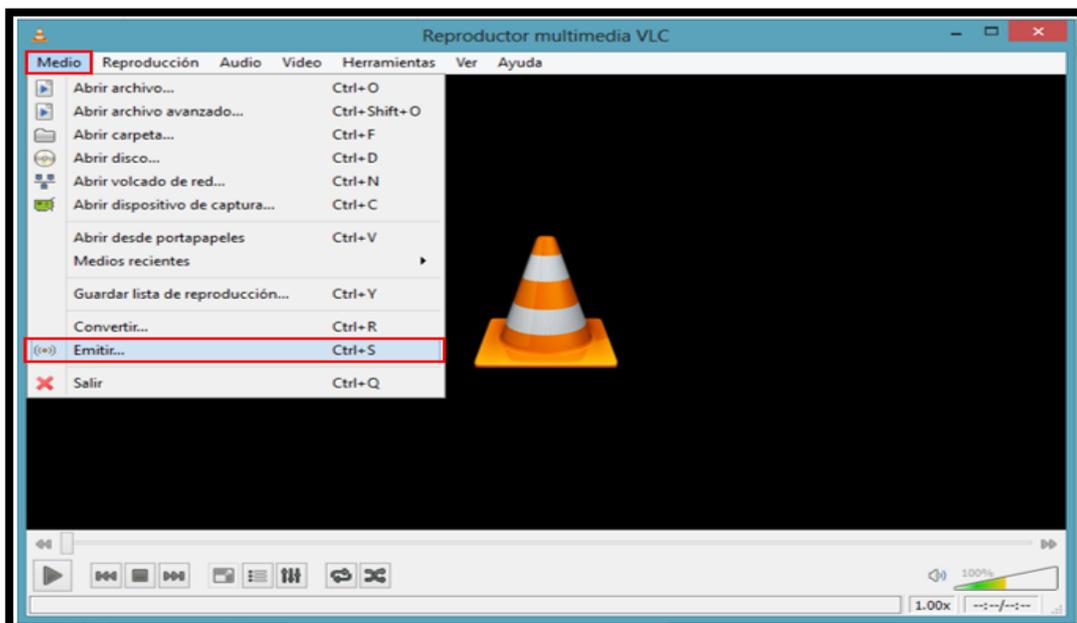


Figura 3-13. Configuración de la Emisión en el VLC

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

- Vamos Añadir
- Elegimos el video previamente cargado
- Emitir

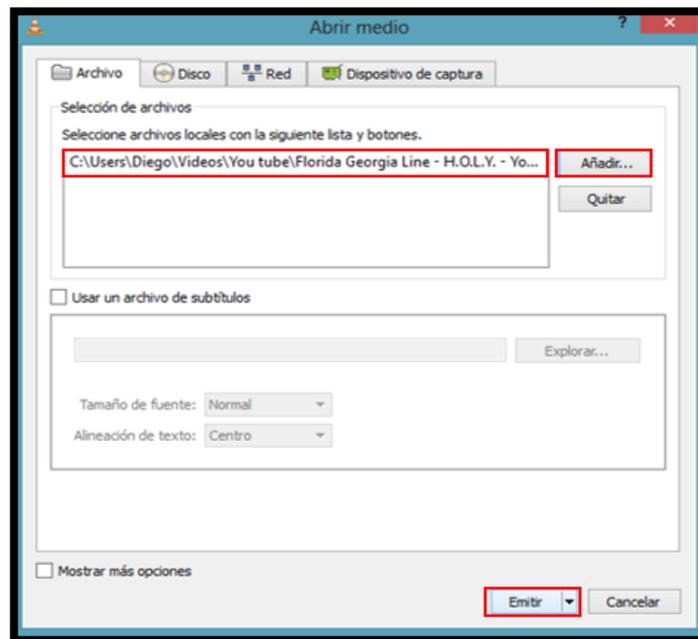


Figura 3-14. Anadir ubicación del Video

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

- Siguiente

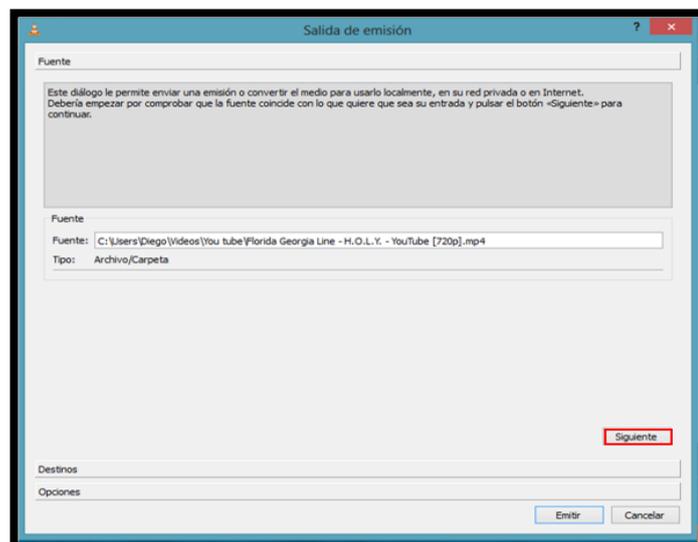


Figura 3-15. Confirmación de la Ubicación del Video

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

- Elegimos si queremos emitir mediante el protocolo UDP o RTP

UDP

- Deshabilitamos Habilitar transcodificar
- Habilitamos Mostrar en local
- Elegimos UDP
- Añadir

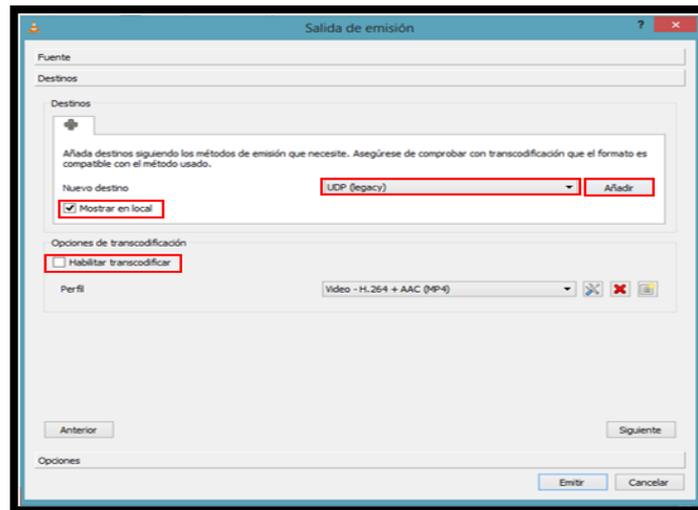


Figura 3-16. Designación del protocolo UDP

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

- Colocar la dirección multicast y el puerto por donde se va a emitir el video
- Siguiete

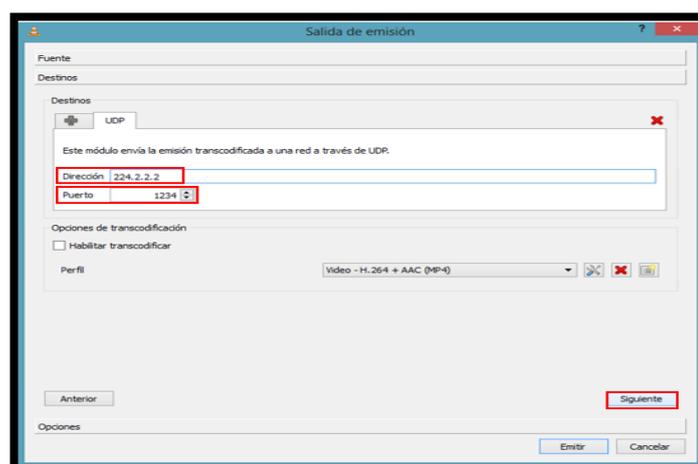


Figura 3-17. Designación de la dirección multicast y el puerto UDP

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

RTP

- Deshabilitamos Habilitar transcodificar
- Habilitamos Mostrar en local
- Elegimos RTP
- Añadir

