

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNIA E INDUSTRIAL

### MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

---

**TEMA:** GESTIÓN Y CALIDAD DE SERVICIO PARA UNA RED IPTV CON  
TECNOLOGÍA GPON

---

Trabajo de titulación, previo a la obtención del Grado Académico de  
Magíster en Telecomunicaciones

Modalidad de Titulación: Proyecto de Desarrollo

**Autor:** Ingeniero Luis Enrique Chico Analuisa

**Director:** Ingeniero Juan Pablo Pallo Noroña, Mg.

Ambato-Ecuador

2021

## **APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial. El Tribunal receptor de la Defensa del Trabajo de Titulación, presidido por la Ingeniera Elsa Pilar Urrutia Urrutia Magíster, e integrado por los señores Ingeniero Julio Enrique Cuji Rodríguez Magíster e Ingeniero Marco Antonio Jurado Lozada Magíster designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “GESTIÓN Y CALIDAD DE SERVICIO PARA UNA RED IPTV CON TECNOLOGÍA GPON”, elaborado y presentado por el señor Ingeniero Luis Enrique Chico Analuisa, para optar por el Grado Académico de Magíster en Telecomunicaciones; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la Universidad Técnica de Ambato.

-----

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia Mg.

**Presidente y Miembro del Tribunal de Defensa**

-----

Ing. Julio Enrique Cuji Rodríguez, Mg.

**Miembro del Tribunal de Defensa**

-----

Ing. Marco Antonio Jurado Lozada, Mg.

**Miembro del Tribunal de Defensa**

## **AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “GESTIÓN Y CALIDAD DE SERVICIO PARA UNA RED IPTV CON TECNOLOGÍA GPON”, le corresponde exclusivamente a: Ingeniero Luis Enrique Chico Analuisa, Autor bajo la Dirección del Ingeniero Juan Pablo Pallo Noroña, Mg., director del Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

-----  
Ingeniero Luis Enrique Chico Analuisa,

**AUTOR**

-----  
Ingeniero Juan Pablo Pallo Noroña, Mg

**DIRECTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad Técnica de Ambato.

-----  
Ingeniero Luis Enrique Chico Analuisa,

C.C. 1803835220

## ÍNDICE GENERAL

### CONTENIDO

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR .....	iv
ÍNDICE GENERAL .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE de ABREVIATURAS .....	xii
AGRADECIMIENTO .....	xiii
DEDICATORIA .....	xiv
RESUMEN EJECUTIVO .....	xvi
EXECUTIVE SUMMARY.....	xix
CAPÍTULO I .....	1
1.1. Introducción .....	1
1.2. Justificación .....	3
1.3. Objetivos .....	3
CAPÍTULO II .....	5
2.1. Estado del Arte.....	5
2.2. Marco Teórico.....	7
2.2.1.1 Arquitectura de las redes de nueva generación .....	9
2.2.1.2 Algoritmos de Gestión .....	10
2.2.3. Red FTTx .....	11
2.2.3.1. Arquitectura de las redes FTTx.....	11
2.2.3.2. Redes GPON .....	12
2.2.3.3. Elementos de la Red GPON.....	14
2.2.4. IPTV (Prestación de Servicios de Televisión a través de redes IP) .....	20
2.2.4.1 Arquitectura General de IPTV .....	21
2.2.4.2. Calidad de Servicio QoS y Calidad de Experiencia QoE.....	22
2.2.4.3 Parámetros de medida de QoS .....	23
2.2.4.4 Parámetros de medida de QoE en 2D y 3D.....	25

2.2.4.5 Condiciones Generales de Infraestructura y Arquitectura en IPTV .....	27
2.2.4.6 Prioridad de servicios y Teoría de Colas.....	29
2.2.4.7 Calidad de experiencia QoE.....	30
2.2.4.8 Características y Formatos de video que se transmiten en IPTV .....	31
2.2.5. Situación actual de IPTV en el Ecuador.....	32
CAPÍTULO III.....	33
3.1. Ubicación .....	33
3.2. Equipos y Materiales.....	34
3.3. Diseño Metodológico.....	34
3.4. Tipo de Investigación.....	35
CAPÍTULO IV.....	36
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	36
4.1. Antecedentes .....	36
4.1.1. Red GPON desplegada por la empresa FASTER_ISP en el cantón Ambato.....	37
4.1.1.1. Red de planta externa .....	37
4.1.1.2. Red de planta interna.....	42
4.1.2. Situación actual de Infraestructura en la red de FASTER_ISP.....	46
4.1.3. Modo de operación actual de la red de FASTER_ISP .....	47
4.2. Análisis del funcionamiento de los servicios multimedia (IPTV) en la red GPON de FASTER_ISP .....	53
4.2.1. Ventajas.....	53
4.2.2. Desventajas .....	53
4.2.3 Calidad de Servicio QoS .....	54
4.2.4 Calidad de experiencia QoE en los servicios multimedia de FASTER_ISP .....	58
4.2.5 Servicio IPTV en la red de FASTER_ISP .....	58
4.3. Implementación de sistema de gestión y calidad de servicio QoS para servicio IPTV en la red GPON de FASTER_ISP .....	59
4.3.1 Calculo del Ancho de Banda requerido para IPTV .....	59
4.3.2 Presupuesto Óptico .....	61
4.3.3. Algoritmo de Gestión y Calidad de servicio QoS para IPTV en la red GPON de FASTER_ISP .....	63
4.3.4. Diagrama de red para Gestión y Calidad de servicio QoS para IPTV en la red GPON de FASTER_ISP .....	64
4.3.5. implementación del sistema para Gestión y Calidad de servicio QoS para IPTV en la red GPON de FASTER_ISP .....	65

4.3.6. Pruebas de funcionamiento del sistema para Gestión y Calidad de servicio QoS para IPTV en la red GPON de FASTER_ISP .....	82
4.4. Análisis de resultados de red GPON FASTER_ISP y red GPON con sistema de Gestión y calidad de servicio para IPTV .....	86
4.5. Análisis Presupuestario .....	88
CAPÍTULO V .....	91
Conclusiones .....	91
Recomendaciones .....	92
REFERENCIAS.....	94
ANEXOS.....	96

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Valoración del MOS .....	31
Tabla 2.2 Formatos de Video.....	32
Tabla 3.3 Presupuesto de investigación.....	34
Tabla 4.4 Características Técnicas equipo OLT MA5608T .....	43
Tabla 4.5 Características técnicas equipo CCR1009-7G-1C+1S+1PC. ....	44
Tabla 4.6 Características técnicas equipo CCR1036-8G-2S+EM. ....	45
Tabla 4.7 Elementos red ODN.....	46
Tabla 4.8 elementos red de Planta Interna .....	47
Tabla 4.9 Direccionamiento IP red FASTER_ISP .....	49
Tabla 4.10 Presupuesto óptico .....	62
Tabla 4.11 Análisis de resultados .....	86
Tabla 4.12 Presupuesto del sistema de Gestión y calidad de servicio QoS .....	88
Tabla 4.13 Presupuesto de la red existente .....	89



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Arquitectura de las redes de nueva generación [6].....	10
Figura 2.2 Arquitectura de la red FTTx [10] .....	12
Figura 2.3 Esquema de la red GPON [10].....	13
Figura 2.4 ODN [10].....	14
Figura 2.5 Ley de Snell [10] .....	15
Figura 2.6 ODF [10] .....	16
Figura 2.7 Splitter Óptico [10].....	16
Figura 2.8 Manga de Empalme [10] .....	17
Figura 2.9 NAP [10] .....	18
Figura 2.10 tipos de conectores [10].....	18
Figura 2.11 OLT (Optical Line Terminal) [10] .....	19
Figura 2.12 ONT [10] .....	20
Figura 2.13 Servicio IPTV [6] .....	21
Figura 2.14 Dominios IPTV [6].....	22
Figura 2.15: Tiempo de Zapping de diferentes redes de acceso [3] .....	25
Figura 2.16: Errores en imágenes que afectan la QoE [7] .....	26
Figura 2.17 Topología de red en sistemas IPTV [3] .....	28
Figura 3.1 Ubicación nodo las Gardenias .....	33
Figura 4.1 Red Feeder FASTER-ISP.....	38
Figura 4.2 NAP aérea red de distribución FASTER-ISP.....	39
Figura 4.3 distrito D1 red de distribución FASTER_ISP .....	39
Figura 4.4 Instalación en cliente final.....	40
Figura 4.5 Diagrama red de Planta externa Faster_ISP .....	41
Figura 4.6 Diagrama red de planta Interna .....	42
Figura 4.7 OLT FASTER_ISP.....	43
Figura 4.8 Equipo CCR1009-7G-1C+1S+1PC.....	44
Figura 4.9 Equipo CCR1036-8G-2S+EM.....	45
Figura 4.10 Planes FASTER_ISP .....	48
Figura 4.11 Asignación de usuario y contraseña con PPP.....	50
Figura 4.11 Asignación de cliente a un Plan.....	50

Figura 4.13 Asignación IP cliente final .....	51
Figura 4.14 configuración ONT.....	51
Figura 4.15 activación cliente en OLT .....	52
Figura 4.16 activación cliente en OLT .....	52
Figura 4.17 Medición de ancho de banda.....	55
Figura 4.18 Prueba Ping usuario FASTER_ISP .....	55
Figura 4.19 Latencia en aplicativo IPTV cliente FASTER_ISP.....	56
Figura 4.20 Delay en prueba Tracert a DNS de Google .....	57
Figura 4.21 Pérdida de Paquetes con Aplicativo IPTV .....	58
Figura 4.22 Diagrama de Bloques red GPON FASTER_ISP.....	61
Figura 4.23 Algoritmo de Gestión y Calidad de servicio QoS .....	63
Figura 4.24 Diagrama de red Propuesto .....	64
Figura 4.25 Instalación última milla y prueba de potencia óptica .....	65
Figura 4.26 Creación perfil del nuevo usuario.....	66
Figura 4.27 bloque de reglas 1 .....	67
Figura 4.28 bloque de reglas 2.....	68
Figura 4.29 bloque de reglas 3.....	68
Figura 4.30 bloque de reglas 4.....	69
Figura 4.30 bloque de reglas 4.....	69
Figura 4.32 Lista negra de IPs .....	70
Figura 4.33 configuración ancho de banda efectivo en cliente final .....	71
Figura 4.34 Configuración de planes en colas simples.....	72
Figura 4.35 Configuración de árbol de colas .....	72
Figura 4.36 instalación de Virtual Box .....	75
Figura 4.37 instalación de Virtual Box .....	75
Figura 4.38 instalación de UBUNTU SERVER .....	76
Figura 4.39 Instalación de XTREAM IPTV .....	78
Figura 4.40 descarga de XTREAM IPTV.....	79
Figura 4.41 reparación de GEOLITE 2.....	79
Figura 4.42 Generación de clave .....	80
Figura 4.43 Acceso al servidor con IP privada .....	81
Figura 4.44 panel de gestión servidor IPTV XTREAM .....	81

Figura 4.45 configuración NAT.....	82
Figura 4.46 enrutamiento en equipo de distribución .....	82
Figura 4.45 Pruebas de Ancho de banda y Latencia .....	83
Figura 4.45 Pruebas de Perdida de paquetes y ping con herramienta traceroute .....	83
Figura 4.46 Monitoreo tasa de transmisión y de paquetes .....	84
Figura 4.47 Estadísticas de históricos de tráfico.....	84
Figura 4.48 Graficas de tasas de ancho de banda y paquetes .....	85
Figura 4.49 reproducción de video en 4k UHD sin Latencia y Delay .....	85

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ARCOTEL: Agencia de Control y Regulación de las Telecomunicaciones

FTTH: Fiber to the Home – Fibra hasta la casa

FTTB: Fiber to the Buliding – Fibra hasta el edificio

FTTC: Fiber to the Cabinet – Fibra hasta el armario

FTTA: Fiber to the Antenna – Fibra hasta la antena

ODN: Optical Distribution Network – Red de distribución óptica

QoS: Quality of Service – Calidad de servicio

QoE: Quality of Experience – Calidad de Experiencia

HD: High Defition – Alta Definición

NGN: New Generation Network – Redes de nueva generación

GPON: Gigabit Pasive Optical Network – Red óptica pasiva de capacidad Gigabit

IPTV: Internet Protocole TV – Televisión por protocolo de internet

WDM: Wavelength Division Multiplexing – Multiplexación por división de longitud de onda

ODF: Optical Distribution Frame – distribuidor de fibra óptica

ONT: Optical Network Terminal – Terminal de red óptico

OLT: Optical Line Terminal – Terminal de línea óptico

NAP: Network Access Point – Punto de acceso de red

MAC: Media Access Control – Control de acceso al medio

LAN: Local Area Network – Red de area local

VLAN: Virtual Local Area Network – Red de área local virtual

FTP: File Transfer Protocole – protocolo de transporte de ficheros

UDP: User Datagram Protocole – Protocolo de datagrama de usuario

IP: Internet Protocole – Protocolo de internet

PPPoE: Point to Point Protocole Over Ethernet – Protocolo punto a punto sobre Ethernet

ISP: Internet Service Provider – Proveedor del servicio de internet

VPN: Virtual Private Network – Red privada virtual

DNS: Domain Name System – Sistema de nombres de dominio

## **AGRADECIMIENTO**

*Al todo poderoso, por permitirme seguir en esta vida, y darme esa fortaleza espiritual en el cumplimiento De cada uno de mis objetivos y anhelos.*

*A toda mi familia y amigos, parte fundamental en mi desempeño diario, el complemento ideal que una persona necesita para vivir feliz y responsables de cada uno de mis logros.*

*A mi esposa y mis hijos el motor que mueve mi vida y hacen que valga la pena vencer cada uno de los retos y sacrificios que se presentan día a día*

*A mis padres, hermanos, cuñados y sobrinos que siempre están ahí brindándome su apoyo, gracias por la confianza que depositan en mí, y por las muestras de afecto que engrandecen mi existencia.*

*Al Ing. Juan Pablo Pallo, por ser un guía y consejero en el desarrollo de este proyecto investigativo, aportando con su vasta experiencia para el cumplimiento de los objetivos propuestos.*

*A la Universidad Técnica de Ambato, de manera especial a la FISEI mi hogar académico, institución que me ha permitido ser un profesional, y de la cual guardo un profundo afecto y respeto.*

*A la empresa FASTER\_ISP, por permitirme desarrollar este proyecto de investigación en sus instalaciones, siempre dispuestos a colaborar para la ejecución y culminación del mismo.*

*A mis compañeros, clientes y colegas por permitirme compartir conocimientos, tienen a este humilde servidor a su disposición.*

*Finalmente quisiera despedirme con unas palabras para un par de personas que son mi ejemplo a seguir, y que siempre han sumado en mi formación personal con sus consejos y muestras de afecto, y aunque una de ellas ya no está con nosotros mi corazón siempre estará con Uds. Gracias totales Don Mario y Doña Rosita.*

*Luis Enrique Chico Analuisa*

## **DEDICATORIA**

*A mi amada esposa Andrea Estefanía mi media mitad, mi complemento y pilar esencial en todos los aspectos que rigen mi vida, su amor incondicional, y su apoyo ha sido parte fundamental en la obtención de este logro que enaltece a nuestra familia.*

*A mis hijos Doménica Valentina y Luis Sebastián, mi mayor motivación en esta vida, la razón de mi felicidad y los artífices de cada uno de mis logros, papá los ama con toda el alma.*

*A Dios por todas las bendiciones que ha puesto en mi vida, por la salud que me brinda y permite que siga creciendo de manera profesional y humana, con su venia seguiré adelante siempre intentando hacer el bien al prójimo.*

*Luis Enrique Chico Analuisa*

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E**  
**INDUSTRIAL**  
**MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**TEMA:**

**GESTIÓN Y CALIDAD DE SERVICIO PARA UNA RED IPTV CON  
TECNOLOGÍA GPON**

**AUTOR:** Ingeniero Luis Enrique Chico Analuisa,

**DIRECTOR:** Ingeniero Juan Pablo Pallo Noroña, Mg

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

- **TECNOLOGÍAS, SEGURIDAD Y GESTIÓN DE REDES DE COMUNICACIONES.**

**FECHA:** 21 de octubre de 2021.

## RESUMEN EJECUTIVO

En la actualidad las redes de fibra óptica se han convertido en el principal medio para la distribución de contenido multimedia a nivel global, estas dotan a las redes de un gran ancho de banda para el flujo de tráfico que pasa por su infraestructura, GPON es uno de los estándares más usados para el despliegue de redes de fibra óptica, sin embargo el crecimiento desordenado y las limitadas políticas de gestión han ocasionado que los servicios que se entregan por estas redes se degraden, donde los usuarios finales reciben servicios deficientes.

La empresa FASTER\_ISP cuenta con una red GPON para el dotar de acceso a internet a sus clientes finales, la cual dispone de una infraestructura ODN y de planta interna de buenas características, sin embargo, no cuenta con un sistema de gestión y calidad de servicio QoS, ocasionando diversos problemas de carácter técnico en su operación y funcionamiento, donde existe diversos problemas para la distribución de servicios multimedia como IPTV, Videollamadas, Juegos en línea, Streaming, etc.

El objetivo de la presente investigación científica, es dotar de un sistema de gestión y calidad de servicio para IPTV y reestructurar la red GPON de FASTER\_ISP, en primera instancia se analiza el funcionamiento de este tipo de red, conceptualizando sus principales elementos y características, seguido de esto se determina el estado actual de la red, donde mediante vistas de campo y levantamiento de la información se determina toda su infraestructura, la clase de equipos que se están utilizando, su modo de operación y gestión de los usuarios finales.

Con la información obtenida se analiza y se plantea una solución que permita mejorar la administración de la red respecto a los servicios multimedia que se entrega a los usuarios finales de FASTER\_ISP, es así que mediante un algoritmo de operación se gestiona la red GPON de FASTER\_ISP con políticas de seguridad perimetral y de calidad de servicio, así como también el uso de un presupuesto óptico para la construcción de la red de última milla, y finalmente se determina que para la distribución de IPTV, es necesario la implementación de un servidor local de IPTV, sobre una línea dedicada para video que garantice la calidad de experiencia de los usuarios en la recepción de este servicio.

Para la implementación del sistema propuesto en primer lugar se verifica que las instalaciones de última milla cumplan con los requerimientos de presupuesto óptico, seguido de



configuraciones en los equipos de Core y borde, con políticas eficientes de seguridad y calidad de servicio, una vez que se termina esto, se procede a la instalación del servidor local de IPTV XTREAM, el mismo que permite distribuir el contenido de video, sobre la red local optimizando recursos y garantizando la calidad de experiencia QoE.

Finalmente se realizan las pruebas correspondientes determinando que el sistema implementado cumple con todos los objetivos propuestos en la investigación.

**Descriptor:** Calidad de servicio QoS, Redes GPON, Servidor local IPTV, Seguridad perimetral, calidad de experiencia QoE.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E**  
**INDUSTRIAL**  
**MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**THEME:**

**MANAGEMENT AND QUALITY OF SERVICE FOR AN IPTV  
NETWORK WITH GPON TECHNOLOGY**

**AUTHOR:** Ingeniero Luis Enrique Chico Analuisa,

**DIRECTED BY:** Ingeniero Juan Pablo Pallo Noroña, Mg

**LINE OF RESEARCH:**

- TECHNOLOGIES, SECURITY AND MANAGEMENT OF COMMUNICATIONS NETWORKS.

**DATE:** October 21, 2021.

## EXECUTIVE SUMMARY

At present, fiber optic networks have become the main means for the distribution of multimedia content at a global level, they provide networks with a large bandwidth for the flow of traffic that passes through their infrastructure, GPON is one of the most widely used standards for the deployment of fiber optic networks, however disorderly growth and limited management policies have caused the services provided by these networks to degrade, where end users receive deficient services.

The company FASTER\_ISP has a GPON network to provide Internet access to its end customers, which has an ODN infrastructure and an internal plant with good characteristics, however, it does not have a management system and QoS service quality, causing various technical problems in its operation and functioning, where there are various problems for the distribution of multimedia services such as IPTV, Video calls, Online games, Streaming, etc.

The objective of this scientific research is to provide a management system and quality of service for IPTV and restructure the GPON network of FASTER\_ISP, in the first instance the operation of this type of network is analyzed, conceptualizing its main elements and characteristics, followed From this, the current state of the network is determined, where by means of field views and information gathering, its entire infrastructure is determined, the class of equipment that is being used, its mode of operation and end-user management.

With the information obtained, a solution is analyzed and proposed that allows to improve the administration of the network with respect to the multimedia services that are delivered to the end users of FASTER\_ISP, so that by means of an operation algorithm the GPON network of FASTER\_ISP is managed with perimeter security and quality of service policies, as well as the use of an optical budget for the construction of the last mile network, and finally it is determined that for the distribution of IPTV, it is necessary to implement a local IPTV server, on a dedicated line for video that guarantees the quality of experience of the users in the reception of this service.

For the implementation of the proposed system, it is first verified that the last mile facilities meet the optical budget requirements, followed by configurations in the Core and edge equipment, with efficient security and quality of service policies, once This ends, we proceed

to the installation of the local IPTV XTREAM server, the same one that allows the distribution of video content, over the local network, optimizing resources and guaranteeing the quality of the QoE experience.

Finally, the corresponding tests are carried out, determining that the implemented system meets all the objectives proposed in the investigation.

**Descriptors:** QoS service quality, GPON networks, IPTV local server, Perimeter security, QoE quality of experience.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Introducción**

En la actualidad las redes de Fibra óptica se encuentran con mayor frecuencia en las principales ciudades del mundo producto del acelerado crecimiento social y tecnológico que representa un nuevo reto para todos los involucrados en el sector de las telecomunicaciones, ya que esto exige una gestión óptima y ordenada de cada uno de los recursos que brindan estas redes.

En este contexto, los usuarios son cada vez más exigentes en cuanto a los requerimientos del servicio multimedia tales como los datos y video (IPTV), debido a que la dinámica diaria (trabajo, educación, ocio, entre otros) demanda un mayor uso de este tipo de servicios por la cantidad de contenidos que se comparten en este formato; por lo cual los operadores tienen la necesidad de migrar todos sus servicios a redes que permitan el despliegue de grandes cantidades de información.

En los últimos años el acceso a internet en Ecuador ha experimentado un crecimiento exponencial de usuarios, debido a la demanda de este servicio para el acceso a actividades cotidianas como teletrabajo, clases virtuales, servicios en línea, plataformas financieras, entre otras, las cuales han aumentado a consecuencia de la pandemia mundial por el covid-19, es así que en el año 2018 el número de clientes por acceso fijo se incrementó de aproximadamente 1'800.000 a los 2'250.000 en 2020, el cantón Ambato cuenta con una población metropolitana de 490.000 habitantes aproximadamente donde el acceso a servicios de internet es similar a la realidad nacional, según datos estadísticos del INEC en el Ecuador solo el 45,5% de los hogares tiene acceso a internet, con lo cual se tiene un aproximado de 220.000 usuarios en la ciudad de Ambato, lo que ha conllevado que las empresas proveedoras de internet incrementen sus redes de última milla para mejorar la calidad del servicio y el nivel de satisfacción de los usuarios finales. [26]

Actualmente, los sistemas de gestión de Calidad de servicio QoS para redes HD e IPTV están siendo estudiados y analizados en virtud de posibilitar la entrega de este tipo de servicios,

garantizando las prestaciones necesarias de calidad de experiencia QoE a los usuarios. En este sentido, es importante mencionar algunos parámetros que permiten satisfacer las necesidades mencionadas tales como el Jitter, la pérdida de paquetes y el ancho de banda de manera fundamental. [1]

Para obtener un mejor rendimiento en la transferencia de datos el valor del Jitter debe ser menor a 20 milisegundos, en tanto que para pérdida de paquetes el valor aceptable es de alrededor del 1% del total de paquetes transmitidos, para el ancho de banda se debe calcular en relación al tipo de tráfico a transmitir. [1]

En este orden de ideas, existen tres aspectos fundamentales que hacen posible cumplir con las exigencias actuales de este tipo de servicio como la gestión, la reconfiguración y el ancho de banda efectivo, que permiten garantizar la calidad del mismo. Si bien las redes GPON cumplen con los parámetros de ancho de banda y calidad de servicio evidenciados a partir de algoritmos no satisfactorios para asignar canales, actualmente se cuentan con tres parámetros MSE, PSNR y SSIM que permiten mejorar dicha calidad. [2]

Por tanto, el presente estudio de trabajo se origina debido a la alta demanda que tienen los servicios de IPTV en la actualidad y la falta de sistemas de gestión para garantizar un servicio de calidad, en este sentido, la empresa donde se desarrolló la investigación ha planteado un problema para la gestión del servicio IPTV, para lo cual se plantean dos etapas, la primera de investigación de los parámetros más importantes de calidad de servicio QoS; la segunda, desarrollar un algoritmo de gestión y calidad de servicio, para reconfigurar los equipos de Core y realizar pruebas en clientes de forma aleatoria, con lo que es factible la realización de la investigación propuesta ya que se cuenta con los recursos tanto tecnológicos, académicos y económicos para el correcto desarrollo del mismo.

En el año 2018 el acceso de usuarios a IPTV fue de 243 millones, se estima que para el año 2023 sean 295 millones de usuarios, este incremento está relacionado al acceso de un mayor número de personas a aplicaciones en internet, en el Ecuador el servicio de IPTV se encuentra en desarrollo, según el boletín número 4 de la ARCOTEL de 2015 entidad que rige las telecomunicaciones en el país, menciona que esta tecnología se encuentra en proceso de regularización donde se trabaja en temas de derechos de propiedad intelectual con las empresas propietarias del contenido, sin embargo los usuarios finales acceden al servicio mediante plataformas no autorizadas, la empresa FASTER\_ISP estima que un 30% de sus suscriptores

ha accedido a este tipo de contenido, por lo cual es necesario adecuar la infraestructura para brindar este tipo de servicio. [26]

## **1.2. Justificación**

Actualmente, el despliegue de servicios como IPTV comprende un reto importante para las redes de nueva generación, es por esto que se propone soluciones tecnológicas a diversos problemas que se derivan de gestiones ineficientes en las redes GPON, lo que genera la necesidad de establecer políticas de red que mejoren la gestión de las mismas. En este orden de ideas, los sistemas deben actualizarse para cumplir con las normativas NGN y sus características enmarcadas en la flexibilidad, la eficiencia, seguridad, calidad del servicio QoS, entre otras, brindando las prestaciones necesarias para que las aplicaciones multimedia lleguen a los usuarios finales de forma eficiente.

En este contexto, el presente estudio parte de la realidad observada donde el incremento de la demanda y las necesidades de los usuarios, han generado nuevas necesidades que exigen a las redes seguir el ritmo tecnológico y brindar transmisiones más rápidas y seguras, nuevas arquitecturas que permitan optimizar el costo de mantenimiento, actualización, y consumo de energía eléctrica, con redes escalables y amigables con el medio ambiente.

En relación con la televisión IPTV, es uno de los dispositivos más usados en la actualidad, de ahí que la gestión y asignación de recursos para esta red sea uno de los aspectos más importantes, debido a la sobrecarga de contenido y la asignación de recursos residuos en la red que representan uno de los principales retos para esta tecnología. De esta manera, con esta investigación se atiende a la necesidad de evaluar el comportamiento de la red y generar políticas de calidad de servicio QoS, determinar cuáles son los valores críticos y gestionarlos a través de la infraestructura GPON, considerando prioritaria la inserción de aplicaciones inteligentes y video en formatos de alta definición, utilizando los recursos de la red de fibra óptica, la cual está siendo subutilizada.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

Gestionar una red IPTV con tecnología GPON, optimizando los recursos de la red mediante políticas de calidad de servicio (QoS).

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Analizar el funcionamiento de una red GPON con tecnología IPTV.
- Establecer los parámetros de calidad de servicio (QoS) que permitan un óptimo funcionamiento de la red.
- Diseñar una red IPTV con tecnología GPON.
- Determinar los algoritmos y políticas de red necesarias que garantice el correcto desempeño de la red IPTV con tecnología GPON.



## CAPÍTULO II

### ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

#### 2.1. Estado del Arte

La empresa FASTER\_ISP empezó sus estudios técnicos y comerciales para redes GPON en el año 2018, donde se define el despliegue de redes de fibra óptica para cubrir la demanda de la población, en el sector sur de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, donde se define la distribución de internet a usuarios finales, por medio de equipos de alta capacidad de red, que permitan a la empresa posicionarse como referentes en el despliegue y entrega de servicios de tecnología, el nodo “Las Gardenias” es el primero que desarrolla la empresa para la entrega del servicio de internet.

Existen varios estudios relacionados al proyecto de investigación que se desarrolla, en el año 2018 en Colombia Juan Cuellar y otros en su investigación “QoE/QoS Mapping Models to measure Quality of Experience to IPTV Service” tratan sobre modelos de mapeo para medir la calidad de servicio (QoS/QoE) que se presentan al momento de brindar el servicio de televisión IP (IPTV). debido al crecimiento acelerado que ha tenido el servicio IPTV por internet, ha obligado a los proveedores a implementar esquemas que determinen la interacción que tienen los usuarios con esta aplicación, por lo cual se propone 3 métodos, objetivo, subjetivo e indirecto. El diseño del experimento involucro los parámetros de calidad de servicio (retardo, variación del retardo y pérdida de paquetes), donde los parámetros de calidad de servicio se variaron en un entorno de emulación de red con la transmisión del video en tiempo real. [4]

De la misma manera en el año 2016 en España Alejandro Canovas en su trabajo investigativo “Diseño y desarrollo de un Sistema de Gestión Inteligente de QoE para Redes HD y Estereoscópicas IPTV, detalla un sistema de gestión inteligente de QoE para redes HD e IPTV, donde la entrega de este tipo de servicios es posible, pero no con las prestaciones necesarias de calidad, por lo cual el principal objetivo de los proveedores IPTV es garantizar la calidad de experiencia QoE que percibe el usuario final. En términos de red se menciona esto como calidad de servicio QoS y los parámetros que afectan son el Jitter, el retardo, la pérdida de paquetes y el ancho de banda de manera principal. Debido a la mejora de las infraestructuras

de red permite un mejor acceso a internet, la medida de QoE toma gran importancia en el mundo científico y empresarial, finalmente se menciona que a partir de los resultados obtenidos se crearon vectores de características por cada prueba realizada con valores correspondientes a parámetros de QoS, QoE y formatos de codificación. [3]

Así también el año 2017 en Republica Checa Jan Latal y otros en su artículo científico “Deployment and Measurement of Quality of Service Parameters for Triple Play Services in Optical Access Networks”, mencionan los medidores de parámetros y calidad de servicio QoS en redes de acceso ópticas para implementar el servicio Triple Play, donde se menciona a las redes ópticas de banda ancha como solución para distribuir nuevos servicios multimedia entre estos IPTV. Se menciona 3 aspectos importantes la gestión, la reconfiguración y el ancho de banda efectivo disponible para la transmisión de datos, donde es necesario garantizar la calidad de servicio QoS, si bien las redes GPON cumplen con los parámetros de ancho de banda y calidad de servicio, no se tiene algoritmos satisfactorios para asignar canales. Para evaluar la calidad de servicio se hace referencia a 3 parámetros MSE, PSNR y SSIM, además se simuló una red GPON utilizando una OLT, splitters de distribución y equipos terminales ONU, se concluye que las redes ópticas muestran las características adecuadas para la implementación de servicios que incluyen IPTV. [5]

Existen varios estudios como el de Hassane Khabizza y otros que en su artículo científico “A Novel Approach to Reduce to Unicast Bandwidth of an IPTV System in a High-Speed Access Network” en Marruecos en el año 2017, Tratan sobre métricas para mejorar la calidad de experiencia QoE para sistemas cuyo servicio multimedia este basado en protocolo IP, como lo es la televisión IPTV, este consiste en implementar un servidor FCC (Fast Channel Change Sever) en la red troncal IP, donde se usa un decodificador STB antes de enviar la señal multicast después de cada cambio de canal. Sin embargo, este tipo de control genera un alto uso de ancho de banda debido al tráfico de unidifusión, como ya se mencionó al usar el STB, el tráfico no pasara por la red IP sino más bien por la red de acceso, lo cual genera que no se sature los equipos de Core, Esto significa que si ya hay un STB uniéndose a un canal y este canal es solicitado por otro STB, que está conectado al mismo Nodo de acceso, este STB puede entregar el tráfico de unidifusión de la FCC a su vecino en lugar del servidor central de la FCC (FCCC). [9]

Para el despliegue e implementación de redes GPON existen varios trabajos investigativos, es así que en Colombia Raúl Martelo en el año 2017 en su investigación “Methodological guide for teaching the implementation of a GPON network”, proporciona una guía metodológica para el diseño de la arquitectura GPON, para la transmisión de datos multimedia como voz IP, Televisión IP e internet de alta velocidad. En la misma se menciona como se debe realizar la conexiones y configuraciones de todos los elementos pasivos como OLT, ONT, además de la red de planta externa incluyendo ODFs, Mangas de empalmes, Cajas de distribución aérea (NAPs) y de proveedores de servicios de equipos, para dar lugar a una red de última generación que permite obtener mayor robustez y calidad de servicio (QoS). Donde se concluye que la guía tiene características para ser utilizada como en implementaciones de red a gran escala. [8]

Las investigaciones que se han tomado como referencia y han sido analizadas, presentan una sinergia con los objetivos de la investigación propuesta, por lo que serán de gran utilidad en la extracción de criterios, conceptos y servirán de guía, en la obtención de resultados provenientes de la red GPON desplegada por FASTER\_ISP, que permitan proponer y desarrollar un sistema que mejore la gestión con los usuarios finales en relación al contenido multimedia que pasa por la red.

Los trabajos investigativos están desarrollados en torno a la relación entre QoS y QoE de los usuarios finales, los parámetros que determinan el óptimo funcionamiento de las redes GPON para la distribución de los servicios multimedia como IPTV, como aplicar las políticas de seguridad y calidad de servicio, el despliegue de redes de última milla, el tipo de divisores ópticos a instalar, que ancho de banda es el necesario para la entrega del servicio IPTV, toda esta información es relevante para el alcance de los objetivos del trabajo investigativo propuesto.

## **2.2. Marco Teórico**

### **2.2.1 Introducción**

El incremento de la demanda y el uso de ancho de banda, así como las mejoras en la tecnología en los últimos años han incrementado la calidad de los servicios en línea como IPTV, de manera que ha crecido la demanda de usuarios para este tipo de servicios. En este contexto, por recomendaciones del IPTV de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), el servicio IPTV debe ser distribuido a los usuarios finales de las redes GPON garantizando la calidad de servicio, seguridad, interactividad y fiabilidad.