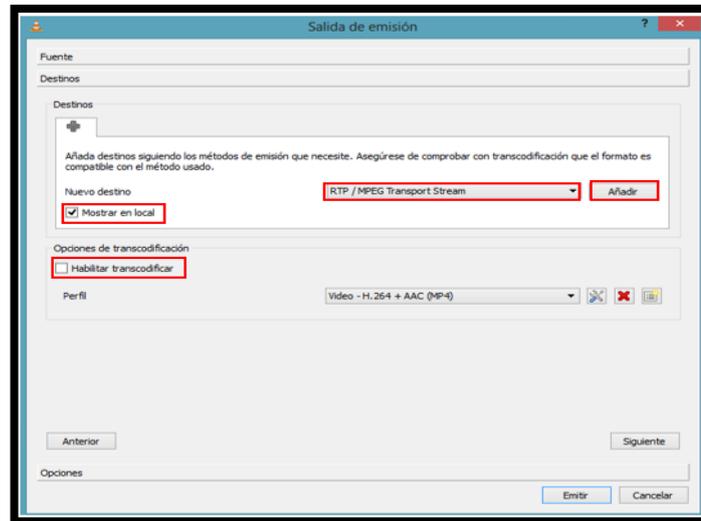


Figura 3-18. Designación del protocolo RTP

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

- Colocar la dirección multicast y el puerto por donde se va a emitir el video
- Siguiente

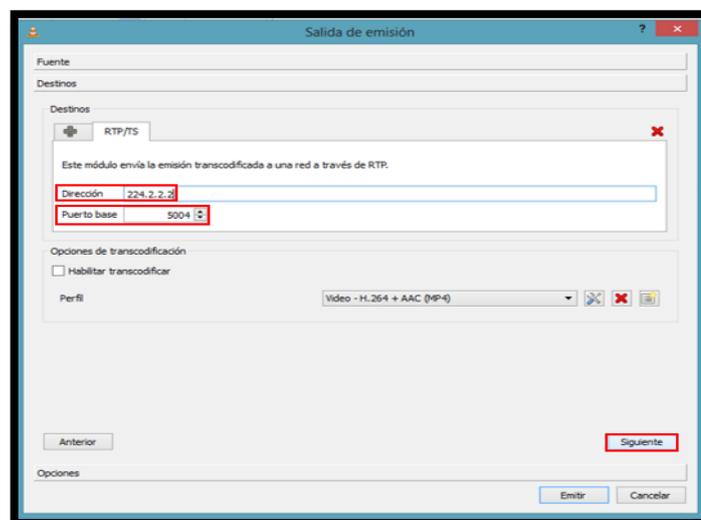


Figura 3-19. Designación de la dirección multicast y el puerto RTP

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

- Una vez seleccionado con que protocolo trabajar
 - Seleccionamos en emitir todas las emisiones elementales
 - Modificamos el TTL que es el Tiempo de vida
 - Emitir

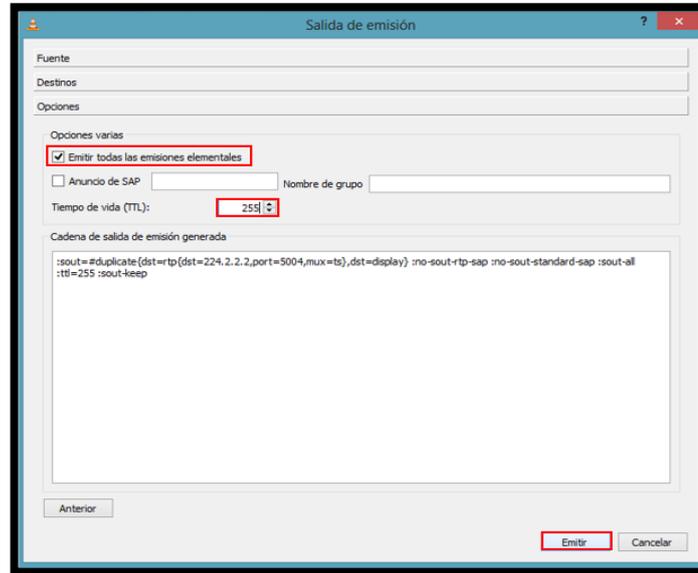


Figura 3-20. Modificación del TTL

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

- A continuación vemos el video que estamos emitiendo en tiempo real

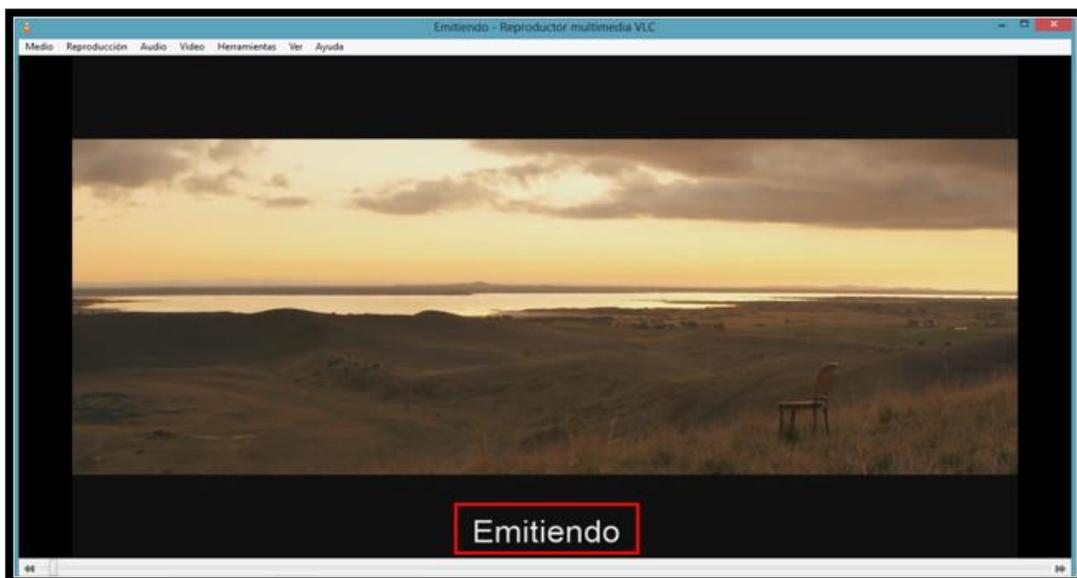


Figura 3-21. Emisión del Video

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

3.5.4 Configuración del computador a funcionar como AP

- Primero buscamos el programa en alguna plataforma en este caso la ubicamos en la plataforma Softonic



Figura 3-22. Plataforma Softonic del VirtualRouter Plus

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

- Procedemos a dar click en Descargar



Figura 3-23. Descarga

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

- Una vez descargado tendremos el siguiente archivo, luego lo ejecutamos

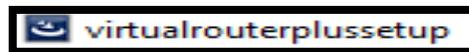


Figura 3-24. Instalador VirtualRouter Plus

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

- Una vez ejecutado se prepara para la instalación

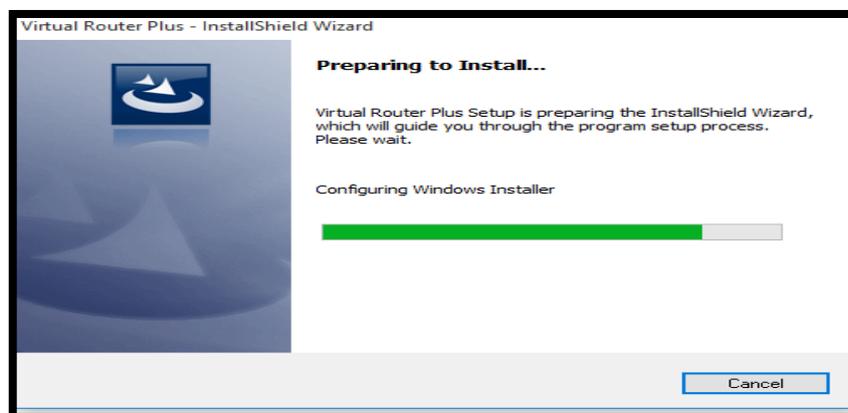


Figura 3-25. Instalación del software

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

- Damos click en Aceptar y secuencialmente en Siguiente

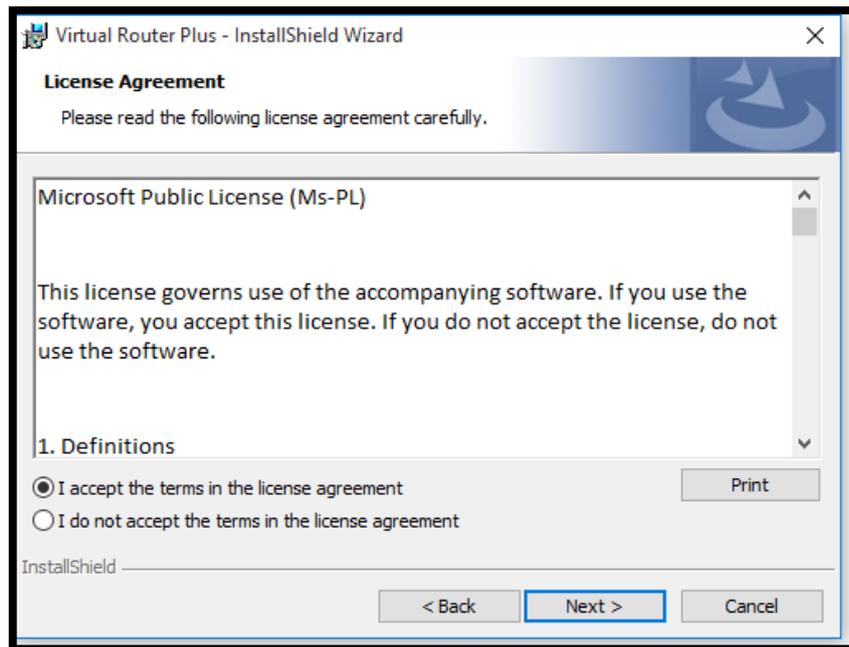


Figura 3-26. Aceptación del Programa

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

- Confirmamos la ubicación del programa dando click en siguiente

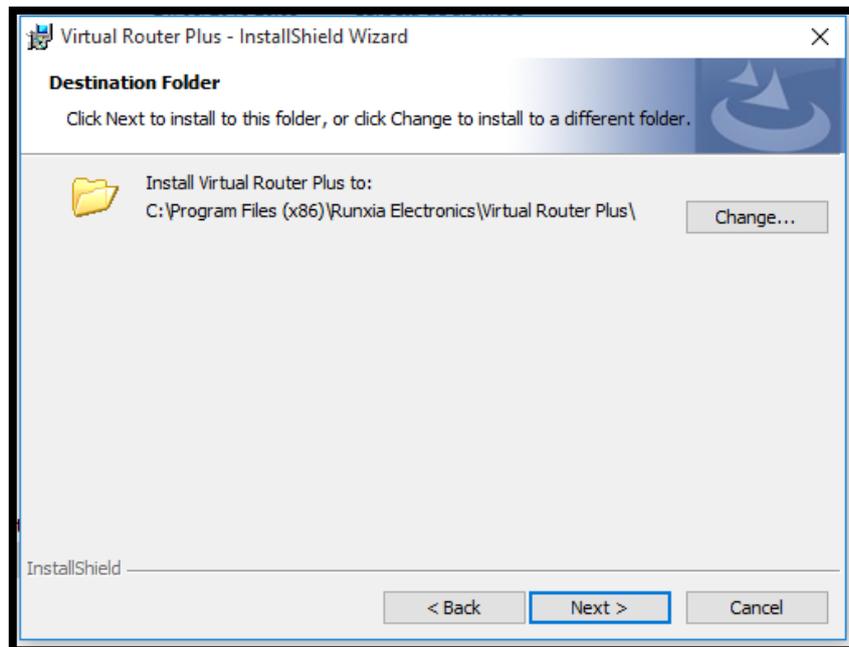


Figura 3-27. Ubicación del programa en la carpeta de destino

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

- Procedemos a dar click en instalar

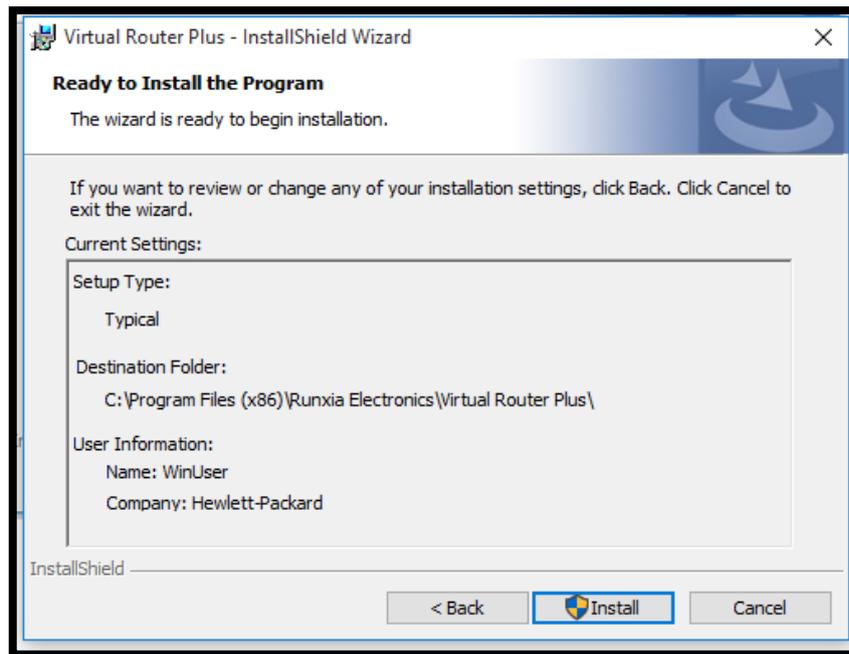


Figura 3-28. Iniciando la instalación

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

- Como último paso damos click en Finalizar

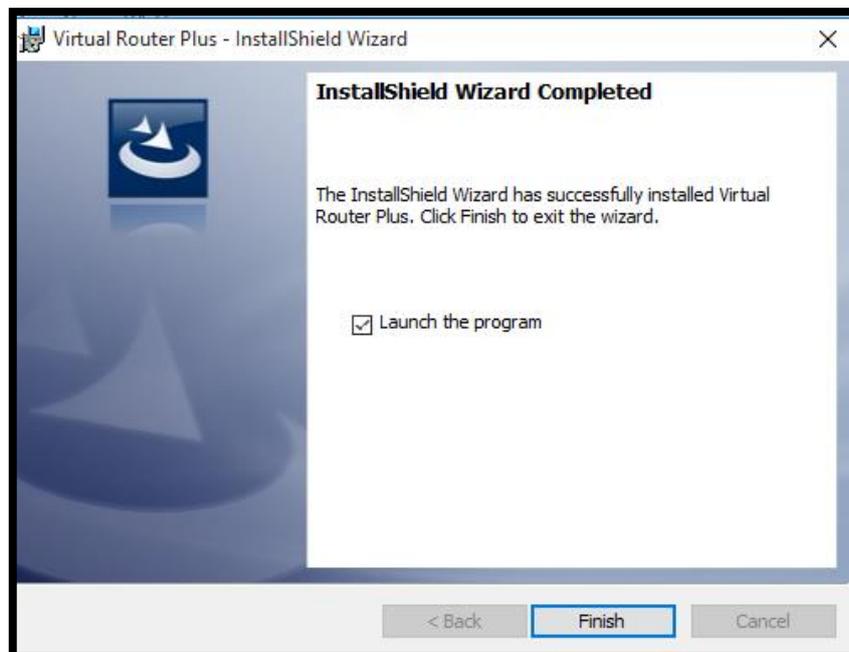


Figura 3-29. Finalizando la instalación

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

- Una vez instalado el programa nos aparece la siguiente ventana

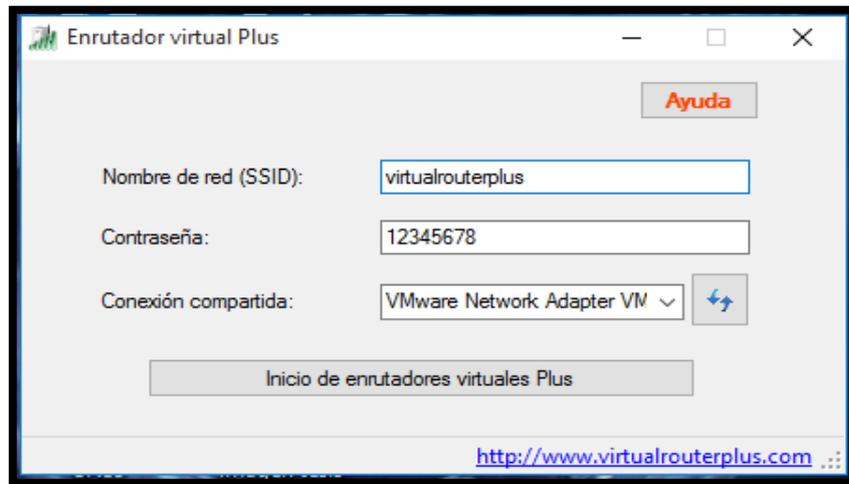


Figura 3-30. Interfaz gráfica del software Enrutador virtual Plus

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

- Realizamos los siguientes pasos:

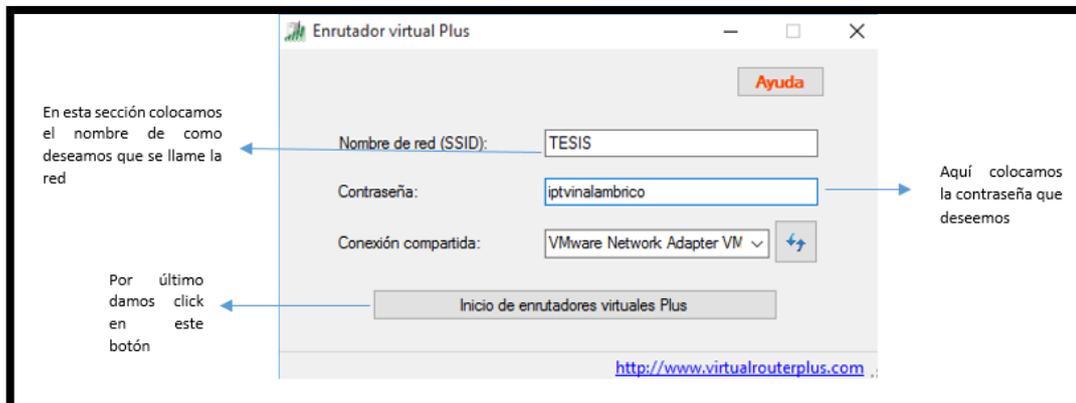


Figura 3-31. Declaración de los parámetros de la red a crear

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

- Después de haber seguido minuciosamente estos pasos no saldrá la siguiente notificación

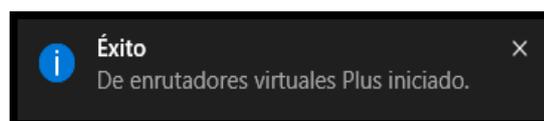


Figura 3-32. Aprobación de la red creada

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

- Verificamos la Red

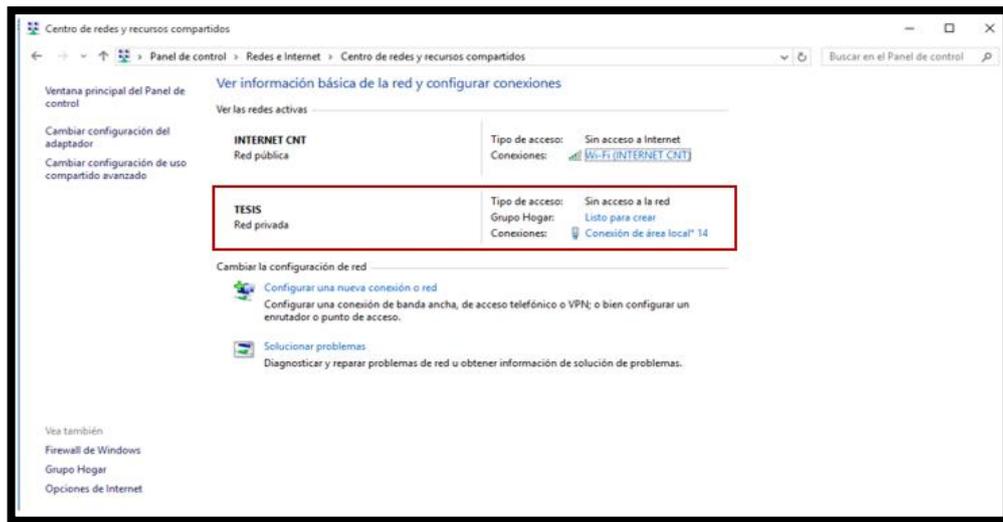


Figura 3-33. Verificación de la red creada

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

- Por último nos conectamos a la Red creada en los equipos a recibir inalámbricamente el servicio de IPTV

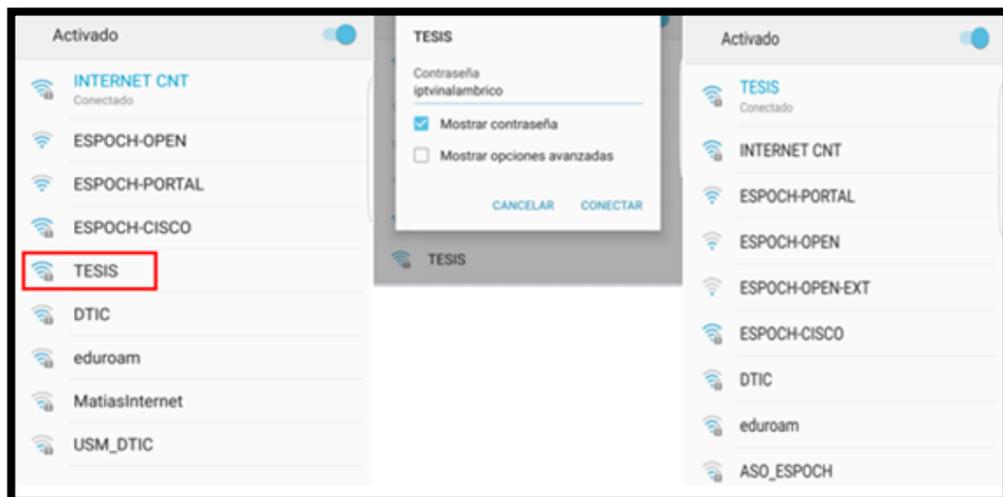


Figura 3-34. Acceso a la red TESIS

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

3.5.5 Configuración de los equipos de recepción Alámbrico e Inalámbrico

- Desactivar el firewall

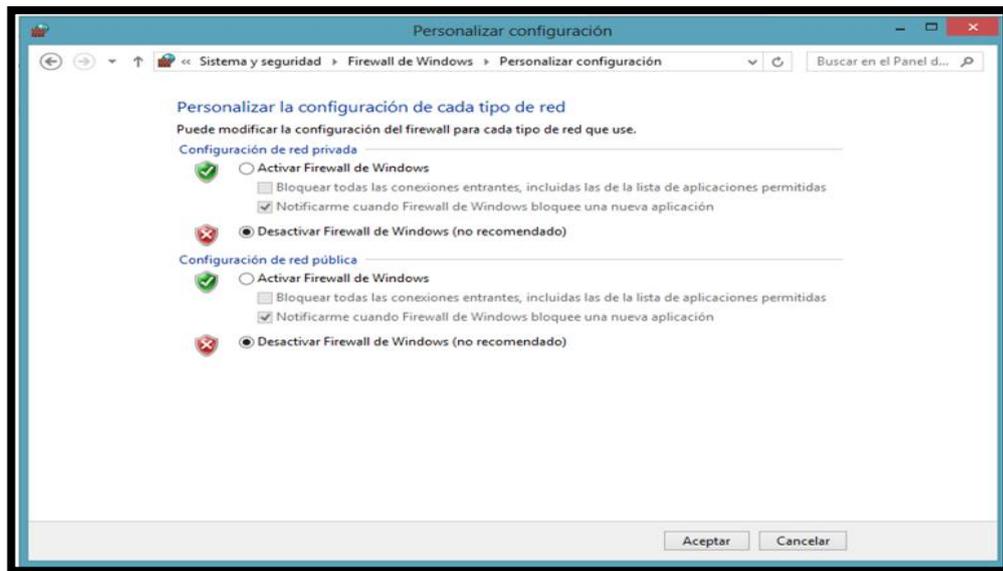


Figura 3-35. Desactivación del firewall en equipos de recepción

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

- Colocar una dirección automáticamente, debido a que se configuro el protocolo DHCP, por lo tanto se asignara una dirección IPv4 automáticamente.
 - Poner en Obtener una dirección IP automáticamente
 - Aceptar