Por esto, se requiere implementar algoritmos de gestión que permitan solucionar problemas de retardo, paquetes perdidos, ancho de banda, Jitter, entre otros en virtud de garantizar la calidad de experiencia de los usuarios finales; no obstante, uno de los principales inconvenientes que presenta esta tecnológica son los cuellos de botella, debido a las múltiples solicitudes que un canal tenga en un periodo de tiempo determinado. Para mejorar esta situación se han realizado múltiples propuestas como la combinación de Constant Bitrate (CBR) y Variable Bitrate (VBR) así como un grupo de imágenes (GOP) que permita conseguir un flujo de tramas más eficientes. [3]

En este contexto, un sistema IPTV debe cumplir ciertos parámetros para garantizar la calidad de experiencia en base a los resultados de múltiples estudios realizados a las cabeceras de los protocolos TCP, RTP, UDP, IP, etc. obteniendo información importante de la transmisión; además, recopila técnicas de entrega de video, métricas, métodos de medición y modelos predictivos todo esto en relación con la QoE. [3]

Para evaluar la calidad de experiencia diversos trabajos refieren los métodos subjetivo, objetivo e indirecto; el primero, hace referencia al uso de encuestas en un ambiente controlado; el segundo, trabaja con algoritmos para medir la calidad de video (aunque ya se encuentran implementados requieren un alto procesamiento y utilizan pocas variables para un análisis posterior); por último, se encuentran los modelos indirectos que utilizan procesos matemáticos para evaluar la calidad de experiencia asociada al video, donde se presenta una comparación entre la cantidad de parámetros de calidad de servicio utilizados, determinando que el retardo, la variación del retardo y la pérdida de paquetes se han evaluado para determinar el comportamiento de las señales de video.[4]

Otro término referenciado en varias investigaciones relacionadas con el presente tema de estudio es el Tryple Play donde se combinan servicios de telefonía, Internet y televisión IP. Este tipo de infraestructuras proporcionan altas tasas de transferencia, redes reconfigurables donde se determina que el ancho de banda efectivo y la gestión son determinantes para garantizar la calidad de servicio QoS. No obstante, existen numerosos factores que afectan los servicios multimedia causando un deterioro gradual en la calidad de los servicios individuales de audio y video, los cuales requieren grandes recursos de la red, condiciones que facilitan el retardo y pérdida de paquetes, por lo que hacen referencia a 3 parámetros de calidad de servicio:

MSE (Mean Square Error), PSNR (Peak Signal to Noise Ratio), SSIM (Structural Similitary Index). [5]

### **2.2.1.1 Arquitectura de las redes de nueva generación**

Las redes de nueva generación son redes capaces de proveer servicios integrados, donde se explota al máximo el ancho de banda asignado, mediante arquitecturas que prioricen la calidad de servicio, para la arquitectura de estas redes se tiene múltiples redes de transporte, redes de acceso convergentes hacia las instalaciones, y redes cableadas en este ítem haciendo énfasis en las redes por fibra óptica debido a sus altas prestaciones. [6]

Los servicios integrados comúnmente llamados Triple Play son servicios integradores de voz, datos de alta velocidad y televisión, que exigen arquitecturas de nueva generación (Next Generation Networking) para su buen uso que ha sido parte de la evolución que han tenido las redes que funcionan a partir de los datos multimedia que viajan a través de las redes encapsulados en paquetes con el Internet Protocol (IP). En este particular, en la NGN el transporte debe ser completamente independiente al tipo de infraestructura de red utilizada, porque considera la calidad de servicio QoS para proporcionar servicios multimedia de calidad integrando IP multimedia Subsystem (IMS), simplificando la interfaz entre las aplicaciones de IPTV y otros servicios IP en servicios como la conexión de alta velocidad y VoIP. [6]

La arquitectura de red que se plantea es adaptable a las redes de nueva generación NGN, porque contempla características como escalabilidad, QoS, soporte de tráfico TCP, debido a que la tendencia a futuro son los flujos de video y aplicaciones multimedia bajo demanda, juegos en línea realidad virtual, etc. En la actualidad existen algunos sistemas de gestión de IPTV, cuyas arquitecturas se han desarrollado para transportar video y reducir los tiempos de envío de manera eficiente como CISCO IPTV, que resultan más seguros en la transmisión de contenido multimedia mediante el uso de control a través de QoS que controla la conexión en relación con el ancho de banda disponible y genera algoritmos que priorizan el tráfico IPTV. [11]

En la figura 2.1 se muestra el conjunto de elementos funcionales que conforman el plano de control del modelo de referencia para redes NGN, donde se observa la red de transporte y los servicios que corren por encima de esta red.

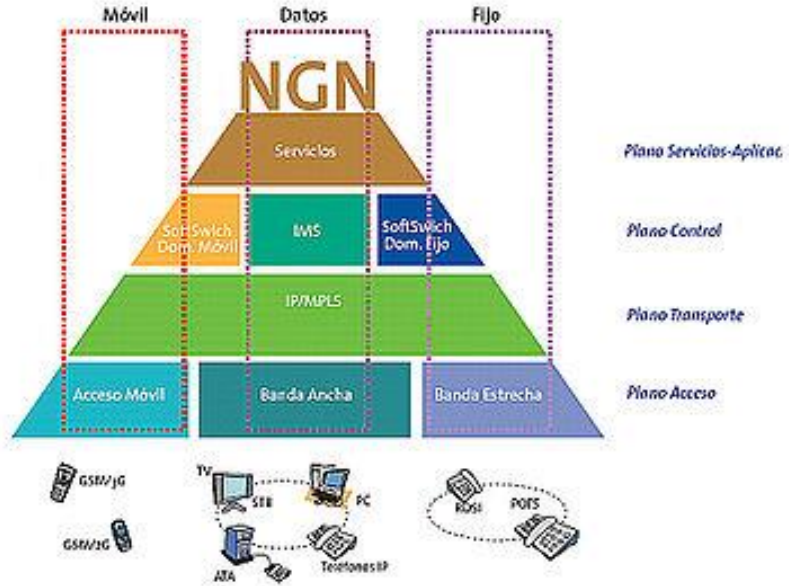


Figura 2.1 Arquitectura de las redes de nueva generación [6]

### 2.2.1.2 Algoritmos de Gestión

Un algoritmo de gestión es un conjunto ordenado y finito de operaciones que nos permite solucionar un problema, en redes GPON este concepto está aplicado mediante el conjunto de normas de construcción para el despliegue de las redes de fibra óptica y reglas establecidas en los equipos que distribuyen el servicio a los usuarios finales. [5]

El uso de un sistema de gestión para los usuarios finales en redes GPON, es fundamental para optimizar los recursos de la red por la capacidad que tienen de soportar mecanismos avanzados de control para garantizar la QoS y, por ende, mejorar la experiencia de los usuarios finales de IPTV. Para ello, se presentan varios trabajos anteriores donde se analiza a detalle transmisiones de video 3D /ST usando algoritmos de control de canales de IPTV móviles, donde analizan la interoperabilidad para acceso por radio enlaces o microondas con control de acceso. Los objetivos de los estudios revisados se orientan a la mejora de la calidad de experiencia QoE a través de la reducción de tiempos de Zapping mejoran la calidad de video; para ello, se utiliza la adaptación del estándar IEEE 802.11, que permite trabajar en la capa MAC que proporciona una adaptación automática del contenido multimedia proponiendo un sistema programado de paquetes para priorizar el servicio IPTV sobre el resto de tráfico de la red.[5]

Los servicios diferenciados en redes de paquetes inalámbricos presentan otro tipo de solución, donde se usan enfoques distribuidos para la diferenciación de servicios multimedia, monitoreo y control de ancho de banda, por lo que desarrollaron un algoritmo de control, donde se adapta la entrega del servicio en función de parámetros de calidad de servicio como: paquetes perdidos, Jitter, retardo, ancho de banda, uso del servidor multimedia, etc.[5] Es importante destacar que las referencias consultadas mantienen una estructura donde se evidencia una relación importante en la infraestructura y los algoritmos de gestión, lo cual invita a elegir entre ellos la mejor alternativa de solución.

### **2.2.3. Red FTTx**

La red FTTx es un término genérico utilizado para describir el conjunto de tecnologías de telecomunicaciones de acceso de banda ancha sobre fibra óptica y sus sistemas de distribución.

#### **2.2.3.1. Arquitectura de las redes FTTx**

Las redes FTTx se clasifican según su arquitectura, éstas vienen dadas de acuerdo al despliegue de la red de fibra óptica y sus terminaciones, entre las más importantes se tiene las siguientes:

- **FTTH (Fiber To The Home).** – FTTH es un tipo de arquitectura que se caracteriza por tener una instalación de fibra óptica desde el proveedor hasta los domicilios donde se ubican los equipos terminales.
- **FTTB (Fiber To The Building).** – FTTB es un tipo de arquitectura donde su acometida principal de fibra óptica llega a un edificio, su principal característica es que el tramo de última milla es decir entre el edificio y el usuario final no se incluye.
- **FTTN (Fiber To The Node).** – FTTN es un tipo de arquitectura donde se dispone de una red Troncal de fibra óptica, la cual llega hasta un nodo principal, después de esto será distribuida por medio de una red secundaria de cobre o inalámbrica hacia los usuarios.
- **FTTC (Fiber To The Cabinet).** – FTTC es un tipo de arquitectura muy similar a la FTTN, con la diferencia de que la acometida principal de fibra óptica llega hasta un armario o gabinete, el mismo que se encuentra en las aceras, desde donde se distribuye por medio de una red de distribución de fibra óptica hacia los usuarios.

- **FTTA (Fiber To The Antenna).** – FTTA es un tipo de arquitectura de nueva generación, su conexión es de alto rendimiento y prestaciones, que interconecta una estación con la antena, con lo cual se mejora el acceso a redes móviles.[10]

En la figura 2.2 se muestra una ilustración de los diferentes tipos de arquitectura para redes FTTx.

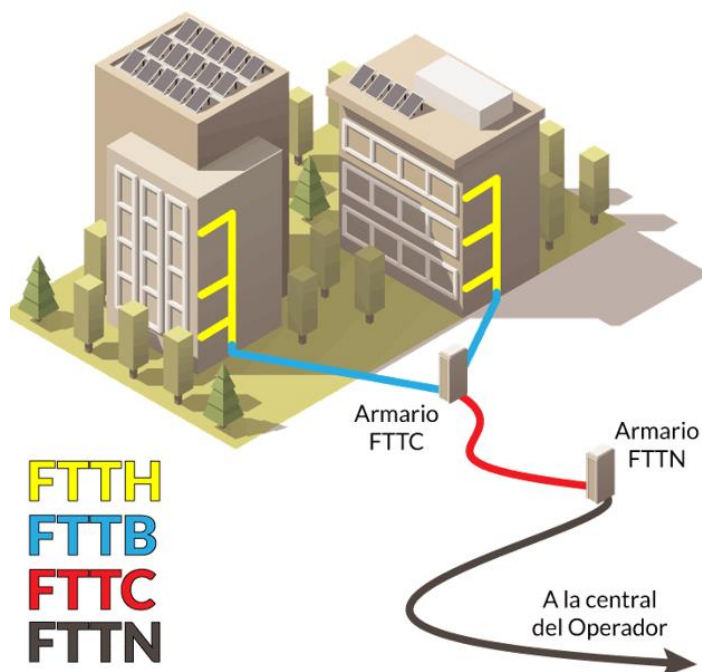


Figura 2.2 Arquitectura de la red FTTx [10]

### 2.2.3.2. Redes GPON

La red óptica pasiva con capacidad de gigabit (GPON) es una tecnología que utiliza como medio físico la fibra óptica para interconectar al suscriptor con el proveedor, para proveer servicios de telecomunicaciones, está basado en los estándares ITU-T G.984.1 al ITU-T G.984.7.

En las redes FTTH se propone la utilización de una red de fibra óptica desde el proveedor hasta el abonado, con la finalidad de mejorar el tema de costos se propone una red de topología sencilla y que mantenga pocos componentes en la misma, para esto se usa las redes PON o GPON, que básicamente son redes con elementos ópticos pasivos, es decir que no requieren ser energizados.[10]



Entre las principales características de este tipo de redes se tiene el uso de elementos pasivos, los cuales requieren muy poco mantenimiento lo que abarata los costos finales de instalación, las redes GPON manejan un ancho de banda de 2.5Gbps para enlace descendente y 1.25Gbps en el ascendente, esta capacidad permite proporcionar servicios tales como TRIPLE PLAY a los clientes finales.

Utiliza multiplexación WDM, lo que permite gestionar por un mismo canal el tráfico generado en la red, por medio de diferentes longitudes de onda, para servicios tales como el video (1550nm) y voz (1310nm).[10]

Entre sus principales desventajas se tiene el uso de divisores de potencia o splitters, los cuales dividen la señal y la potencia óptica degradando la eficiencia de la red, son vulnerables a ataques debido a que su señal viaja por un mismo canal, son muy propensas a las averías debido a la fragilidad de la fibra óptica y sus elementos, aunque las redes ópticas son escalables están limitadas por un número máximo de usuarios, generalmente un puerto PON se conecta a 64 usuarios finales, pero en la actualidad existen equipos que soportan hasta 256 usuarios por puertos PON, en la figura 2.3 se muestra un esquema de cómo funcionan las redes GPON, donde se puede observar un número reducido de fibras desde la central, operando en topologías punto – multipunto, integrando múltiples servicios de telecomunicaciones.[10]

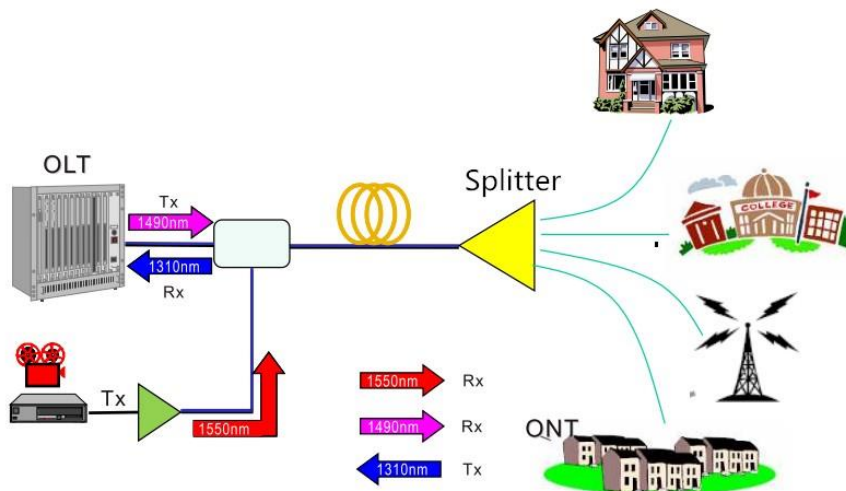


Figura 2.3 Esquema de la red GPON [10]

### 2.2.3.3. Elementos de la Red GPON

Una red GPON está compuesta de diferentes elementos tanto pasivos como activos, el conjunto de elementos pasivos recibe el nombre de ODN, mientras que en la parte de los elementos activos tenemos la OLT y ONT, entre los más importantes se tiene:

- **ODN (Optic Distribution Network).** - La ODN es el conjunto de elementos pasivos que interconectan la OLT con la ONT, está constituido por fibra óptica (Red Feeder, Red de Distribución, y Red de última milla), ODFs, Splitters, mangas de empalme, NAPs, Conectores, etc. En la figura 2.4 se muestra la ODN y sus componentes. [10]

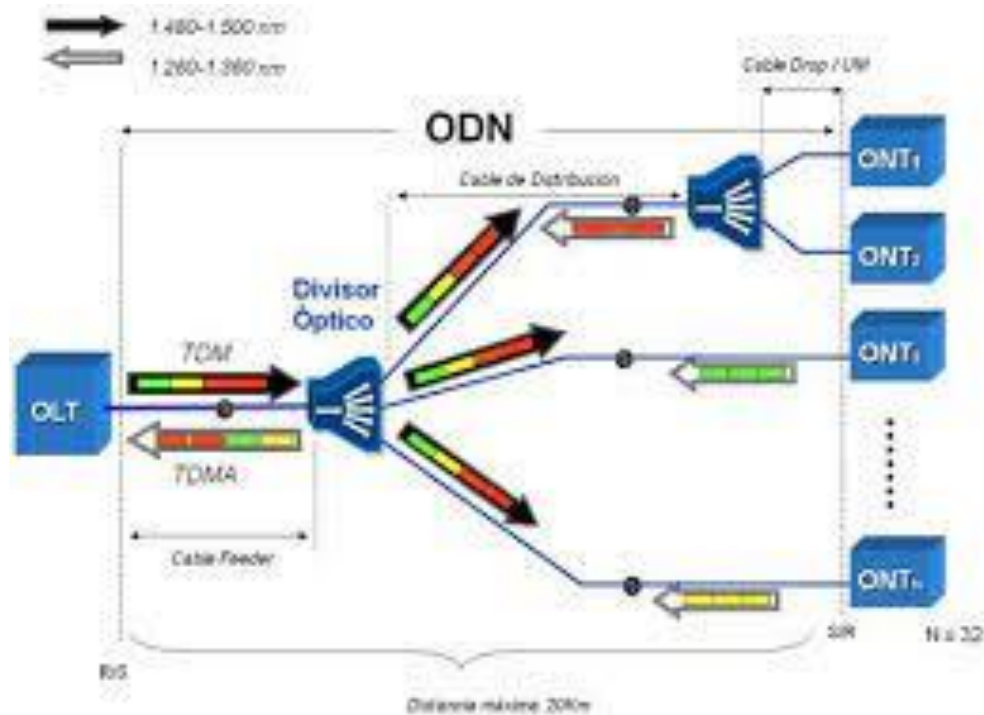


Figura 2.4 ODN [10]

- **Fibra Óptica.** – la fibra óptica es una guía de onda en forma de hilo de material transparente diseñada para transmitir información usando señales ópticas a grandes distancias, es el medio de transmisión de datos más utilizado en la actualidad, está compuesto de un hilo de vidrio o plástico de un diámetro aproximado al de un cabello el mismo que es capaz de transmitir luz entre dos puntos, consta de un núcleo por donde se propagan los pulsos de luz, y un revestimiento el cual protege las fibras y

garantiza la comunicación, sus características permiten altas tasas de transmisión a grandes distancias, es así que grandes cables submarinos atraviesan continentes que interconectan las redes en el mundo.[10]

La propagación de la información está dada por los índices de refracción del material de revestimiento de la fibra óptica, el cual es ligeramente menor al índice de refracción del núcleo, esta característica hace que se dé un fenómeno de reflexión interna total, que permite a la fibra óptica actuar como una guía de onda, este fenómeno está detallado de mejor manera en la ley de Snell como se muestra en la figura 2.5. [10]

## LEY DE SNELL

- Refracción de la Luz

$$\begin{aligned}n_1 \sin \theta_1 &= n_2 \sin \theta_2 \\ \theta_2 < 90^\circ &\rightarrow \sin \theta_2 < 1 \\ n_1 \sin \theta_1 &< n_2 \\ \sin \theta_1 &< \frac{n_2}{n_1}\end{aligned}$$

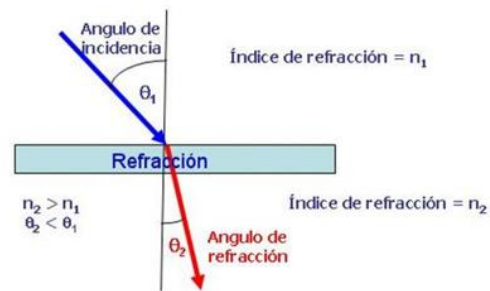


Figura 2.5 Ley de Snell [10]