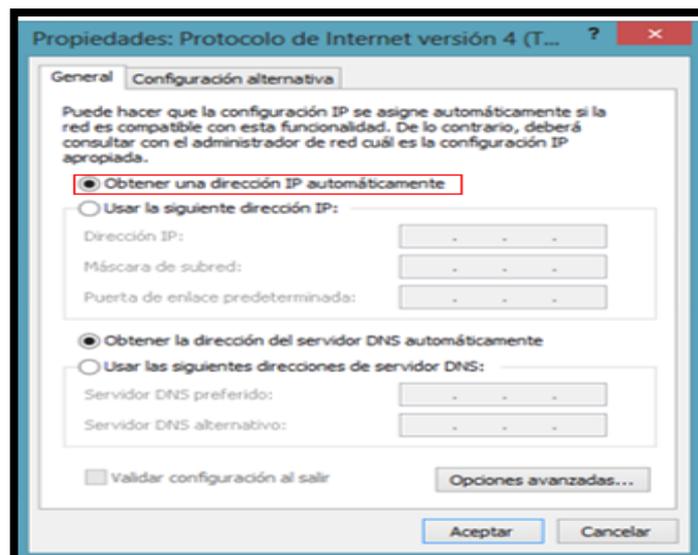


Figura 3-36. Dirección Automática DHCP

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

3.5.5.1 Configuración VLC Media Player 2.2.1

- Vamos a Medio
- Abrir volcado de red

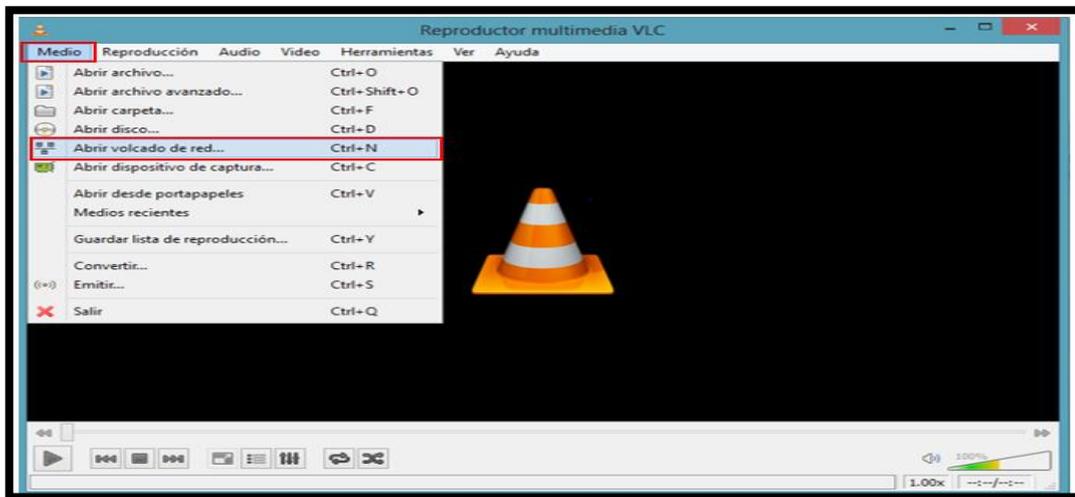


Figura 3-37. Configuración de la emisión en el VLC del servidor

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

UDP

- Ponemos la dirección multicast y el puerto por la que se nos está emitiendo el servicio IPTV
 - Escribir `udp://@224.2.2.2:1234`
 - Reproducir

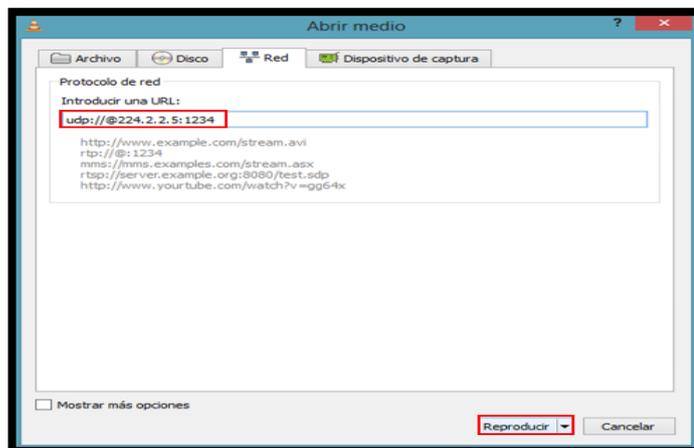


Figura 3-38. Dirección Multicast para la recepción del video UDP

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

- A continuación vemos el video que estamos recestando en tiempo real mediante la dirección multicast y su respectivo puerto.

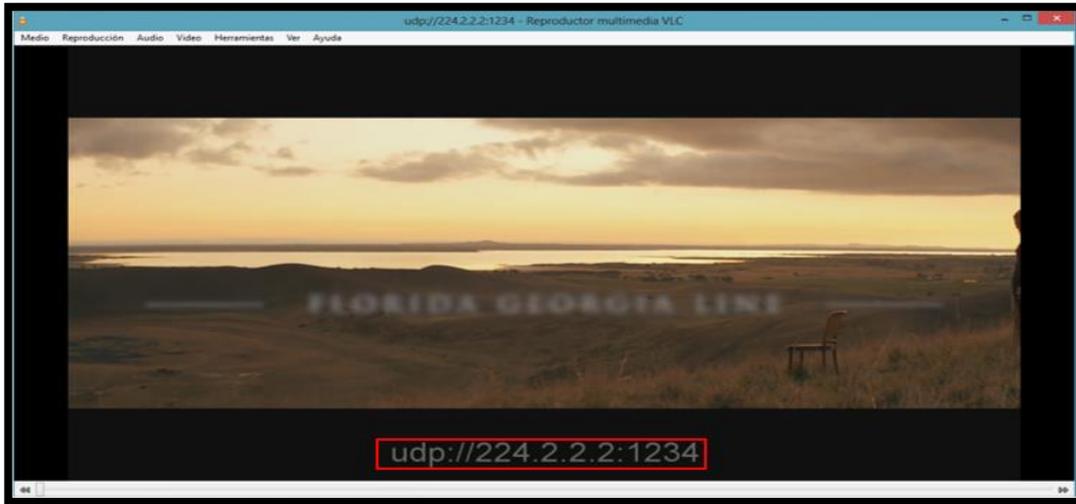


Figura 3-39. Recepción del video UDP

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

RTP

- Ponemos la dirección multicast y el puerto por la que se nos está emitiendo el servicio IPTV
 - Escribir rtp://@244.2.2.2:5004
 - Reproducir

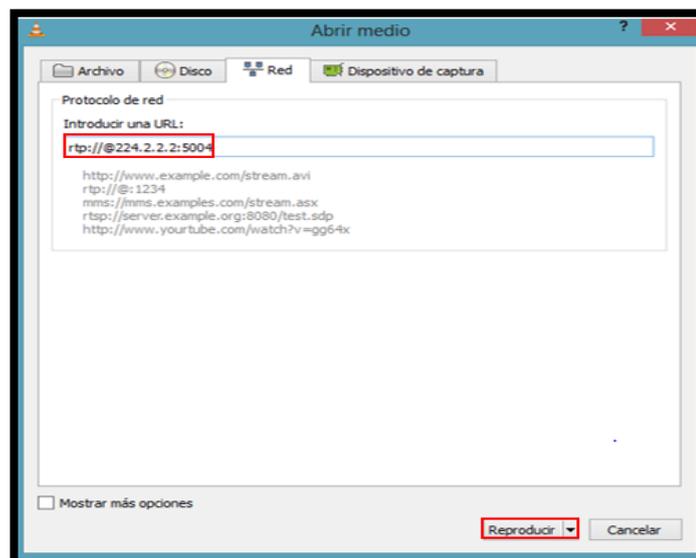


Figura 3-40. Dirección Multicast para la recepción del video RTP

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

- A continuación vemos el video que estamos recestando en tiempo real mediante la dirección multicast y su respectivo puerto.

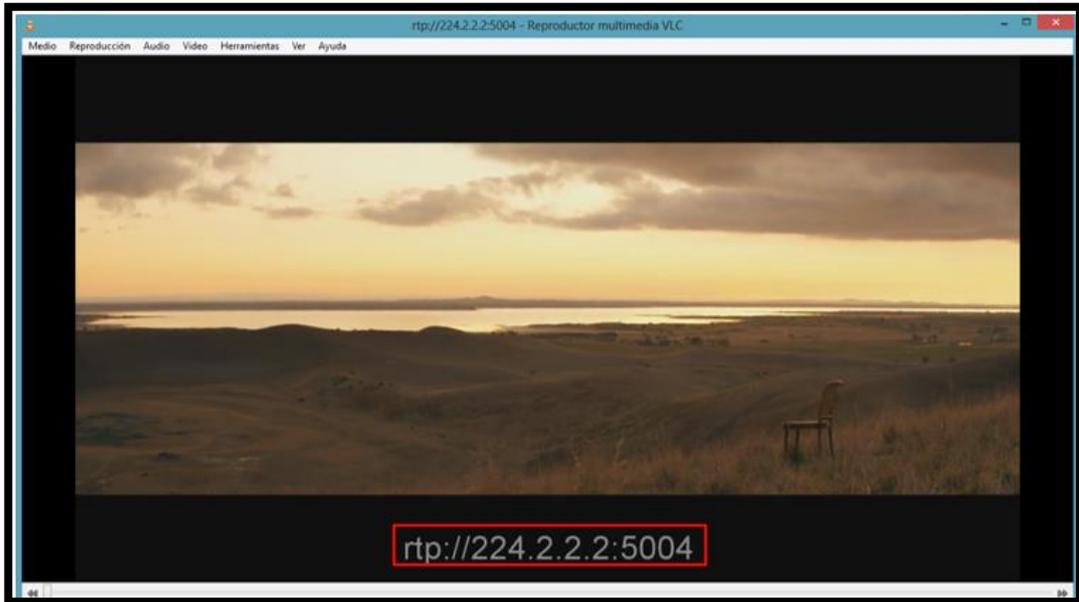


Figura 3-41. Recepción del video RTP

Fuente: Carrión M, Intriago D, 2016

CONCLUSIONES

- En el laboratorio de la Academia Local de Redes Cisco de la ESPOCH, se simuló el prototipo de red del servicio de IPTV de manera inalámbrica, demostrando su viabilidad.
- El promedio obtenido en las transmisiones con respecto a los parámetros de calidad referenciados en la norma ITU-T Y.1541, para el medio alámbrico: Retardo de 0,9 milisegundos, Jitter de 0,104 milisegundos y la pérdida de paquetes de 0,02%.
- El promedio obtenido en las transmisiones con respecto a los parámetros de calidad referenciados en la norma ITU-T Y.1541, para el medio inalámbrico: Retardo de 3,4 milisegundos, Jitter de 0,364 milisegundos y la pérdida de paquetes de 0,118%.
- Los protocolos UDP y RTP son adecuados para la transmisión del video streaming.
- El enrutamiento multicast mediante el protocolo PIM SM-DM, nos permite obtener una mejor visualización de la transmisión.
- El protocolo de red OSPF y DHCP nos permite la comunicación entre los diferentes sectores y nodos establecidos de una manera fctén.
- OSPF permite el encaminamiento más corto para llegar al usuario, evitando retardo en la transmisión.
- DHCP permite acceder de manera automática al servidor, evitando el direccionamiento estático; optimizando tiempo y recursos.

RECOMENDACIONES

- Borrar las configuraciones de los equipos a utilizar, switches capa 2 Catalytis 2960 y capa 3 Catalytis 3560.
- Desactivar los Firewalls de los dispositivos.
- Emplear el protocolo de red DHCP para la asignación automática de usuarios a la red.
- Utilizar los switches de capa 3 por la cualidad de poseer puertos Fast Ethernet.
- Para ejecutar el programa VirtualRouter Plus debe previamente estar conectado a una red.
- Colocar correctamente la numeración en los puertos para cada protocolo de tiempo real.
- Verificar que los IOS que se empleen tenga capacidad de soportar tráfico multicast.
- En la recepción de IPTV en el software VLC, su versión debe ser mayor a la del servidor.

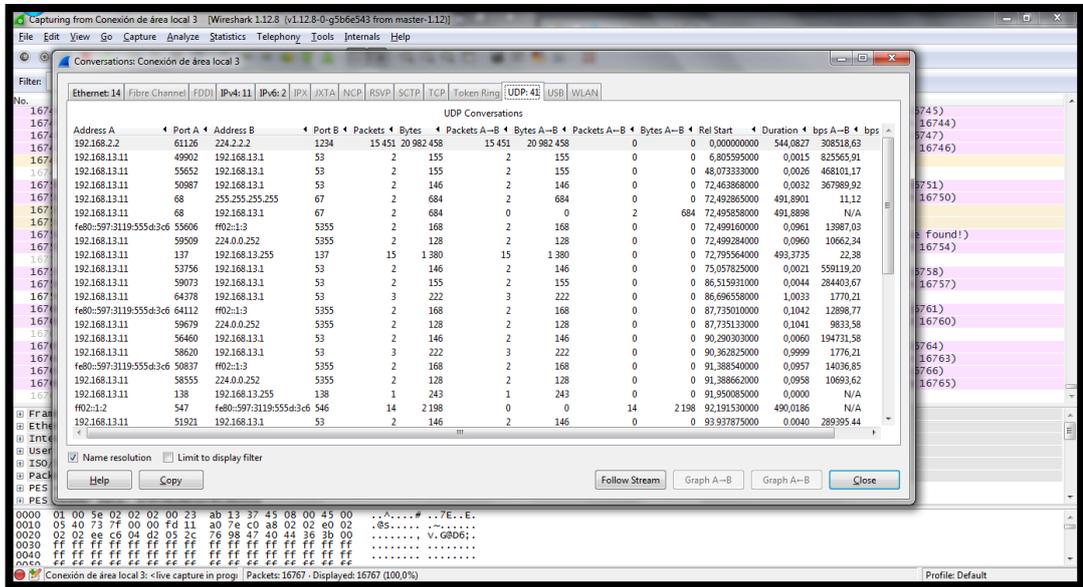
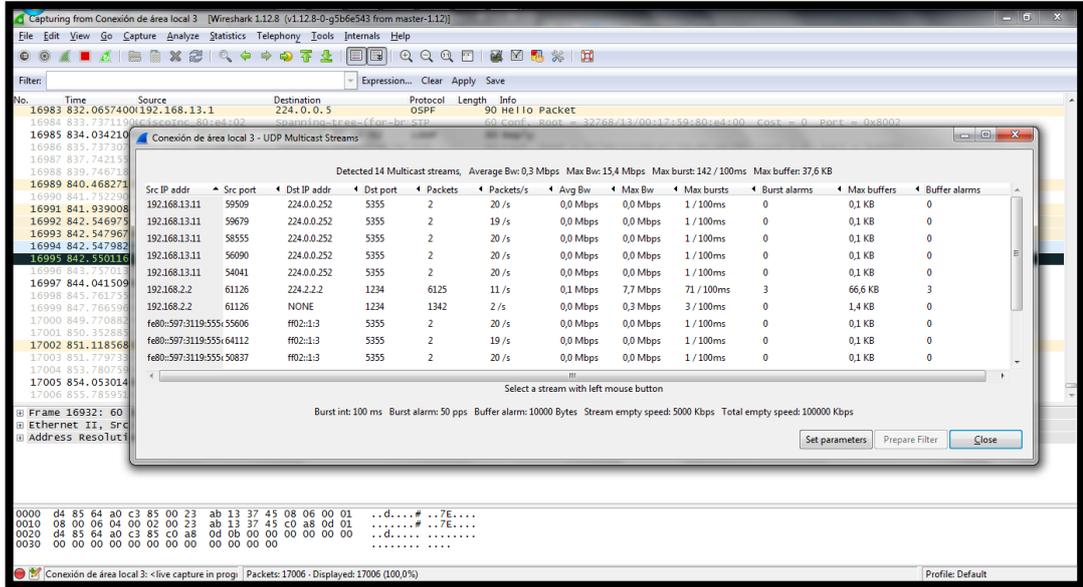
BIBLIOGRAFIA