- **ODF (Optic Distribution Frame).** – El ODF es un distribuidor de fibra óptica el mismo se utiliza para interconectar cables en las instalaciones de comunicación, por lo general integran empalmes, pigtailes, y conectores, que están predispuestos para la interconexión con equipos activos y pasivos, en la figura 2.6 se muestra un ODF. [10]



Figura 2.6 ODF [10]

- **Splitter (Divisor Óptico).** - El divisor óptico o splitter, es un dispositivo pasivo que se encarga de distribuir la energía óptica de manera equitativa, el mismo puede contener varias entradas y salidas, los más comunes y utilizados en las redes GPON son 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, donde la potencia óptica está en relación con el número de salidas que contiene el splitter, por sus características lo hace ideal para la instalación en este tipo de redes. Existen de dos tipos FBT (Fused Biconical Taper) y PLC (Planar Lightwave Components), los FBT se forman enrollando fibras entre sí hasta fundirse y se comprimen en un extremo, mientras que los PLC son fabricados mediante líneas de silicio litográficas sobre un sustrato metálico de silicón, en la figura 2.7 se muestra un splitter o divisor óptico. [10]

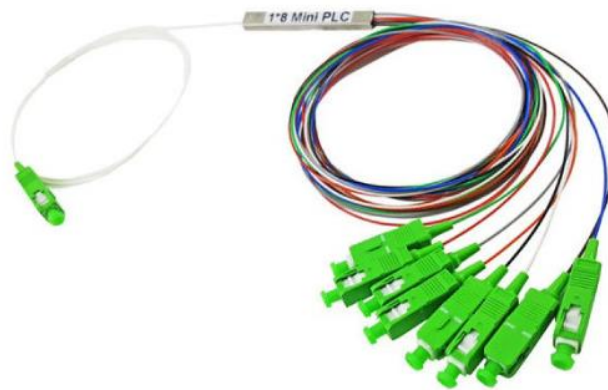


Figura 2.7 Splitter Óptico [10]

- **Mangas de Empalme.** - La manga de empalme es un elemento pasivo, esta aloja los manguitos que unen las diferentes fibras ópticas que componen la ODN, son de materiales muy resistentes para proteger los empalmes en su interior, tiene varias caseteras donde se peinan los cables, existen de varios tipos como lineales y tipo domo, algunas tienen características especiales para alojar splitters, suelen ser puntos de unión entre la red Feeder y red de distribución, en la figura 2.8 se muestra una manga de empalme. [10]



Figura 2.8 Manga de Empalme [10]

- **NAP (Network Access Point).** - La Nap es un elemento pasivo de la red óptica ODN, sirve para distribuir el servicio de bajada a los clientes finales, interconecta la red de distribución con la red de última milla, en este dispositivo se suelen colocar los splitters de segundo nivel de la red GPON, generalmente se colocan en postes, cámaras subterráneas, o murales, en la figura 2.9 se muestra una caja de distribución óptica NAP. [10]



Figura 2.9 NAP [10]

- **Conectores.** – Los conectores de fibra óptica son terminaciones de los elementos de la red pasiva, estos permiten la conexión y desconexión de manera inmediata, lo que facilita el mantenimiento e instalación, presentan pérdidas en el orden de los 0.5dB, existen de varios tipos y entre los más importantes se tiene los: SC (suscriptor conector), LC (lucent conector), FC (ferrule conector), ST (straight tip), en la figura 2.10 se muestran los diferentes tipos de conectores. [10]

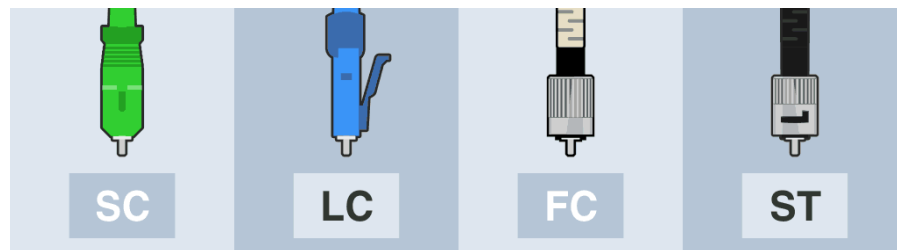


Figura 2.10 tipos de conectores [10]

- **OLT (Optical Line Terminal).** - La OLT es un equipo activo que integra la función de interruptor en la red GPON, opera en las capas L2/L3 del modelo OSI, es el elemento más importante de la instalación, generalmente se ubica en un nodo o central, desde donde se interconecta tanto la red ODN, como a los carriers que permiten la salida hacia internet, mediante esta se autentica y se gestiona las ONTs por medio de las MAC de cada equipo, transformando las señales eléctricas a ópticas, envía tramas Ethernet desde los puertos PON, esto de acuerdo a un conjunto de reglas que están

configuradas y preestablecidas, donde se encapsula las tramas en paquetes de datos del puerto GEM que realizan la transmisión descendente.

La OLT permite brindar servicios integrados como datos, Voz, video, IPTV, CATV, telefonía, tiene la capacidad para atender a cientos de usuarios, generalmente se tiene una distribución de 64 clientes por puerto PON, en la figura 2.11 se muestra una OLT. [10]



Figura 2.11 OLT (Optical Line Terminal) [10]

- **ONT (Optical Network Terminal).** - La ONT es un dispositivo activo de la red GPON, se ubica al final de la línea de fibra óptica en los usuarios finales, y se encarga de recibir y analizar la información enviada desde la OLT, en este dispositivo las señales pasan de ser ópticas a eléctricas, tienen integradas un router con los cual el cliente se conecta de forma alámbrica e inalámbrica, además se encarga de transmitir la información del cliente hasta la OLT, para posteriormente ser procesado en los equipos de Core.

Existen dos tipos de ONT, SFU (Single Family Unit) son dispositivos que integran las funciones de un router, se las instala de forma externa e interna en cada usuario, y las MDU (Multi Dwelling Unit) es un dispositivo activo que sirve para dar servicio a un número pequeño de suscriptores y es parte de la ODN, su operación y mantenimiento está a cargo del proveedor de internet, en la figura 2.12 se muestra una ONT. [10]



Figura 2.12 ONT [10]

#### **2.2.4. IPTV (Prestación de Servicios de Televisión a través de redes IP)**

IPTV es un sistema de distribución por suscripción de señales de televisión de pago, usando conexiones de banda ancha sobre el protocolo IP, asignando un ancho de banda dedicado para garantizar la máxima calidad posible en las transmisiones.

A través de los años, la televisión ha cambiado no sólo en su contenido sino también en su forma, su tecnología, sus estructuras, entre otros, pues ha evolucionado en virtud de los avances tecnológicos y las nuevas necesidades de los usuarios. En este sentido, uno de los factores que generó mayor cambio en la TV fue el surgimiento de la televisión digital que aprovechó los beneficios de la transmisión de señal digital y la compresión digital que permitieron a los proveedores de servicios de televisión transmitir una variedad de canales con alta calidad dentro de un ancho de banda limitado.



En este contexto, la Televisión en línea o IPTV, ofrece sus servicios a través de plataformas en línea donde los suscriptores tienen la posibilidad de elegir el proveedor de servicios de internet que más prestaciones entregue a sus usuarios finales para la distribución de este contenido, pues parte de la dinámica tecnológica actual permite al usuario acceder a este tipo de servicios sólo con una navegación por el sitio web de la IPTV de acuerdo con el proveedor de su preferencia Figura 2.13 [6]

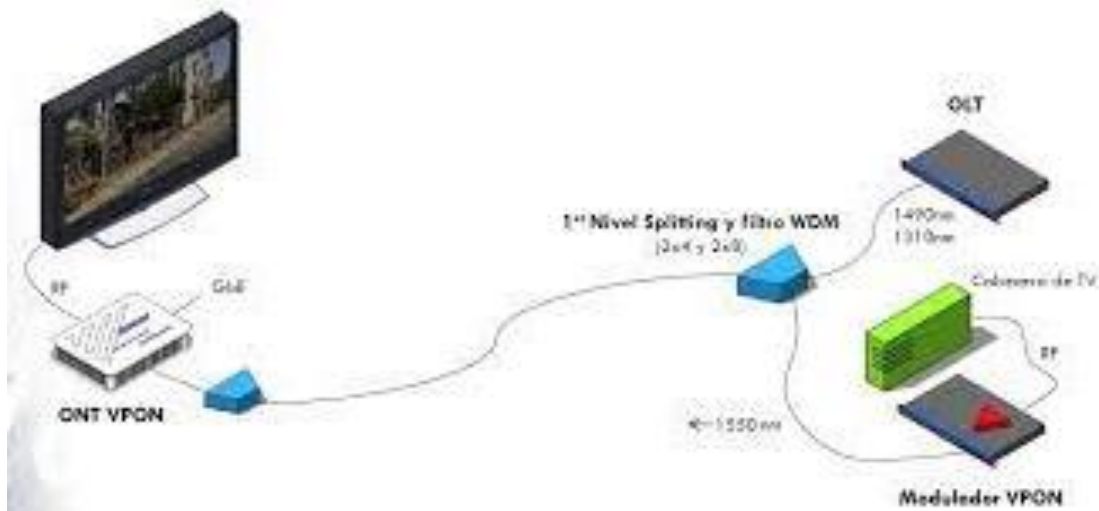


Figura 2.13 Servicio IPTV [6]

#### 2.2.4.1 Arquitectura General de IPTV

La arquitectura de IPTV, comprende una serie de dominios que tienen diferentes funciones como se muestra en la Figura 2.14, estos van desde el dominio del proveedor de contenido, el cual recopila información de diferentes recursos o produce el mismo con la finalidad de realizar una codificación de medios determinada, con la finalidad de redistribuir los productos multimedia a través de la gestión adecuada de derechos y Mecanismos de protección; hasta el dominio del proveedor de servicios el cual compra contenido de diferentes proveedores de contenido, los empaqueta como servicios y luego distribuye esos servicios a los usuarios finales a través de la red de entrega. [6]

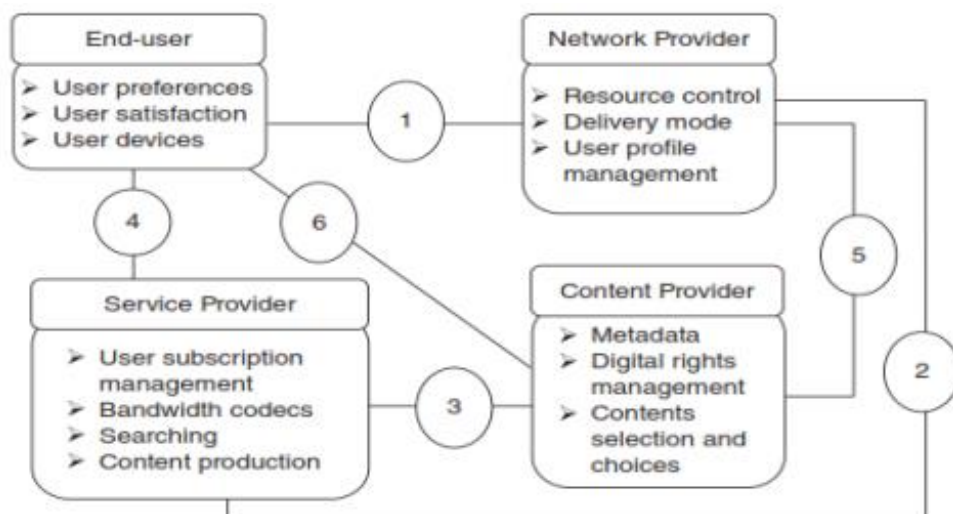


Figura 2.14 Dominios IPTV [6]

#### 2.2.4.2. Calidad de Servicio QoS y Calidad de Experiencia QoE

La calidad de servicio QoS hace referencia a un conjunto de requisitos que se deben cumplir para garantizar las transmisiones en las redes de datos, estos requisitos están dados en función de parámetros como: jitter, paquetes perdidos y retardo, en términos generales. Para esto, se han especificado varias herramientas tecnológicas que permiten un desarrollo similar en las redes de computadoras al igual que en las redes telefónicas, esto permite un mejor desempeño en los dos casos.

La QoS en las redes telefónicas, (según el documento ITU-T/E.800 2008) está basado en el tiempo de respuesta del servicio, las pérdidas, la relación señal a ruido, diafonía, atenuación, interrupciones y respuesta en frecuencia; mientras que, en las redes de computadoras la QoS hace referencia a frecuencia de bits, retardo, fluctuación, jitter, pérdida de paquetes y tasa de errores de bits requeridos para garantizar la calidad de servicio especialmente si la red no tiene capacidad suficiente. Es preciso hacer énfasis en aplicaciones en tiempo real con gran flujo de tráfico multimedia como VOIP, juegos en línea, IPTV, telemedicina, términos generales requieren una tasa alta de bits y son sensibles a retardos. La importancia del concepto de calidad de servicio QoS en las actuales NGN es primordial ya que el ancho de banda en la actualidad es un recurso limitado. [3]

En este orden de ideas, diferentes aspectos inciden en la QoE que experimenta el usuario de un servicio multimedia como IPTV, entre los más importantes están: eficacia, eficiencia, disponibilidad, fiabilidad, etc.

Estos aspectos varían según la necesidad o requerimiento que tenga el usuario al momento de interactuar con servicios multimedia, es decir, va a tener diferentes necesidades en razón a la actividad que esté realizando ya que, hay diferencia entre la reproducción de un video, un audio, acceso a telemedicina, o a una conferencia en línea. Según la (ITU-T/P.800 1996) la calidad de experiencia QoE está garantizada cuando se cumplen varios aspectos como el proceso de inicio de sesión, la operatividad del servicio una vez que se establece el inicio y finalización de la sesión, en donde se evalúan parámetros como la seguridad, confiabilidad, fidelidad o el grado de respuesta de las diferentes aplicaciones.

A continuación, se mencionan los efectos que pueden experimentar los usuarios en relación con una mala calidad de experiencia, en relación con el tráfico multimedia según la (ETSI/TR/102 643 2010): [3]

- Voz: desconexión de las llamadas, interrupción, incompreensión, efectos de entrecortado.
- Video: imágenes ralentizadas, audio asincrónico, mala calidad, movimientos erráticos.
- Datos: tiempos altos de respuesta, descargas y subidas de archivos sin respuesta, ventanas sin abrir.

En términos generales la experiencia QoE y QoS, si bien son conceptos que resultan fundamentales en el despliegue de las NGN, suelen confundirse por su terminología parecida haciendo necesario aclarar sus diferencias que surgen de las perspectivas desde que son analizadas. De esta manera, la calidad de experiencia QoE determinada por el medio del usuario final y las necesidades que satisface al mismo; y, la calidad de experiencia QoS que requiere la red en función del conjunto de tecnologías que administran la congestión durante el funcionamiento de las aplicaciones de la red. [3]

#### **2.2.4.3 Parámetros de medida de QoS**

Parámetros de calidad de servicio QoS son aquellos que miden el rendimiento promedio de una red de telecomunicaciones, de acuerdo a la garantía en la disponibilidad de las aplicaciones.

De acuerdo con la recomendación ITU-T/E.800 2008, el retardo, jitter, la pérdida de paquetes, el ancho de banda estimado, la tasa de Frames y el tiempo de Zapping son parámetros de QoS principales para IPTV. En el primer caso, el retardo se entiende como el tiempo medio de ida que dura la transmisión de un paquete que es enviado por la red desde el punto A (emisor) al punto B (receptor) y viceversa; por su parte, el Jitter, se reconoce como la variación en el tiempo de retardo de los paquetes que llegan a su destino enviados en intervalos regulares de emisor a receptor debido a latencia de la red el intervalo entre los paquetes pueden variar en el destino.

Por su parte, la pérdida de paquetes se trata de la relación entre aquellos paquetes perdidos y el número total de paquetes enviados debido a imperfecciones en la transmisión cuyo valor aceptable es del 1%, congestión, retraso excesivo y otros, lo que influyen directamente en la calidad de experiencia QoE y en el rendimiento de la transmisión, en cuanto al ancho de banda estimado, se trata de aquel que está disponible para la transmisión el valor aceptable para este parámetro es de 2 Mbps para canales de baja definición; la tasa de Frames son los fotogramas por segundo que se producen en la transmisión y dependen del formato del video como se detalla más adelante, el tiempo de Zapping hace referencia al tiempo que requiere un abonado para cambiar de canal y recibirlo en un nuevo canal.

Es importante entender, que existen otros parámetros que pueden comprometer la calidad del audio y video en una transmisión IPTV, sin embargo, los nombrados pueden ser medidos en dos capas de una red TCP/IP, como son la de transporte y la de aplicación, los cuales permiten estimar la QoS y de forma indirecta la QoE. De esta manera, existe evidencia científica recogida en diferentes estudios que indican umbrales de diferentes parámetros de QoS, para un video estándar SDTV para entornos cableados entre un 0.5 %-1.5 % de paquetes perdidos los cuales son valores aceptables; además, se recomienda una pérdida de máximo 5 paquetes IP consecutivos cada 30 minutos y 4 horas para transmisiones HDTV.