- **ARÉVALO MEDINA, Elizabeth Fernanda, & BEJARANO CRIOLLO, Ángel Leonardo.** *Evaluación de los protocolos IGP IPv4 e IPv6 soportados por el IOS de CISCO enfocado a la prestación del servicio IPTV en la ESPOCH* (Tesis), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Informática y Electrónica, Ingeniería Electrónica, Telecomunicaciones y Redes. Riobamba, Ecuador. 2013. pp.35 – 101.
- **BARRIGA YUMIGUANO, Miguel Ángel, & VISCAÍNO GAVILÁNEZ, Juan José.** *Estudio de los protocolos de enrutamiento multicast sobre MPLS aplicado a la provisión del servicio de IPTV en la CNT Riobamba* (Tesis). [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Informática y Electrónica, Ingeniería Electrónica, Telecomunicaciones y Redes. Riobamba, Ecuador. 2013. pp. 21 – 147 [Consulta: 2016 - 05 - 21]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3236#sthash.fF6OWVc8.dpuf>
- **NAVARRO, D., et al.** “Diferencia de los protocolos MIP V4 / MIP V6 y cómo afectan las métricas de QoS en el servicio IPTV sobre IMS en una infraestructura de red móvil”. [en línea]. Colombia, Corea: 2013. [Consulta: 24 - 05 - 2016]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3705182.pdf>
- **TOVAR, R.** Manual de Streaming con VLC [en línea], 2015. pp. 6 – 16 [Consulta: 13 - 05 - 2016]. Disponible en: <http://www.usosweb.com/sites/default/files/ManualStreamingVLC.pdf>
- **GARCÍA, A., CUÉLLAR, J.** “Calidad de servicio en proveedores de servicios IPTV”, [en línea], 2012, (Cali), pp. 4 – 13. [Consulta: 17 - 09 - 2016]. Disponible en: https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwibwd_m-LvKAhUFLyYKHVtnA78QFgglMAI&url=http%3A%2F%2Frevistas.usc.edu.co%2Findex.php%2Fingenium%2Farticle%2Fdownload%2F91%2F80&usq=AFQjCNEP_tJcQG0vv1SC6gSgiwArbpwGWA&sig2=nFazvGHkFLXx0C0BS6SW2g&bvm=bv.112064104,d.eWE91-161-1-SM.pdf
- **NAVARRO, Luis.** *Enrutamiento y Protocolos de Enrutamiento* [en línea]. 2012. [Consulta: 20 - 09 - 2016]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/navarrojavier22/redes-y-conectividad-enrutamiento-y-protocolos-de-enrutamiento-ppts>

- **GOYENECHÉ, J.** *Como hacer Multicast sobre TCP/IP* [en línea]. 1998. [Consulta: 22 - 09 - 2016]. Disponible en: <http://web.dit.upm.es/~jmseyas/linux/mcast.como/Multicast-Como.html#toc7>
- **BONINI, J.** “Cumplir con las expectativas del cliente en la entrega de Video sobre IP”. *IEEE* [en línea], 2012, pp. 19 – 50. [Consulta: 27 - 09 - 2016]. Disponible en: <http://www.ieee.org.ar/downloads/bonini-qox-en-redes-de-video-sobre-ip.pdf>
- **H. Kim and S. Choi**, "A study on a QoS/QoE correlation model for QoE evaluation on IPTV service". *Advanced Communication Technology (ICACT)* [en línea], 2010, (Irlanda), pp. 30-75. [Consulta: 27 - 09 - 2016]. ISSN 1738-9445. Disponible en: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5440288&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fexpl%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5440288
- **CEVERO, Roberto.** *Probar el rendimiento de una red* [blog]. [Consulta: 27 - 09 - 2016]. Disponible en: <http://blog.calat.com/probar-el-rendimiento-de-una-red/>
- **OREBAUGH, A., & GILBERT, R.** *Wireshark and Ethereal Network Protocol Analyzer Toolkit* [en línea]. Massachusetts – Estados Unidos: Judy Eby, 2007. [Consulta: 28 - 09 - 2016]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=-AdTE9S3kigC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- **MOLINA, Juan.** *Ancho de banda, latencia y jitter* [Blog]. Barcelona: 25 de julio, 2011. [Consulta: 30 - 09 - 2016]. Disponible en: <http://laneutralidadadderred.blogspot.com/2011/07/ancho-de-banda-latencia-y-jitter.html>

ANEXOS

- WIRESHAR



Wireshark 1.12.8 - (v1.12.8-0-g3b6e543 from master-112)

Filter: **udp**

Conversations: Conexión de área local 3

Address A	Port A	Address B	Port B	Packets	Bytes	Packets A-B	Bytes A-B	Rel Start	Duration	bps A-B	bps B-A
192.168.13.11	53796	192.168.13.11	53	2	146	2	146	0	75.057823000	0.0021	559119.20
192.168.13.11	59073	192.168.13.11	53	2	155	2	155	0	86.515931000	0.0044	28403.67
192.168.13.11	64378	192.168.13.11	53	3	222	3	222	0	86.695580000	1.0033	1770.21
fe80::597:3119:555a:3c6	64112	ff02::1:3	5355	2	168	2	168	0	87.735010000	0.1042	12898.77
192.168.13.11	59679	224.0.0.252	5355	2	128	2	128	0	87.735133000	0.1041	8833.58
192.168.13.11	56400	192.168.13.11	53	2	146	2	146	0	90.290303000	0.0060	194731.58
192.168.13.11	58620	192.168.13.11	53	3	222	3	222	0	90.362825000	0.9999	1776.21
fe80::597:3119:555a:3c6	50837	ff02::1:3	5355	2	168	2	168	0	91.388540000	0.0957	14036.85
192.168.13.11	58555	224.0.0.252	5355	2	128	2	128	0	91.388662000	0.0958	10693.62
192.168.13.11	130	192.168.13.255	130	1	243	1	243	0	91.950850000	0.0000	N/A
ff02::1:2	547	fe80::597:3119:555a:3c6	546	14	2198	0	14	2198	92.191530000	490.0186	N/A
192.168.13.11	51921	192.168.13.11	53	2	146	2	146	0	93.937875000	0.0040	289395.44
192.168.13.11	52748	192.168.13.11	53	2	146	2	146	0	102.251487000	0.0047	24869.36
fe80::597:3119:555a:3c6	55771	ff02::1:3	5355	2	168	2	168	0	102.278141000	0.0981	13695.70
192.168.13.11	56900	224.0.0.252	5355	2	128	2	128	0	102.278253000	0.0981	10439.50
192.168.13.11	59263	192.168.13.11	53	2	146	2	146	0	104.827474000	0.0021	555661.27
192.168.13.11	61610	192.168.13.11	53	2	155	2	155	0	125.408803000	0.0017	740298.51
192.168.13.11	64504	192.168.13.11	53	2	155	2	155	0	166.954001000	0.0070	176462.22
192.168.13.11	49900	192.168.13.11	53	2	155	2	155	0	199.659980000	0.0014	676944.84
192.168.13.11	59193	192.168.13.11	53	2	155	2	155	0	244.453109000	0.0041	302882.27
192.168.13.11	54110	192.168.13.11	53	2	155	2	155	0	284.258072000	0.0010	1194605.01

Wireshark 1.12.8 - (v1.12.8-0-g3b6e543 from master-112)

Filter: **udp**

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
2630	72.59532300	192.168.13.11	224.0.0.252	LLMNR	64	Standard query 0xe6cc A wpad
2631	72.59973100	DTS 90546.219011111	PTS 90546.219011111	MPEG PE	1358	video-stream
2632	72.64984900	DTS 90546.252566666	PTS 90546.252566666	MPEG TS	1358	video-stream
2633	72.69972600	192.168.2.2	PTS 90546.311266666	MPEG TS	1358	video-stream
2634	72.74960800	DTS 90546.319677777	PTS 90546.358600000	MPEG TS	1358	video-stream
2635	72.79556400	192.168.13.255	92	Name query NB wpad<00>		
2636	72.79968700	DTS 90546.353233333	PTS 90546.353233333	MPEG TS	1358	Program Map Table (PMT)
2637	72.80003700	DTS 90543.530644444	PTS 90543.530644444	MPEG TS	1358	video-stream
2638	72.80049500	DTS 90543.539644444	PTS 90543.707422222	MPEG TS	1358	video-stream
2639	72.80091200	DTS 90543.640311111	PTS 90543.673866666	MPEG TS	1358	video-stream
2640	72.80136600	DTS 90543.707422222	PTS 90543.740977777	MPEG TS	1358	video-stream
2641	72.80178000	DTS 90543.808088888	PTS 90543.808088888	MPEG PE	1358	video-stream
2642	72.80222100	DTS 90543.841644444	PTS 90543.873200000	MPEG TS	1358	video-stream
2643	72.80440600	DTS 90543.975877777	PTS 90544.009433333	MPEG TS	1358	Program Association Table (PAT)
2644	72.80441000	DTS 90544.009433333	PTS 90544.177211111	MPEG TS	1358	video-stream
2645	72.80441200	DTS 90544.110100000	PTS 90544.143655555	MPEG TS	1358	Program Map Table (PMT)
2646	72.80441400	DTS 90544.177211111	PTS 90544.244322222	MPEG TS	1358	video-stream
2647	72.80441500	DTS 90544.244322222	PTS 90544.277877777	MPEG TS	1358	video-stream
2648	72.80479000	192.168.2.2	224.2.2.2	MPEG TS	1358	Source port: 61126 Destination port: 1234
2649	72.80514100	192.168.2.2	224.2.2.2	MPEG TS	1358	Source port: 61126 Destination port: 1234
2650	72.80558500	192.168.2.2	224.2.2.2	MPEG TS	1358	Source port: 61126 Destination port: 1234
2651	72.80593800	192.168.2.2	224.2.2.2	MPEG TS	1358	Source port: 61126 Destination port: 1234
2652	72.80631200	192.168.2.2	224.2.2.2	MPEG TS	1358	Source port: 61126 Destination port: 1234
2653	72.80666800	DTS 90544.311433333	PTS 90544.412100000	MPEG PE	1358	video-stream