Asimismo, los valores de retardo varían entre 0 y 300 ms siendo cero (0) bueno y malo cuando es superior a 300. En cuanto al Jitter entre 0 y 50 ms siendo cero (0) bueno y malo si supera los 50 ms. A este respecto la Figura 2.15 se muestra el análisis del tiempo de Zapping respecto a diferentes redes de acceso, donde se observa que en IEEE 802.11u se da el zapping más alto mientras que en xDSL el más bajo. [3]

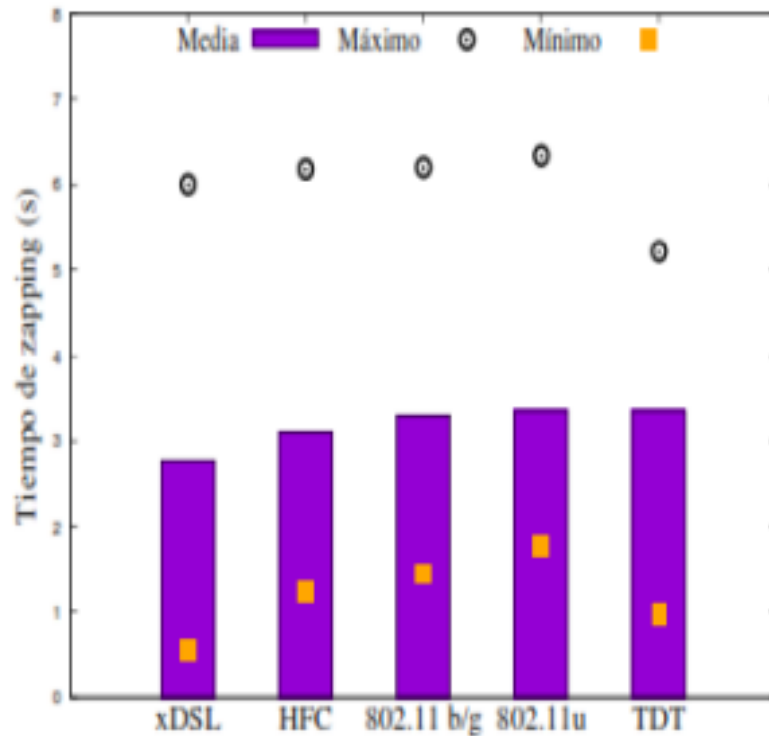


Figura 2.15: Tiempo de Zapping de diferentes redes de acceso [3]

#### 2.2.4.4 Parámetros de medida de QoE en 2D y 3D

Los parámetros de medida de QoE son aquellos que permiten optimizar los recursos de la red de acuerdo a la percepción de los usuarios finales, existen varios métodos de evaluación subjetivos, objetivos, numéricos, híbridos, entre otros, que son idóneos para evaluar la calidad de experiencia QoE en 2D; en este particular, el método subjetivo se trata del estándar (ETSI/TR/102 643 2010) el cual menciona la disponibilidad de contenidos, la facilidad, la indexación de contenidos disponibles, el interfaz de usuarios, la paleta de colores, la ergonomía, el diseño de la navegación y la guía de programas. En este sentido, existen métricas dentro de los métodos subjetivos que evalúan la percepción de los usuarios sobre la calidad del contenido multimedia que son pixelado, estela, ruido-borroso, corrimiento del color, pixels negros, sombras, pérdida de contraste, pérdida de imágenes, columnas y error de prominencia como se detalla en la figura 2.16, donde es preciso entender que existen otros factores que influyen en la QoE que se clasifican en rendimiento tecnológico, usabilidad, expectativas, etc. [7]



Figura 2.16: Errores en imágenes que afectan la QoE [7]

Tanto los parámetros y las métricas utilizadas en 2D, resultan suficientes para analizar la calidad del video en 3D ya que, para este tipo de video es necesario considerar otras sensaciones que experimenta el usuario para este tipo de servicio multimedia, como son: la nitidez, fatiga ocular, percepción de la profundidad, diafonía, entre otros, pues existen factores incidentes que afectan la QoE en video 3D, las cuales pueden ser estereoscópicas y auto estereoscópicas que derivan una serie de problemas entre los que destacan la pérdida de resolución, la zona de visualización, las distorsiones y las gafas.[3]

#### **2.2.4.5 Condiciones Generales de Infraestructura y Arquitectura en IPTV**

Las condiciones de la infraestructura y arquitectura para IPTV desarrolladas en la actualidad, permiten el auge y expansión de la televisión a través del protocolo IP, que se enfrentan al reto de garantizar la QoS y QoE, por lo cual se define que el proveedor del servicio IPTV debe tener una red IP cuyas condiciones permitan un funcionamiento adecuado para evitar interrupciones en el servicio, zapping, pérdida de paquetes, etc., pues exige una infraestructura adecuada para la correcta distribución del servicio. [3]

En este orden de ideas, la red IPTV se define como el conjunto de redes de banda ancha, que permitan distribuir video de forma óptima, en la Figura 2.5 se muestra un diagrama de la topología de red para sistemas IPTV, donde se identifican todas las secciones que comprenden estos sistemas donde consta la cabecera de red, una red troncal, una red de distribución, una red de acceso y una red al cliente. El flujo de datos multimedia es empaquetado y enviado en contenedores en formato MPEG para el transporte; además, utiliza el protocolo RTP el cual soporta el flujo de video en tiempo real, orientado a conexión y se encarga del control y sincronización del audio - video donde el servidor mantiene sesión asociada a un identificador, usando protocolos TCP y UDP para datos de control del reproductor, de audio - video; en este tipo de sistemas un cliente puede establecer varias sesiones con el servidor.[3]

La arquitectura de red está conformada por: la cabecera de red, red troncal, red de distribución, red de acceso y red del cliente las cuales deben considerarse en todas las etapas de la IPTV para garantizar la QoS y QoE. En primer lugar, la cabecera de red contiene los servidores y controladores de video los cuales son los encargados de distribuir el contenido IPTV hacia la red principal. En este particular, el controlador de video se encarga de gestionar la distribución garantizando la QoE del usuario final; además, se encarga de brindar los accesos y permisos a los usuarios por lo que se trata de una de las principales secciones del sistema.

En segundo lugar, la red troncal es la encargada de recibir el flujo de datos desde la cabecera de red para transportarle hacia la red de distribución, donde interconecta los proveedores de servicio con las aplicaciones de IPTV. Esta red, generalmente, es de alta capacidad con tecnologías como Giga Ethernet, SDH/SONET, GPON, 5G, xWDM, donde sus topologías son anillos de fibra óptica punto a punto; este tipo de infraestructuras deben ser escalables y generalmente tienen un router de alta capacidad que se encarga de la conmutación y enrutamiento de los paquetes desde la cabecera de red hasta la red de distribución.

Otra parte importante de esta arquitectura es la red de distribución encargada de interconectar la red troncal con la red de acceso mediante un router de agregación; posteriormente, la red de distribución ejecuta tareas de transmisión de forma eficiente, mientras el router de agregación proporciona multiservicio y enrutamiento, así como estabilidad a dicha red. Además, adapta el sistema de transporte a las características específicas del bucle de abonado, su principal función es distribuir el contenido múltiple de los diferentes proveedores de servicios.

Por su parte, la red de acceso conecta el proveedor de servicios con los contenidos multimedia, su función principal es proporcionar un gran ancho de banda que soporte múltiples canales de IPTV, Telefonía y Datos, este contenido es transportado por la red de acceso hacia el usuario final, donde se gestionan las peticiones de los usuarios finales por medio de canales de retorno, en la actualidad las tecnologías de acceso más usadas son XDSL y FTTH, para acceso fijo.

Finalmente, la red del cliente que permite el intercambio de información entre los equipos terminales y el proveedor de servicios, además, del acceso a los recursos disponibles de la red IPTV, esta puede ser cableada o inalámbrica, en la figura 2.17 se muestra la topología de red para los sistemas IPTV, de acuerdo a las condiciones generales de infraestructura y arquitectura de este tipo de redes. [3]

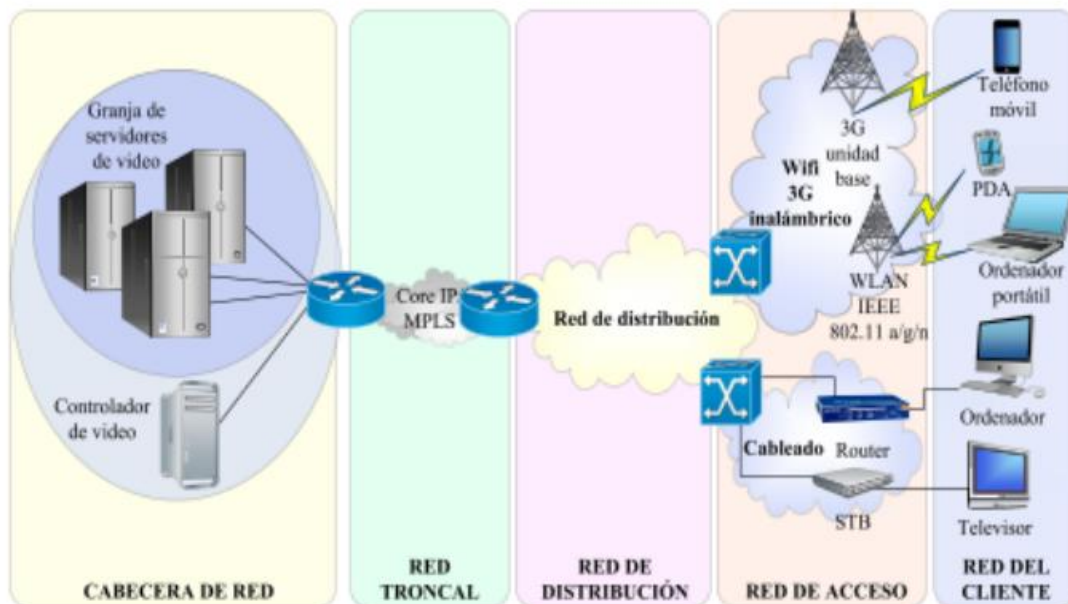


Figura 2.17 Topología de red en sistemas IPTV [3]



#### **2.2.4.6 Prioridad de servicios y Teoría de Colas**

La prioridad de servicios y teoría de colas tratan el estudio de las líneas de espera que se producen cuando llegan clientes demandando un servicio, de acuerdo a políticas preestablecidas que permiten distribuir de forma ordenada una determinada cantidad de servicios.

Uno de los principales inconvenientes en las redes de datos es la congestión en los servicios multimedia usados actualmente de forma masiva, lo cual ha generado un consumo elevado de ancho de banda producto del tráfico que genera. Si bien las redes IPTV se están desplegando con políticas de las NGN, éstas no están exentas a congestiones, por lo que es necesaria la gestión y el control para evitarlas, a medida que aumenta el tráfico en la red los servicios tienden a degradarse, por lo que es necesario implementar en los routers sistemas basados en algoritmos que contribuyan a la mitigación del tráfico excedente de paquetes.

Por su parte, el controlador de video tiene la capacidad de realizar cambios en la red como: la variación del flujo de tráfico, la itinerancia, el cambio a una línea de copia de seguridad, cambio de copia de seguridad o Router, seleccionar otras rutas de enrutamiento. En este caso, cuando se hace referencia al cambio de flujo de tráfico, se trata de la modificación del ancho de banda en el sistema que se utiliza en las redes VLAN configuradas para el servicio IPTV, cambiando la prioridad de tráfico o las colas configuradas.

Mientras que, la itinerancia es un concepto en telecomunicaciones que permite a un dispositivo conectarse a una red que no sea la principal, cuando la red principal por donde se despliega los servicios no cuenta con los recursos de ancho de banda suficientes. En cuanto al cambio a una línea de copia de seguridad, se trata de la disposición de dispositivos de copia de seguridad o más de un servicio contratado de los ISP con la finalidad de tener mayor ancho de banda o un back up en caso de que alguno de los servicios esté fuera.

Otro cambio importante se da en el controlador de video, ya que tiene la capacidad de realizar una copia de seguridad al router, esto se presenta cuando existe más de un equipo conmutador o ruteador en la red, con la finalidad de proporcionar tolerancia a fallos, o a su vez para proporcionar un mayor ancho de banda para periodos necesarios.

Finalmente, se puede seleccionar otro enrutamiento a causa de problemas de calidad de servicio como Jitter, retardos u otros parámetros de tiempo que no se incluyen en los algoritmos de

gestión y que seleccionan la ruta más óptima para el flujo del contenido, por lo cual los ruteadores pueden seleccionar la vía que tenga mejores valores en los parámetros de calidad de servicio, una de las principales soluciones es la división de los clientes en grupos de acuerdo al ancho de banda que manejan y al tipo de contenido. [3]

En calidad de servicio QoS routing se manejan dos modelos que son: servicios integrados (Intserv) y servicios diferenciados (Diffserv).

- **Servicios Integrados (Intserv).** – Intserv es un modelo que hace referencia a la reserva de recursos a lo largo de los nodos por donde fluye el tráfico de datos, esto genera saturación debido a la entrega de recursos, para gestión y almacenamiento de las diferentes conexiones, opera bajo el protocolo RSVP el mismo que divide el flujo de datos.
- **Servicios Diferenciados (Diffserv).** – Diffserv es un modelo que se caracteriza por clasificar paquetes en clases de servicio, proporciona a la red escalabilidad con altas prestaciones para la red y el crecimiento del tráfico, puede estar formado por varias redes, con nodos externos e internos, donde el administrador gestiona los recursos de acuerdo a las necesidades, prioridades y características del servicio, esto mediante un acuerdo un SLA (Service Level Agreement), este modelo opera bajo 3 prioridades, que son: Expedited Forwarding (EF) este garantiza la entrega oportuna de ancho de banda con reenvíos acelerados de alta prioridad; Assured Forward (AF) garantiza el ancho de banda y los servicios de reenvío como video; Best Effort (BE) el mejor esfuerzo asegura la tasa de transmisión retraso y fiabilidad, utilizando modos de trabajo sencillos para la transmisión como FIFO. [3]

#### **2.2.4.7 Calidad de experiencia QoE**

La calidad de experiencia QoE se puede definir como un conjunto de características que están relacionadas a las sensaciones, percepciones y opiniones que tienen los usuarios al interactuar con las redes que están a su alrededor, estas características son muy variadas y pueden ir desde satisfactorias hasta frustrantes.

La QoE viene dado por el nivel de percepción que tiene el usuario en relación a los servicios que está contratando, en la calidad de servicio QoS se mencionan varios parámetros, los cuales son percibidos por los usuarios finales, y que influyen directamente en la valoración a la calidad

con la que recibe los servicios, la calidad de experiencia es un término más subjetivo, debido a que depende de la opinión de los usuarios finales, es decir es un parámetro no cuantificable, pero que influye en el manejo de las políticas de mejora que adoptan los proveedores del servicio de internet. [13]

Una forma de medición de este parámetro es la medida puntuación media de opinión MOS (Mean Opinion Score) por sus siglas en inglés, la cual utiliza una escala de medida que inicialmente se usaban para servicios de Voz, pero como se había mencionado los servicios se han diversificado por lo que son usados en IPTV, Videoconferencia, Telemedicina, Clases en línea, servicios de streaming, etc. A continuación, en la tabla 2.1 se describe la escala de valoración MOS, los valores que adoptan y la descripción de cada uno de ellos. [13]

Tabla 2.1 Valoración del MOS

MOS	CALIDAD
1	MALO
2	POBRE
3	JUSTO
4	BUENO
5	EXCELENTE

Fuente: Elaborado por el investigador en base a [13]

#### **2.2.4.8 Características y Formatos de video que se transmiten en IPTV**

Formato de video es la tecnología de grabación, procesamiento, almacenamiento, transmisión de imagen y reconstrucción por medios electrónicos digitales o analógicos de una secuencia de imágenes que representan escenas en movimiento, este contenedor digital puede llegar a incluir archivos de video, texto, audio e imágenes, donde están dispuestos por códecs que es el conjunto de normas de cómo se comporta el algoritmo de compresión.

IPTV es la entrega de video seleccionado por medio de redes IP, el video es transmitido mediante una serie de cuadros o imágenes, en términos generales se transmiten a velocidades de 15 a 60 FPS o cuadros por segundo, donde cada trama se comprime y se divide en pequeños paquetes para la transmisión IP, a continuación, en la tabla 2.2 se detalla los principales formatos de video. [14]

Tabla 2.2 Formatos de Video

RESOLUCIÓN	FORMATO	HORIZONTAL	VERTICAL	FPS
480i	SDTV	720 píxeles	480 píxeles	25-30 fps
480p	EDTV	640-852 píxeles	480 píxeles	50-60 fps
720i	HDTV	1024 píxeles	720 píxeles	25-30 fps
720p	HDTV	1024 píxeles	720 píxeles	50-60 fps
1080i	HDTV	1920 píxeles	1080 píxeles	25-30 fps
1080p	HDTV	1920 píxeles	1080 píxeles	50-60 fps
4K	UHDTV	3840 píxeles	2160 píxeles	60-80fps

Fuente: Elaborado por el investigador en base a [14]

### 2.2.5. Situación actual de IPTV en el Ecuador

En la actualidad en el Ecuador IPTV no cuenta con una autorización para su despliegue, las entidades de Control como son el ARCTOTEL y la SENADI, han dispuesto el bloqueo de varios portales y aplicativos que brindan el servicio de manera ilegal, disponiendo sanciones económicas y de privación de libertad de acuerdo al artículo 234 del Código integral penal (COIP) a quienes accedan de manera no autorizada a un sistema de telecomunicaciones. [15]

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. Ubicación

El trabajo de investigación se desarrolló en el nodo “Las Gardenias” de propiedad de la empresa FASTER-ISP, se encuentra ubicado en las Calles Jácome Clavijo y Marcos Montalvo de la parroquia Huachi Chico del cantón Ambato, cuyas coordenadas geográficas UTM son: 763477.01 m E, 9859486.53 m S, de área 120m<sup>2</sup>, desde este nodo se despliegan diferentes fibras ópticas de la red ODN, en la figura 3.1 se muestra la ubicación geográfica del nodo mencionado.

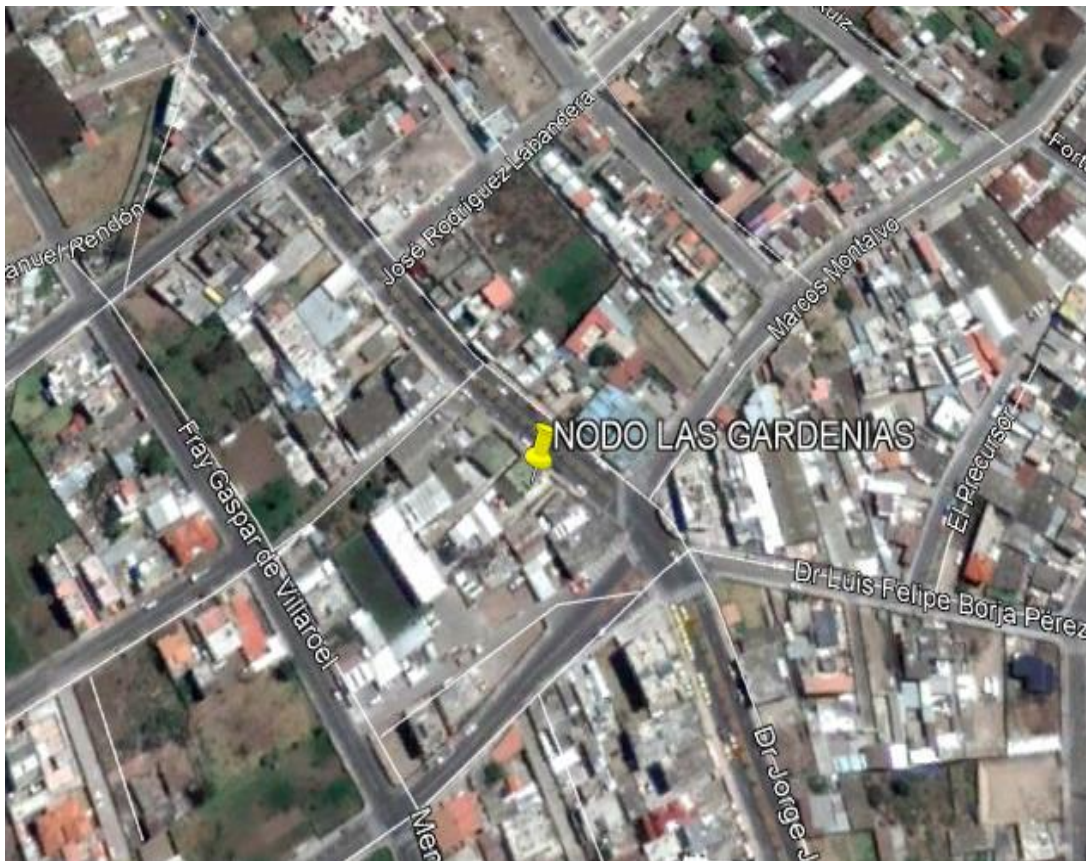


Figura 3.1 Ubicación nodo las Gardenias

Fuente: Elaborado por el investigador

### 3.2. Equipos y Materiales

En la tabla 3.1 se detalla el presupuesto asignado para la investigación.

Tabla 3.3 Presupuesto de investigación

<b>PRESUPUESTO</b>					
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO (USD)</b>	<b>COSTO TOTAL (USD)</b>
1	Impresiones	hojas	100	0,15	15,00
2	Ploteo de planos	laminas A1	5	2,00	10,00
3	Internet	horas	150	1,00	150,00
4	Transporte	días	30	5,00	150,00
5	Computador personal	u	1	650,00	650,00
6	Teléfono Inteligente	u	1	300,00	300,00
7	Alimentación	u	30	3,00	90,00
8	Capacitaciones	u	1	50,00	50,00
<b>TOTAL</b>					<b>1415,00</b>

Fuente: Elaborado por el investigador

### 3.3. Diseño Metodológico

Un sistema de gestión de Calidad de servicio QoS para servicios IPTV sobre redes GPON, consta de dos elementos importantes los cuales son necesarios para el correcto funcionamiento del sistema propuesto que son: Un dominio de proveedor de contenido; y, en segunda instancia, un dominio del proveedor de servicios que en este caso se compone de una red de planta interna constituida por routers, conversores, servidores, OLT, ONTs, y equipos terminales donde los usuarios recibirán el servicio, así como una red de planta externa de fibra óptica constituida

por elementos pasivos como ODFs, mangas, cajas de distribución óptica, Patch Cords, rosetas, y la fibra óptica.

En este caso, se realizarán inicialmente pruebas del funcionamiento de la red y mediciones de los parámetros de calidad de servicio sin que los algoritmos de gestión sean implementados; posteriormente, se configuraron los algoritmos propuestos en los routers principales de la red y en los equipos terminales de los usuarios. Finalmente, se realizarán las pruebas mencionadas para verificar la hipótesis y ampliar los conocimientos sobre el servicio IPTV.

### **3.4. Tipo de Investigación**

#### **3.4.1. Investigación Bibliográfica-Documental**

Para el desarrollo de la investigación fue necesario la utilización de varias fuentes de referencia entre las que destacan libros, artículos científicos, proyectos de titulación, revistas científicas.

#### **3.4.2. Investigación de Campo**

El presente estudio se trató de una investigación de campo, debido a que se realiza un levantamiento detallado de la infraestructura de red, que permita analizar parámetros de calidad de servicio en la red (pérdida de paquetes, retardo, ancho de banda, Jitter), generados al distribuir el servicio multimedia IPTV por la infraestructura de red propuesta, y establecer un sistema de gestión.

#### **3.4.3. Investigación Experimental**

El presente estudio se trata de una investigación experimental, debido a que se tomaron mediciones de parámetros de calidad de servicio en la red pérdida de paquetes, Latencia, ancho de banda, Delay, Ping, antes y después de la implementación del sistema de gestión de usuarios finales en la red GPON de FASTER\_ISP, generados al distribuir el servicio multimedia IPTV por la infraestructura de red propuesta, actualmente en el país el despliegue de esta tecnología se encuentra en fase de desarrollo, por lo que su implementación es netamente investigativa.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Antecedentes

De acuerdo a la investigación realizada en el estado del arte y la metodología de investigación que se ejecutó, en este apartado se detalla la gestión e infraestructura de la red GPON de la empresa proveedora de internet FASTER\_ISP, con la finalidad de establecer sus características, como se gestiona sus servicios, que elementos componen su red de planta externa e interna, y como se realiza la gestión de tráfico de IPTV, que permita evidenciar las desventajas que representan el no contar con un algoritmo de gestión y políticas de calidad de servicio QoS adecuadas.

La empresa FASTER\_ISP cuenta con alrededor de 400 suscriptores, los mismos que están distribuidos de acuerdo a los planes de ancho de banda que forman parte de la oferta económica de la empresa, esta información se detalla más adelante en el análisis investigativo, los usuarios finales acceden a los servicios por medio de una red GPON, constituida por una red ODN y equipos de alta capacidad para la entrega de servicios, por esta red de acceso, el crecimiento exponencial y vertiginoso que han experimentado las redes de los proveedores del servicio de internet debido al uso de nuevos servicios en línea, ha generado problemas en la infraestructura de red y en las políticas con las que se entregan los servicios, por lo cual la propuesta de investigación presentada en este trabajo investigativo, será de gran aporte para la empresa.

En cada uno de los apartados se detalla la infraestructura, el equipamiento, el modo de operación y gestión de los usuarios finales, la topología de su red, la implementación del sistema de gestión de calidad de servicio QoS para servicios multimedia que incluyen IPTV sobre la red GPON de acuerdo al algoritmo de operación propuesto, finalizando con las pruebas de red correspondientes y el análisis de las mejoras ejecutadas sobre la red GPON de FASTER\_ISP.



#### 4.1.1. Red GPON desplegada por la empresa FASTER\_ISP en el cantón Ambato

##### 4.1.1.1. Red de planta externa

La empresa FASTER\_ISP tiene cobertura en la zona sur de la ciudad de Ambato, su red de planta externa está conformada por una ODN (Red Feeder, Red de Distribución y Red de última milla), esta interconecta los equipos en el nodo las gardenias, con los clientes finales que se despliegan a lo largo de las ramificaciones de fibra óptica, En el despliegue de la ODN es necesario cuidar muy bien el presupuesto óptico, esto quiere decir, las pérdidas de potencia óptica producidas en la ruta de fibra debido a los elementos pasivos, este concepto se menciona a detalle más adelante una vez que se establezcan los parámetros para mejorar la gestión de la red, a continuación, se detalla cómo está conformada cada una de las redes que conforman la ODN. [16]

- **Red Feeder.** – La red feeder está formada por dos cables principales de 96 fibras ópticas, los dos se despliegan cada uno desde un ODF de 96 puertos SC/APC ubicado en el nodo “Las Gardenias”, el primer cable va desde el nodo por la Av. Jácome Clavijo hasta la Cervantes donde se encuentra la manga troncal T1, continuando por esta hasta la Av. José Peralta donde se encuentra la manga troncal T2, el segundo cable va desde el nodo baja por la Av. Jácome Clavijo hasta la Av. Víctor Hugo donde se encuentra la manga troncal 4, desde estas mangas troncales se derivan las fibras de distribución, en esta sección los hilos de fibra óptica no han pasado por ningún splitter o divisor de potencia, es decir que cada uno de estos se conectara a un puerto de la OLT, para el caso de FASTER\_ISP se estableció que el nivel de splitteo sea 1/64, el mismo que se alcanzará usando dos splitter, uno de primer nivel 1:8 PLC, y el segundo 1/8 conectorizado.

Como se menciona la red Feeder de FASTER-ISP se despliega desde el ODF, hasta las mangas troncales, en la Figura 4.1 se muestra esta red con su respectiva cobertura en el software Google Earth, donde se puede visualizar el Nodo y los tramos hasta las mangas troncales T1-T2-T4. [16]



Figura 4.1 Red Feeder FASTER-ISP

Fuente: Elaborado por el Investigador

- Red de Distribución.** – La red de distribución se conforma de todos los cables de fibra óptica que se encuentran después de la manga troncal, es decir una vez que se realizó el primer nivel de splitteo 1:8 PLC, estos cables son de 24, 12 y 6 hilos de fibra óptica, donde cada hilo esta fusionado a las salidas del splitter de primer nivel, donde a lo largo del tendido se van sangrando los cables en cajas de distribución NAPs, las cuales están ubicadas en postes o cámaras como indica la figura 4.2, internamente en estas cajas se colocan los splitters 1/8 conectorizados. [16]



Figura 4.2 NAP aérea red de distribución FASTER-ISP

Fuente: Elaborado por el investigador

La red de distribución se divide en distritos, los mismos que están compuestos por un número determinado de cajas NAPs, que tienen cobertura en un área determinada, en la figura 4.3 se muestra un distrito de la red de FASTER\_ISP en el software Google Earth, en el que se puede observar que de la manga troncal T1, se despliega una fibra de 12 hilos por la Av. Cervantes hasta la Av. Manuelita Sáenz, donde se aprecia las cajas de distribución NAPs N2-N3-N4-N5 del distrito D1. [16]



Figura 4.3 distrito D1 red de distribución FASTER\_ISP

Fuente: Elaborado por el investigador

- **Red de Última Milla.** – La red de última milla como su nombre lo menciona corresponde a la conexión final de fibra óptica entre la NAP y el equipo ONT que se coloca en el usuario final, para este tipo de red se utilizan cables drop de 2 hilos, para el caso de FASTER\_ISP, está establecido que en la NAP se coloque un conector mecánico el mismo que por medio de una transición SC/APC se conecta a las salidas del splitter de segundo nivel que están en cada caja de distribución, en el otro extremo del cable Drop se coloca una roseta óptica donde se fusiona a un pigtail SC/APC, que finalmente se conecta a la ONT, por medio de un patch cord SC/APC-SC/UPC, en la figura 4.4 se muestra una instalación en un cliente final donde se mide potencia óptica, donde se observa el Drop. [16]



Figura 4.4 Instalación en cliente final

Fuente: Elaborado por el investigador

En la figura 4.5 se muestra el diagrama de red de la ODN de FASTER\_ISP, donde se puede visualizar el nodo, las diferentes rutas de fibra óptica tanto en red Feeder como en red de distribución, además de las mangas troncales con su nomenclatura, y varias cajas de NAPs, que desde donde se despliega la red de última milla hasta los usuarios finales.

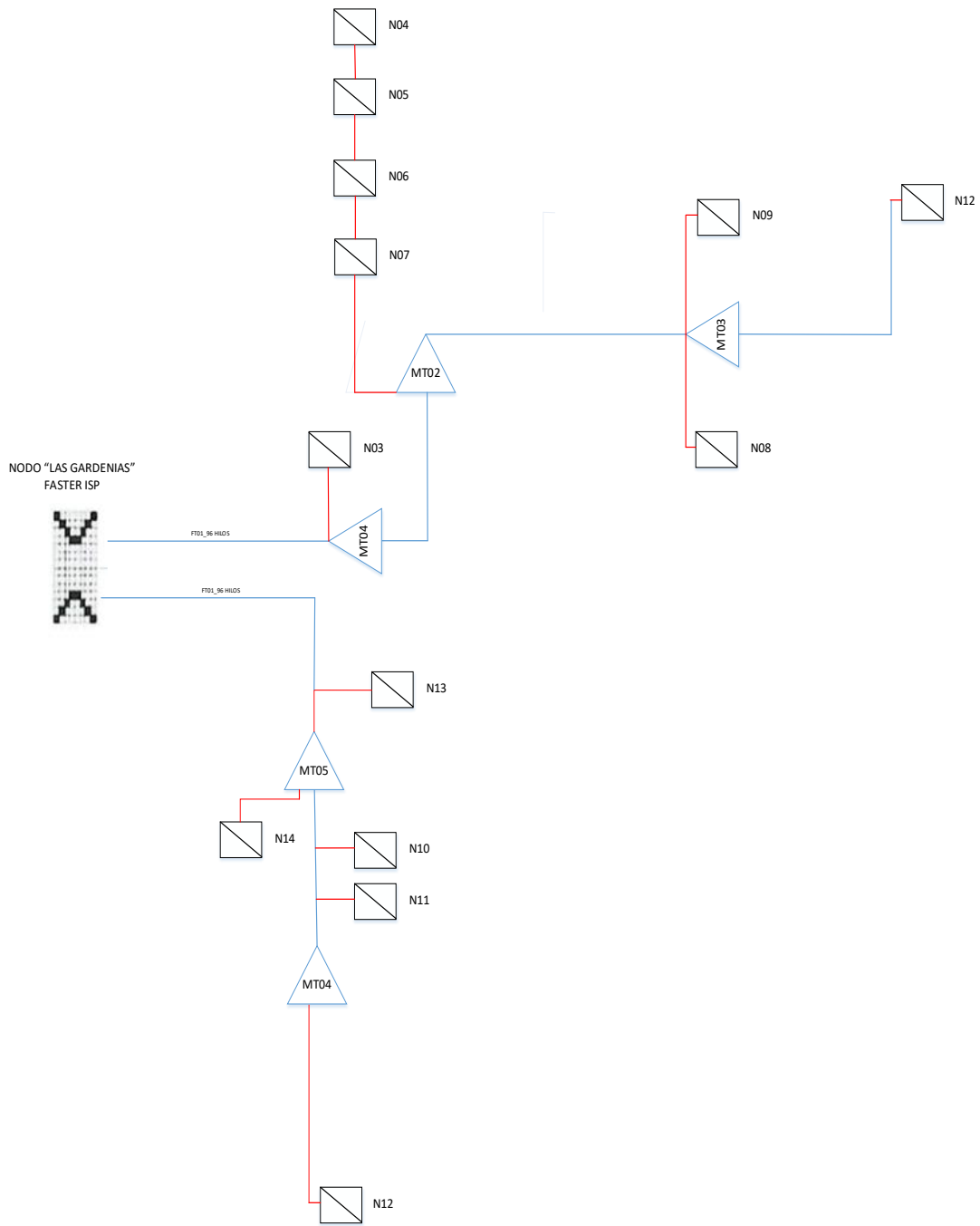


Figura 4.5 Diagrama red de Planta externa Faster\_ISP

Fuente: Elaborado por el Investigador

#### 4.1.1.2. Red de planta interna

En este apartado se analiza la red de planta interna de FASTER-ISP dispuesta en el nodo “Las Gardenias”, está se conforma por varios equipos activos, los mismos que realizan diferentes funciones, como se mencionó en la sección de planta externa, los cables feeder llegan hasta un ODF de 96 hilos, por medio de un patch cord SC/APC-SC/UPC se conecta el ODF con la OLT, posteriormente desde esta hasta los equipos de Core y borde por medio de patch cord integrados con SFP, al equipo de borde llegan las fibras ópticas de los carriers o empresas que comercializan el ancho de banda, y desde el equipo de Core se realiza el uplink hacia la OLT, además en este equipo se ejecuta todo el control de ancho de banda y se establecen las políticas de funcionamiento de la red, en la figura 4.6 se muestra el diagrama de red de planta interna. [16]

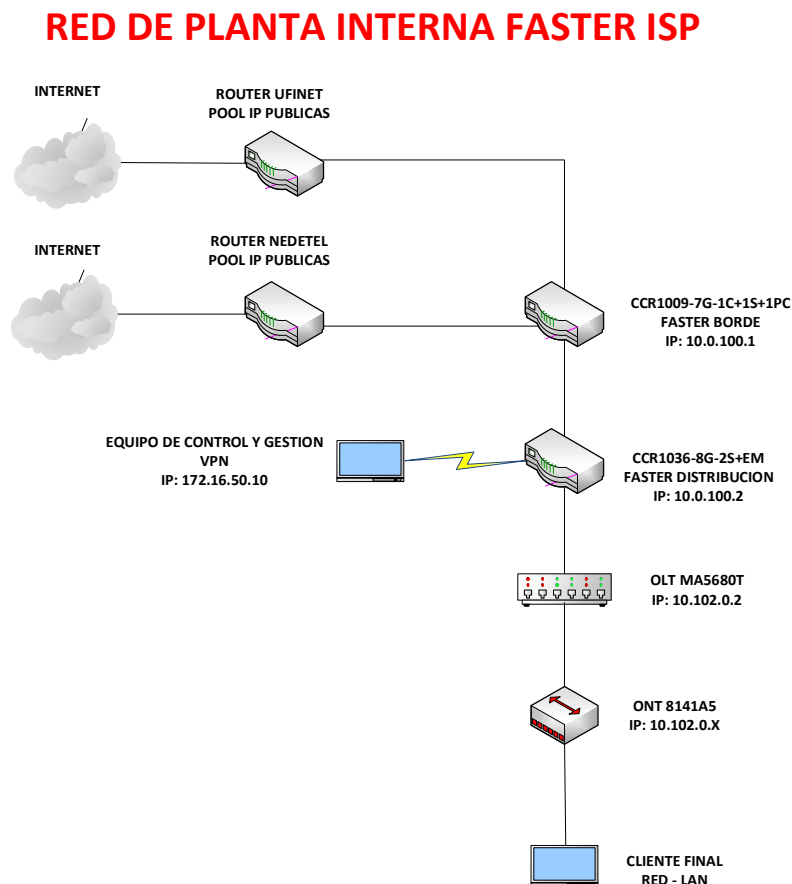


Figura 4.6 Diagrama red de planta Interna

Fuente: Elaborado por el investigador

- **OLT MA5680T.** – La OLT MA5680T pertenece a la primera generación de OLTs del mundo, está diseñado para redes GPON, proporcionando puertos XPON de alta densidad, integra las funciones de agregación y conmutación, permitiendo el acceso mediante conexiones Ethernet P2P, GE y 10GE, en la Figura 4.7 se tiene la OLT montada en el rack de FASTER-ISP, la misma que opera en capa 2 y se encarga de gestionar los equipos terminales ONT. [17]



Figura 4.7 OLT FASTER\_ISP

Fuente: Elaborado por el investigador

A continuación, se detalla las principales características del equipo OLT MA5680T.