Frame 2630: 64 bytes on wire (512 bits), 64 bytes captured (512 bits) on interface 0

Ethernet II, Src: Hewlett-Packard (08:00:0c:33:85:16), Dst: IPv4mcast_Fc (01:00:5e:00:00:fc)

Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.13.11 (192.168.13.11), Dst: 224.0.0.252 (224.0.0.252)

User Datagram Protocol, Src Port: 59509 (59509), Dst Port: 5355 (5355)

Link-Local Multicast Name Resolution (Query)

```

0000 01 00 5e 00 00 fc d4 85 64 a0 c3 85 08 00 45 00  ..A....d....E.
0010 00 32 41 98 00 01 11 c9 73 c0 a8 0d 0b e0 00  ..2A.....S.....
0020 00 fc e8 75 14 eb 00 1e 93 f8 e8 cc 00 00 01  ..U...w pad:....
0030 00 00 00 00 00 00 04 77 70 61 64 00 01 00 01  ..U...w pad:....

```

Wireshark 1.12.8 - (v1.12.8-0-g3b6e543 from master-112)

Filter: **udp.port==59509**

Src IP addr	Src port	Dst IP addr	Dst port	Packets	Packets/s	Avg Bw	Max Bw	Max bursts	Burst alarms	Max buffers	Buffer alarms
192.168.13.11	59509	224.0.0.252	5355	2	20/s	0.0 Mbps	0.0 Mbps	1/100ms	0	0.1 KB	0
192.168.13.11	59679	224.0.0.252	5355	2	19/s	0.0 Mbps	0.0 Mbps	1/100ms	0	0.1 KB	0
192.168.13.11	58555	224.0.0.252	5355	2	20/s	0.0 Mbps	0.0 Mbps	1/100ms	0	0.1 KB	0
192.168.13.11	56900	224.0.0.252	5355	2	20/s	0.0 Mbps	0.0 Mbps	1/100ms	0	0.1 KB	0
192.168.13.11	54041	224.0.0.252	5355	2	20/s	0.0 Mbps	0.0 Mbps	1/100ms	0	0.1 KB	0
192.168.13.11	50357	224.0.0.252	5355	2	20/s	0.0 Mbps	0.0 Mbps	1/100ms	0	0.1 KB	0
192.168.2.2	61126	224.2.2.2	1234	6125	11/s	0.1 Mbps	7.7 Mbps	71/100ms	3	66.6 KB	3
192.168.2.2	61126	NONE	1234	1342	2/s	0.0 Mbps	0.3 Mbps	3/100ms	0	1.4 KB	0
fe80::597:3119:555a:5606	ff02::1:3	5355	2	20/s	0.0 Mbps	0.0 Mbps	1/100ms	0	0.1 KB	0	0
fe80::597:3119:555a:64112	ff02::1:3	5355	2	19/s	0.0 Mbps	0.0 Mbps	1/100ms	0	0.1 KB	0	0

Detected 16 Multicast streams, Average Bw: 0.1 Mbps, Max Bw: 15.4 Mbps, Max burst: 142/100ms, Max buffer: 37.6 KB

Select a stream with left mouse button

Burst int: 100 ms, Burst alarm: 50 pps, Buffer alarm: 10000 Bytes, Stream empty speed: 5000 Kbps, Total empty speed: 100000 Kbps

- JPERF

The screenshot shows the iPerf 2.0 graphical user interface. On the left, a network capture window displays packet details for an Ethernet II frame with an Internet Protocol Version 4 header and an Open Shortest Path First header. The main window is titled "iPerf 2.0 - Network performance measurement graphical tool".

Configuration:

- iperf command: `bin/iperf.exe -c 224.2.2.2 -u -P 1 -l 1 -p 1234 -f k -b 1M -t 175 -T 1`
- Choose iPerf Mode: Client
- Server address: 224.2.2.2
- Port: 1.234
- Parallel Streams: 1
- Listen Port: 1.234
- Client Limit: 4
- Num Connections: 0

Application layer options:

- Enable Compatibility Mode:
- Transmit: 175
- Output Format: KBits
- Report Interval: 1 seconds
- Testing Mode: Dual Trade
- test port: 1.234
- Print MSS:

Transport layer options:

- Choose the protocol to use: TCP
- Buffer Length: 2 MBytes
- TCP Window Size: 56 KBytes
- Max Segment Size: 1 KBytes
- TCP No Delay:
- UDP Bandwidth: 1 MBytes/sec
- UDP Buffer Size: 41 KBytes
- UDP Packet Size: 32 KBytes

IP layer options:

- TTL: 1
- Type of Service: None
- Bind to Host:
- IPv6:

Bandwidth Graph:

The graph shows a constant bandwidth of 1000 KBits/sec over time. The y-axis is labeled "KBits (Kb/s)" and ranges from 0 to 1000. The x-axis is labeled "Time (sec)" and ranges from 85.0 to 112.5. A green line with markers stays at the 1000 level.

Output:

```

[156] 100.0-100.0 sec  122 KBytes  1000 Kbits/sec
[156] 100.0-107.0 sec  122 KBytes  1000 Kbits/sec
[156] 107.0-108.0 sec  122 KBytes  1000 Kbits/sec
[156] 108.0-109.0 sec  122 KBytes  1000 Kbits/sec
[156] 109.0-110.0 sec  122 KBytes  1000 Kbits/sec
[156] 110.0-111.0 sec  122 KBytes  1000 Kbits/sec
[156] 111.0-112.0 sec  122 KBytes  1000 Kbits/sec
[156] 112.0-113.0 sec  122 KBytes  1000 Kbits/sec
  
```

The screenshot shows the iPerf 2.0 graphical user interface configured for a UDP test. A network capture window in the background shows a packet from 192.168.2.2 to 192.168.13.11.

Configuration:

- iperf command: `bin/iperf.exe -c 192.168.2.2 -P 1 -l 1 -p 5001 -f k -t 175`
- Choose iPerf Mode: Client
- Server address: 192.168.2.2
- Port: 5.001
- Parallel Streams: 1
- Listen Port: 1.234
- Client Limit: 4
- Num Connections: 0

Transport layer options:

- Choose the protocol to use: TCP
- Buffer Length: 2 MBytes
- TCP Window Size: 56 KBytes
- Max Segment Size: 1 KBytes
- TCP No Delay:
- UDP Bandwidth: 1 MBytes/sec
- UDP Buffer Size: 41 KBytes
- UDP Packet Size: 32 KBytes

IP layer options:

- TTL: 1
- Type of Service: None
- Bind to Host:
- IPv6:

Bandwidth Graph:

The graph shows a constant bandwidth of 1000 KBits/sec over time. The y-axis is labeled "KBits (Kb/s)" and ranges from 0 to 1000. The x-axis is labeled "Time (sec)" and ranges from 146.0 to 175.0. A green line with markers stays at the 1000 level.

Output:

```

Client connecting to 192.168.2.2, UDP port 1234
Sending 1470 byte datagrams
UDP buffer size: 8.00 KByte (default)

[156] local 192.168.13.11 port 84765 connected with 192.168.2.2 port 1234
[156] 0.0-1.0 sec  122 KBytes  1000 Kbits/sec
[156] 1.0-2.0 sec  122 KBytes  1000 Kbits/sec
  
```