Tabla 4.4 Características Técnicas equipo OLT MA5680T

N.- MODELO	MA5680T
Chasis	14 slots de 19" o 16 Slots de 21"
alimentación	2 fuentes redundantes de corriente directa DC
Mainboard	2 tarjetas redundantes para control principal
Tipo de acceso	GPON, EPON y P2P
Configuración de los puertos de salida	EPON y GPON simultáneamente
Tipo de Tarjeta	TARJETAS DE 8 PUERTOS GPON GPBD/GPBH - 16 PUERTOS GPON GPFD
SPLITTER	1:128
UPLINK	1GE (GICF) o 10GE (X2CS)

Fuente: Elaborado por el investigador [17]

- **Router de Borde Mikrotik CCR1009-7G-1C+1S+PC.** – El equipo CCR1009 es un conmutador de altas prestaciones, posee varios puertos GigaEhernet y un puerto SFP de alto rendimiento, los cuales están conectados directamente al CPU del equipo lo que permite manejar un alto tráfico, a este equipo se conectan los proveedores principales de internet que para el caso de FASTER\_ISP son Ufinet y Nedetel, los cuales cubren la demanda que requiere el conglomerado de usuarios que posee la empresa, además del balanceo de carga en este equipo están alojadas el grupo de direcciones IP públicas, que permiten que se tenga comunicación a internet por medio de protocolos y políticas de enrutamiento, en la figura 4.8 se muestra el equipo CCR1009 instalado en el rack del nodo “Las Gardenias”.[18]



Figura 4.8 Equipo CCR1009-7G-1C+1S+1PC

Fuente: Elaborado por el Investigador

A continuación, se detalla las principales características del equipo CCR1009-7G-1C+1S+1PC.

Tabla 4.5 Características técnicas equipo CCR1009-7G-1C+1S+1PC.

N.- MODELO	CCR1009-7G-1C+1S+1PC
Puertos	7 puertos GE-1 puerto combo (SFP+GE)-1 puerto SFP
Procesador	9 núcleos x CPU de 1GHz
Ram	2GB en memoria Ram
Chasis	Carcasa de escritorio de refrigeramiento pasivo
Sistema Operativo	RouterOS L6
Alimentación	24V 2.5A

Fuente: Elaborado por el Investigador [18]



- **Router de Core CCR1036-8G-2S+EM.** – El equipo CCR1036 es un router de alta capacidad, sus 8 puertos GigaEthernet y 2 SFP+ de 10 GigaEthernet, le permiten manejar un gran ancho de banda, con un procesador robusto que permite alcanzar un alto nivel durante la conmutación, en la red de FASTER\_ISP es el equipo donde se aloja todo el direccionamiento, políticas de tráfico, seguridad, planes de datos, enrutamiento, virtualización, se conecta tanto al equipo de borde, como a la OLT, por sus características cumple la función principal de núcleo de la red, tiene la capacidad de configuración de políticas de gestión y calidad de servicio, para el estudio es de gran importancia, en la figura 4.9 se muestra el equipo CCR1036-8G-2S+EM en las instalaciones del rack de FASTER\_ISP.[18]



Figura 4.9 Equipo CCR1036-8G-2S+EM

Fuente: Elaborado por el investigador

A continuación, se detalla las principales características del equipo CCR1036-8G-2S+EM

Tabla 4.6 Características técnicas equipo CCR1036-8G-2S+EM.

N.- MODELO	CCR1036-8G-2S+EM
Puertos	8 puertos GE-2 puertos SFP 10 GE-puerto de consola para gestión
Procesador	36 núcleos x CPU de 1.2 GHz
RAM	8 GB en memoria RAM
Chasis	Carcasa de escritorio de refrigeramiento pasivo
Tasas de Transferencia	Hasta 28 Gbps
Sistema Operativo	RouterOS L6
Alimentación	100-200 V

Fuente: Elaborado por el investigador [18]

#### 4.1.2. Situación actual de Infraestructura en la red de FASTER\_ISP

La red GPON de FASTER\_ISP, es una red de alto tráfico que está formada por las redes de planta interna y ODN anteriormente descritas, de acuerdo con los levantamientos de información, replanteos y visitas a campo realizadas, se determinó toda la infraestructura que se tiene desplegada en la red.

En la tabla 4.7, se describe los elementos que conforman la red de planta externa.

Tabla 4.7 Elementos red ODN

RED ODN			
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	OBSERVACIÓN
1	ODF 96 PUERTOS	2 u	Red Feeder
2	CABLE FO 96 HILOS	2300 m	Red Feeder
3	MANGA DE 96 FO	10u	Red de Distribución
4	PORTARESERVA DE GALERIA	1u	Red Feeder
5	CABLE FO 24 HILOS	7700 m	Red de Distribución
6	CABLE FO 12 HILOS	6200 m	Red de Distribución
7	CABLE FO 6 HILOS	4200 m	Red de Distribución
8	SPLITTERS 1:8 PLC	32 u	Red Feeder
9	NAP IP65	128 u	Red de Distribución
10	INCLUYE SPLITTER 1:8 CONECTORIZADO	128u	Red de Distribución
11	ROSETAS ÓPTICAS	400 u	Red Última Milla
12	PATCH CORD SC/APC-SC/UPC DE 3m	32	Red Feeder
13	CABLE FO 2 HILOS	8000 m	Red Última Milla
14	MANGAS DE 48 FO	12	Red de Distribución
15	PATCH CORD SC/APC-SC/UPC DE 1m	400	Red Última Milla
16	CONECTORES MECANICOS SC/APC	432	Red Última Milla

Fuente: Elaborado por el investigador

De la misma manera se realizó el levantamiento de los elementos de la red de planta interna, mediante visitas a campo y replanteos, como se detalla en la tabla 4.8, las características de los principales elementos se encuentran a detalle en la sección 4.1.1.2.

Tabla 4.8 elementos red de Planta Interna

<b>RED DE PLANTA INTERNA</b>			
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>FUNCIÓN</b>
1	OLT HUAWEI MA5680T	1 u	Gestión de usuarios en capa 2
2	ROUTER MIKROTIK CCR1009-7G-1C+1S+1PC	1 u	Borde, Balanceo y Firewall
3	ROUTER MIKROTIK CCR1036-8G-2S+EM	1 u	Distribución, enrutamiento, Planes, gestión de usuarios en capa 3
4	UPS ALTA GAMA APC DE 2KVA BIFASICO ONLINE	1 u	Respaldo de Energía
5	BANCO DE BATERIAS 12v 9mA	1 u	Respaldo de Energía
6	MÓDULO SFP C++	32u	Activación puertos en la OLT
7	PATCH CORD SFP	4u	Conexión OLT-Distribución-Borde-Carriers
8	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	1 u	Climatización
9	PATCH CORD UTP CAT 6	4 u	Conexión Distribución-Borde-Carriers

Fuente: Elaborado por el investigador

#### **4.1.3. Modo de operación actual de la red de FASTER\_ISP**

Una vez que se ha dimensionado la infraestructura con la que cuenta la red de FASTER\_ISP en el nodo “Las Gardenias”, en este apartado se detalla el modo de operación, funcionamiento y gestión de la red, esto permite que se dimensione y se establezca los parámetros de calidad de servicio QoS, las políticas de seguridad, que permitan un correcto funcionamiento de los varios servicios multimedia que al momento son ofertados por la empresa, de manera

primordial los servicios de IPTV y cómo se gestiona la calidad de experiencia QoE que experimentan los usuarios.[16]

La oferta económica y planes de internet con los que la empresa oferta sus servicios son los siguientes:

- **PREMIUM:** 20 megas de ancho de banda y un costo de \$23.99 + impuestos.
- **PROFESIONAL:** 25 megas de ancho de banda y un costo de \$28.99 + impuestos.
- **FASTER:** 30 megas de ancho de banda y un costo de \$39.99 + impuestos.
- **FASTER EXTREME:** 40 megas de ancho de banda y un costo de \$49.99 + impuestos.

En la figura 4.10 se muestra los planes mencionados, con su ancho de banda y costo.



Figura 4.10 Planes FASTER\_ISP

Fuente: Elaborado por el Investigador

Como se observa en la figura 4.10 los planes ofertados manejan un ancho de banda, con el cual se puede acceder a todo tipo de aplicativo o servicio, incluyendo IPTV, para esto es importante determinar las comparticiones con las que se están ejecutando estos servicios, y como se está manejando el reusó del ancho de banda contratado con los proveedores principales o carriers, lo que servirá para establecer el algoritmo de gestión y calidad de servicio QoS para servicios IPTV que mejore la calidad de experiencia QoE de los usuarios finales.

En la actualidad se realiza una visita técnica al nuevo cliente, se hace una presentación de los planes ofertados, y mediante una factibilidad de campo se determina la mejor ruta y desde que NAP se entregara los servicios, una vez que se define la parte contractual, se inicia a construir la red de última milla, de manera posterior se realiza la instalación de la ONT en el cliente final y se procede con la parte lógica, que a continuación se detalla. [16]

- **Direccionamiento IP.** – Una dirección IP es un numero único e irrepetible que identifica a un dispositivo de red de una manera lógica, a continuación, se detalla las IPs que se han asignado a cada dispositivo y aplicación, estas direcciones serán privadas y un direccionamiento IP, el cual por medio del NAT que existe entre el router de borde y el router de distribución, tienen salida a las IPs públicas y por consiguiente a internet.

Tabla 4.9 Direccionamiento IP red FASTER\_ISP

DIRECCIONAMIENTO IP		
ITEM	DESCRIPCION	DIRECCIÓN IP
1	OLT HUAWEI MA5680T	10.102.0.2
2	ROUTER MIKROTIK CCR1009-7G-1C+1S+1PC	10.0.100.1
3	ROUTER MIKROTIK CCR1036-8G-2S+EM	10.0.100.2
4	VLAN 102 GESTION	10.0.102.1
5	GESTION VPN	172.16.50.10

Fuente: Elaborado por el Investigador

- **Protocolo PPPoE.** – El protocolo punto a punto sobre ethernet (PPPoE), es un tipo de protocolo de conexión de banda ancha que requiere autenticación, es decir nombre de usuario y contraseña, es muy utilizado por los proveedores del servicio de internet (ISP), para generar una conexión de internet a los usuarios finales, permite la asignación dinámica de direcciones IP, para el caso de la red de FASTER\_ISP, este servicio se configura en el router de distribución en la figura 4.11 se muestra la asignación de un usuario y una contraseña, al crear un nuevo perfil PPP, que corresponde al nuevo cliente.[19]

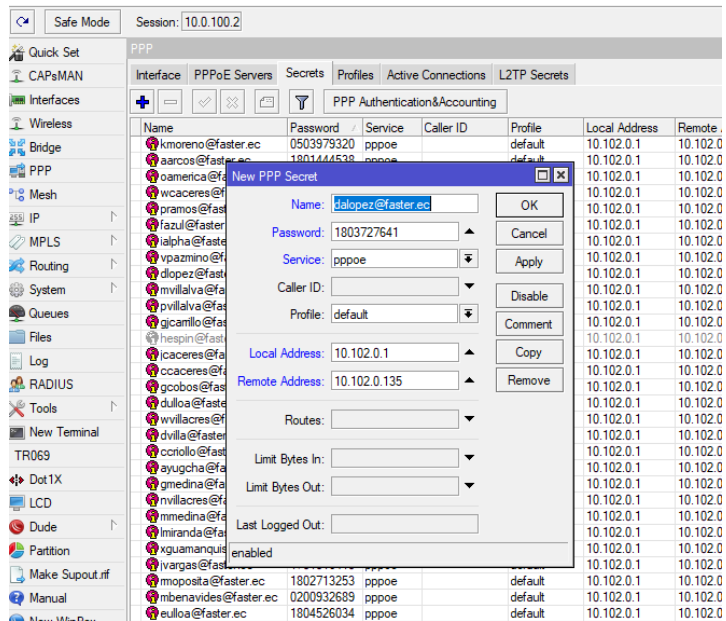


Figura 4.11 Asignación de usuario y contraseña con PPP

Fuente: Elaborado por el investigador

Posteriormente se asigna a uno de los grupos de acuerdo con el plan contratado como muestra la figura 4.12. [19]

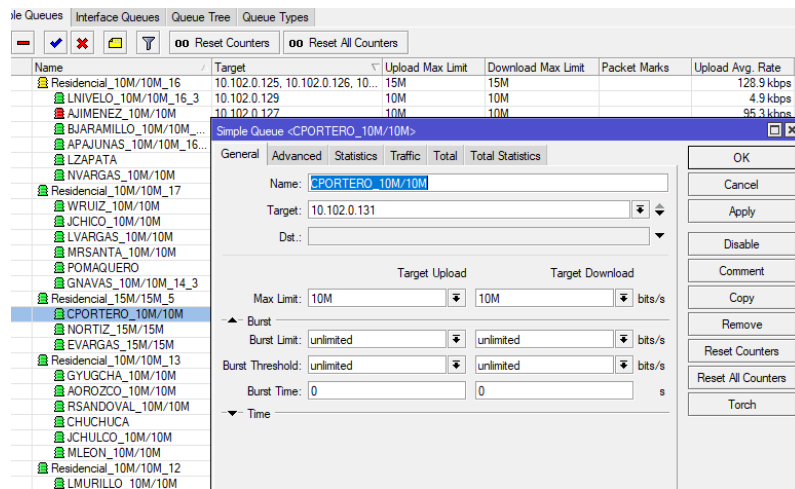


Figura 4.11 Asignación de cliente a un Plan

Fuente: Elaborado por el investigador

Posteriormente se asigna la IP al nuevo usuario esta debe estar en relación con la VLAN 111 de gestión, en la figura 4.13 se muestra la asignación IP al nuevo cliente final. [19]

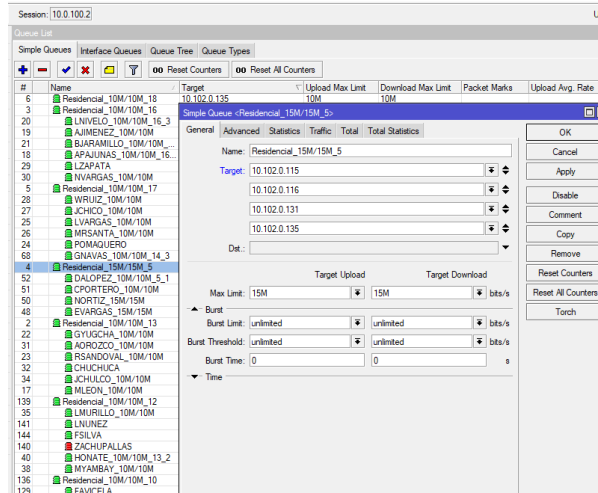


Figura 4.13 Asignación IP cliente final

Fuente: Elaborado por el Investigador

- **Activación de la ONT.** – La ONT es el equipo terminal que se instala en el cliente final, en este se configura la VLAN 102 la cual permite que la OLT realice la gestión, y con el equipo router de distribución por medio del protocolo PPPoE, en la figura 4.14 se muestra la configuración para un equipo terminal. [19]

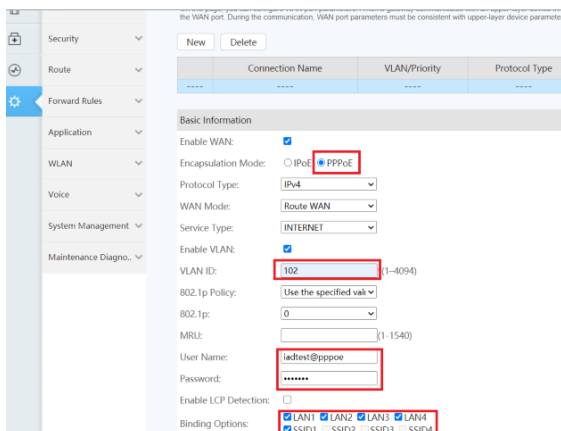


Figura 4.14 configuración ONT

Fuente: Elaborado por el investigador

- **Activación en la OLT.** – En el equipo OLT, se configura la gestión del equipo terminal ONT, para esto se ingresa al modo de configuración de la OLT, posteriormente a la tarjeta y se verifica en que puerto está el distrito desde donde se va a dar servicio, en la figura 4.15 se muestra este procedimiento.[19]

```

Telnet 10.101.0.2
>>User name:root
>>User password:

Huawei Integrated Access Software.
Copyright(C) Huawei Technologies Co., Ltd. 2002-2012. All rights reserved.

-----
User last login information:
-----
Access Type : Telnet
IP-Address : 10.102.0.52
Login Time : 2020-07-21 18:33:30+08:00
Logout Time : 2020-07-21 18:37:41+08:00
-----

GARDENIAS>enable
GARDENIAS#con
 1 [2020-07-21 19:05:41+08:00]:The data of 7 slot's control board is saved
completely

GARDENIAS#config
GARDENIAS(config)#interface gpon 0/3
GARDENIAS(config-if-gpon-0/3)#

```

Figura 4.15 activación cliente en OLT

Fuente: Elaborado por el investigador

En la figura 4.16 se verifica que se creó el perfil de usuario y se ingresa la VLAN 102 de gestión.[19]

```

Telnet 10.101.0.2
ARDENIAS>enable
ARDENIAS#con
 1 [2020-07-21 19:05:41+08:00]:The data of 7 slot's control board is saved
completely

ARDENIAS#config
ARDENIAS(config)#interface gpon 0/3
ARDENIAS(config-if-gpon-0/3)#display ont info 2 all
-----
F/S/P   ONT      SN          Control  Run   Config  Match  Protect
   ID      ID          flag     state  state  state  state
-----
0/ 3/2   0  485754435CB48F9C  active  online normal match  no
-----
F/S/P   ONT-ID   Description
-----
0/ 3/2   0  VARCOS
-----
In port 0/ 3/2 , the total of ONTs are: 1, online: 1

ARDENIAS(config-if-gpon-0/3)#ont add 2 1 sn-auth "48575443672D657F" omci ont-lineprofile-id 15 ont-srvprofile-id 15 des
"DALOPEZ"
Number of ONTs that can be added: 1, success: 1
PortID :2, ONTID :1
ARDENIAS(config-if-gpon-0/3)#

```

Figura 4.16 activación cliente en OLT

Fuente: Elaborado por el investigador



## **4.2. Análisis del funcionamiento de los servicios multimedia (IPTV) en la red GPON de FASTER\_ISP**

Con base a lo expuesto tanto en infraestructura como en el modo actual de operación se puede determinar algunas ventajas y desventajas que presenta la red.

### **4.2.1. Ventajas**

- La Red de fibra óptica permite la distribución de un alto tráfico y contenido, lo que garantiza a FASTER\_ISP el poder ofertar servicios que requieran altas prestaciones como IPTV, Videoconferencia, CATV, voz, datos y servicios de streaming.
- Los planes que se encuentran establecidos en la oferta económica manejan un gran ancho de banda es así como el plan básico es cuenta con una capacidad de 20 Megas.
- Su infraestructura de planta interna esta implementada con equipos que brindan alta disponibilidad, con puertos que pueden operar a 10GE que soportan un flujo de datos de hasta 28 Gbps en condiciones ideales.
- La ocupación de su red de planta externa es de alrededor del 40% lo que brinda la capacidad de receptor una gran cantidad de nuevos clientes, siempre que sus servicios se diversifiquen y optimicen.
- La metodología para la gestión de red es la adecuada, brindando seguridad y escalabilidad.
- La ubicación geográfica y su cobertura en zonas periféricas de la ciudad permiten que la demanda de clientes aumente.

### **4.2.2. Desventajas**

- No se manejan políticas de calidad de servicio QoS, con lo que se están subutilizando los recursos de planta interna con los que se cuentan.
- La oferta de sus planes no se ha diversificado, limitándose a ofertar servicio de datos, cuando se podría aumentar a planes de voz, servicios dedicados, CATV o IPTV.
- Al no presentar ofertas para televisión por internet (IPTV) los clientes han optado por la adquisición de cuentas a terceros, al contar con una escasa gestión en calidad de servicio QoS, los usuarios pueden optar por cambiar de proveedor, que afectaría los ingresos de la empresa.

- No se cuenta con políticas de seguridad perimetral, lo que hace que la red se torne vulnerable a ataques cibernéticos, donde la información de los usuarios puede quedar expuesta, y los servicios se degraden.
- En las instalaciones de última milla es necesario considerar un presupuesto óptico, que garantice que la red física cumpla con los parámetros que se requieren para un óptimo funcionamiento de los servicios multimedia, concepto que será expuesto más adelante en la propuesta de solución.
- El escaso control del tipo de tráfico multimedia que pasa por la red puede provocar sanciones de la entidad de control de las telecomunicaciones en el Ecuador (ARCOTEL).

Después de presentar los pro y contras de cómo está operando la red y a su vez el despliegue de los servicios es importante, definir algunos criterios en relación con los servicios a mejorar en la red.

#### **4.2.3 Calidad de Servicio QoS**

La calidad de servicio QoS es uno de los términos más utilizados en gestión de redes en la actualidad, es así como en este apartado se hace una relación del conjunto de parámetros que comprende el termino, pero con un enfoque a la realidad de FASTER\_ISP, de esta manera direccionando la solución de acuerdo con las necesidades de la empresa.

En las redes GPON y en particular en la red que es objeto de estudio, la calidad de servicio QoS, está dado por cuantificación de diferentes parámetros que se presentan en el flujo de datos, es así como se puede medir ancho de banda, ping, Delay, latencia y la perdida de paquetes, se ha tomado en cuenta estos parámetros debido a que el objeto de este estudio es mejorar y corregir estos aspectos, que permita el crecimiento exponencial de los suscriptores de FASTER\_ISP.

- **Ancho de Banda.** – El ancho de banda es uno de los ejes fundamentales para la distribución de contenido multimedia, ya que mide la capacidad de transmisión de datos por unidad tiempo que fluye por un medio, hay aspectos que suelen degradar este parámetro, al punto que es imposible la transmisión o a su vez generan retardos, en la figura 4.17 se muestra el ancho de banda medido en la red por medio de la herramienta speedtest, donde se observa que las mediciones tanto en subida como en bajada están

degradadas, lo que dificulta la transmisión de datos, sobre todo los servicios de multimedia como IPTV, es importante mencionar que esta medición se la realiza desde un dispositivo móvil, conectado en un cliente final de la red de FASTER\_ISP.[14]



Figura 4.17 Medición de ancho de banda

Fuente: Elaborado por el investigador

- **Ping.** – El ping es una herramienta de diagnóstico para redes de telecomunicaciones este mide la latencia que existe en la conexión entre dispositivos en red, aunque su lectura e interpretación suele ser erróneo, los pings suelen variar de acuerdo a la infraestructura de la red, en promedio el ping suele ser de 90 a 100 ms, sin embargo en redes GPON, con algoritmos de gestión y calidad de servicio suelen ser menor a los 50ms, en la figura 4.18 se muestra un ping desde un equipo terminal activado para pruebas de la red de FASTER\_ISP, donde se observa que su valor TTL es alto y otra de las características importantes a tomar en cuenta es la pérdida de paquetes ICMP.[14]

```
Símbolo del sistema - ping 8.8.8.8 -t
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=785ms TTL=116
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=388ms TTL=116
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=89ms TTL=116
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=618ms TTL=116
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=256ms TTL=116
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=293ms TTL=116
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=1160ms TTL=116
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=55ms TTL=116
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=66ms TTL=116
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=1361ms TTL=116
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=544ms TTL=116
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=150ms TTL=116
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=733ms TTL=116
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=169ms TTL=116
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=42ms TTL=116
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=585ms TTL=116
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=489ms TTL=116
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=1544ms TTL=116
```

Figura 4.18 Prueba Ping usuario FASTER\_ISP

Fuente: Elaborado por el investigador

- **Latencia.** - Se define como la suma de retardos temporales en la red, es producida por la demora en la transmisión de datos, un aspecto importante que hay que tomar en cuenta es el tamaño de los paquetes que se están enviando, en la actualidad es uno de los parámetros más críticos en las redes, debido a la propagación de servicios en línea como streaming, IPTV o juegos en línea, donde es de gran importancia que no se den retardos en la transmisión, la latencia suele estar en el orden de los 40ms sin embargo en redes GPON se puede lograr mediciones inferiores a los 5ms, los test de velocidad en línea nos permiten observar el ping de latencia como en la figura 4.14 donde se puede observar una latencia de 55ms, un valor superior a la media por cuanto aún no se han aplicado las políticas de gestión y calidad de servicio QoS, hay dispositivos como las consolas de videojuego que tienen incorporados un medidor de este parámetro, en la figura 4.19 se muestra un caso de latencia, con un aplicativo IPTV, cuya medición se realizó en un cliente de FASTER\_ISP.[14]



Figura 4.19 Latencia en aplicativo IPTV cliente FASTER\_ISP

Fuente: Elaborado por el investigador

- **Delay.** – Se define como el retraso o la variación temporal en el flujo de datos, es uno de los parámetros que más se suele priorizar en la actualidad, es de vital importancia en las videoconferencias, clases en línea, IPTV, telemedicina, donde se busca que este se reduzca al mínimo, en la figura 4.20 se realizó una prueba TRACERT hacia el

servidor DNS de Google 8.8.8.8 desde un computador conectado a la red de FASTER\_ISP, con la finalidad de observar el número de saltos que se obtiene para llegar hasta el destino, en esta se puede observar que aunque se llega al destino un retraso genera un mensaje de tiempo de espera agotado, debido a que el Delay se ha maximizado.[14]

```

ca. Símbolo del sistema
-j lista-host      Enrutamiento relajado de origen a lo largo de la
                  lista de hosts (solo IPv4).
-w tiempo_espera  Tiempo de espera en milisegundos para esperar cada
                  respuesta.
-R               Seguir la ruta de retorno (solo IPv6).
-S srcaddr       Dirección de origen para utilizar (solo IPv6).
-4              Forzar usando IPv4.
-6              Forzar usando IPv6.

C:\Users\USUARIO>tracert 8.8.8.8

Traza a la dirección dns.google [8.8.8.8]
sobre un máximo de 30 saltos:

  1    2 ms    4 ms    7 ms  192.168.100.1
  2    4 ms    3 ms    4 ms  10.102.0.1
  3    *      *      *      Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
  4    5 ms    5 ms    3 ms  host-45-70-198-145.nedotel.net [45.70.198.145]
  5   22 ms    6 ms    7 ms  172.16.196.45
  6   10 ms    7 ms   14 ms  192.168.253.233
  7   34 ms   21 ms   27 ms  142.250.167.108
  8   47 ms   27 ms   30 ms  172.253.51.19
  9   57 ms   19 ms   27 ms  142.250.210.119
 10   44 ms   83 ms   31 ms  dns.google [8.8.8.8]

Traza completa.

```

Figura 4.20 Delay en prueba Tracert a DNS de Google

Fuente: Elaborado por el investigador

- **Perdida de Paquetes.** - Este parámetro indica el número de paquetes que se pierden en una transmisión, estos suelen ser más visibles en aplicaciones de Voz, videoconferencia, IPTV, etc. En donde por la naturaleza de estas los usuarios tienden a identificar, uno de los ejemplos más claros de esto se da en la televisión IPTV, donde podemos estar viendo un partido de futbol y la imagen salta a diferentes tiempos sin mostrar varias etapas del desarrollo de este, en la figura 4.21 se muestra el ejemplo mencionado con el aplicativo IPTV smarterts, en un usuario en la red de FASTER\_ISP.[14]

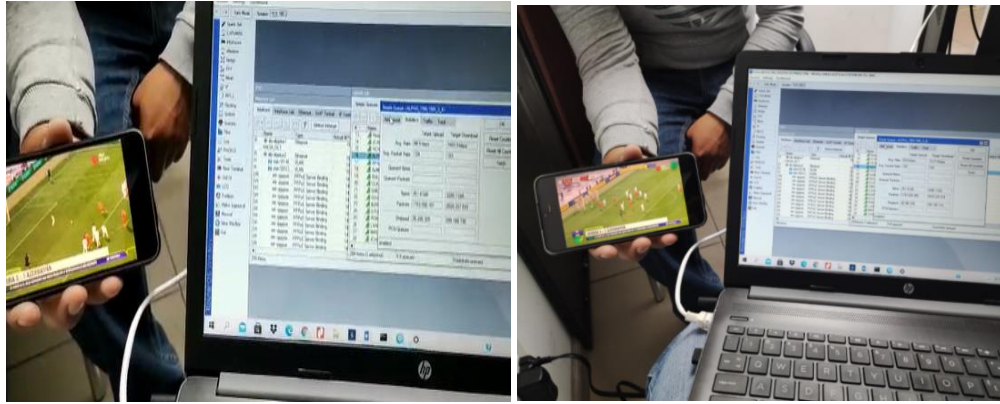


Figura 4.21 Pérdida de Paquetes con Aplicativo IPTV

Fuente: Elaborado por el investigador

#### 4.2.4 Calidad de experiencia QoE en los servicios multimedia de FASTER\_ISP

En primera instancia la gestión de las redes de telecomunicaciones estaba dada por los indicadores de parámetros de calidad de servicio QoS, sin embargo, la diversificación de los servicios en línea ha provocado que nuevos aspectos sean tomados en cuenta, entre estos la opinión de los usuarios finales, ante servicios de contenido multimedia que están en la red, para el caso de FASTER\_ISP, es importante analizar este parámetro, el mismo que servirá para mejorar la gestión y la toma de decisiones respecto a que aspectos modificar en la red.

#### 4.2.5 Servicio IPTV en la red de FASTER\_ISP

Como se ha mencionado el servicio IPTV es un conjunto de aplicaciones, que distribuyen contenido multimedia por medio de la red, las características de la infraestructura GPON de FASTER\_ISP, hacen que sea ideal la distribución de este tipo de contenido, hay varios aspectos que hay que enfatizar en este punto, estos se detallan a continuación.

- Lo primero que hay que considerar es que el servicio de IPTV no está autorizado por el ARCOTEL, y la difusión de este tipo de contenido es penado por las leyes ecuatorianas.
- Considerando el aspecto anterior, FASTER\_ISP no distribuye este tipo de contenido, salvaguardando sus intereses económicos, técnicos y comerciales.

- En los últimos tiempos, este tipo de contenido está siendo adquirido directamente por los usuarios en plataformas que se comercializan por las redes sociales, lo que ha generado, un sinnúmero de inconvenientes de carácter técnico en la gestión de la red.
- El presente trabajo investigativo está orientado a dar una solución que brinde confidencialidad, integridad y disponibilidad, en el manejo de este tipo de servicios, que a futuro serán de gran importancia, en el crecimiento empresarial.
- Hay que recalcar que este trabajo es netamente investigativo, sin fines de lucro y está orientado a establecer una solución que se pueda ser útil para la empresa en un corto o mediano plazo.
- En el siguiente apartado se detalla todos los aspectos técnicos que se han desarrollado a partir de esta investigación y que serán de suma importancia para la gestión de la red, con políticas de calidad de servicio QoS para los servicios multimedia que incluyen IPTV, y que forman la solución en razón de mejorar la QoE de los clientes finales de FASTER\_ISP.

### **4.3. Implementación de sistema de gestión y calidad de servicio QoS para servicio IPTV en la red GPON de Faster\_ISP**

Una vez que se ha definido como está desplegada la red GPON de FASTER\_ISP, cuáles son sus principales elementos, se ha dimensionado su infraestructura actual, su modo de operación, se ha analizado su funcionamiento en relación a los servicios multimedia que incluyen IPTV, y los parámetros de calidad de servicio QoS que influyen en el tráfico de este tipo de datos, se propone una solución que incluye infraestructura física y lógica, así como la implementación de nuevas tecnologías que mejoren el despliegue de los servicios IPTV a los usuarios finales.

#### **4.3.1 Calculo del Ancho de Banda requerido para IPTV**

El ancho de banda requerido es uno de los parámetros más importantes para que los servicios tales como IPTV funcionen de forma óptima, a continuación, se detalla el cálculo mencionado.

Para eso tomamos en cuenta 3 factores importantes:

- La velocidad a la que con la que se graba un video (FPS).
- La resolución y calidad de video, está dado por el promedio del tamaño de un cuadro de video (Bytes).

- El porcentaje de actividad de la escena, que indica que tanto cambia un cuadro respecto a otro (%A).

Con estos datos se puede calcular el ancho de banda efectivo BW, el ancho de banda es la cantidad de información que se trasfiere entre dos puntos en un segundo, si dicha información es video entonces se tiene la cantidad de video que se transfiere en un segundo.

$$\textcircled{1} \text{ Espacio para un segundo de video} = \text{fps} \times \text{Bytes} \times \%A$$

El ancho de banda efectivo BW se expresa en bps, si 1Byte corresponde a 8 bits

$$\textcircled{2} \text{ BW} = (\text{Espacio para un segundo de video}) \times 8$$

Se reemplaza  $\textcircled{1}$  en  $\textcircled{2}$  y se obtiene  $\textcircled{3} \text{ BW} = (\text{fps} \times \text{Bytes} \times \%A) \times 8$

En IPTV se tiene video en varios formatos, como se menciona en la tabla 2.2, uno de los casos críticos es la resolución 4K UHD, por lo cual se toma de base para los cálculos al ser el escenario más crítico.

Entonces para 4k UHD los parámetros son los siguientes:

- 60 FPS de acuerdo a las características de este formato de video.
- Para una resolución 480i (720x480 pixeles), el promedio de cada imagen es 4KB, sabemos que la resolución 4K UHD tiene una resolución de 4:1 en relación a 480i por lo cual para el cálculo se utiliza 16KB por imagen.
- El porcentaje de actividad es subjetivo ya que varía de acuerdo al video que se está transmitiendo, por lo cual para el cálculo se toman valores promedio en el caso se lo realizara con un 50%. [14]

$$\text{BW} = (\text{fps} \times \text{Bytes} \times \%A) \times 8$$

$$\text{BW} = (60\text{fps} \times 16\text{KB} \times 0.5) \times 8$$

$$\text{BW} = 3840 \text{ bps}$$

$$\text{BW} = 3.840 \text{ Mbps}$$

$$\text{BW} \approx 4 \text{ Mbps}$$



### 4.3.2 Presupuesto Óptico

El presupuesto óptico se obtiene al sumar las pérdidas que se generan en cada elemento óptico de la red pasiva ODN, al interconectar un puerto PON de la OLT con la ONT, las redes GPON tienen un alcance de hasta 20km, para obtener esta suma se toma en cuenta los siguientes elementos.[20]

- Atenuación en la fibra óptica 0.35dB/Km
- Perdidas por fusiones 0.10dB
- Perdidas por conectores 0.50dB
- Perdidas en divisores ópticos o splitters, 1:2 (4 dB), 1:4 (7.3 dB), 1:8 (10.5 dB), 1:16 (13.7 dB)

Para la obtención de los valores umbrales se considera las características técnicas de los equipos que conforman la red de planta interna y la red ODN, en la figura 4.22 se muestra el diagrama de bloques de la red ODN.

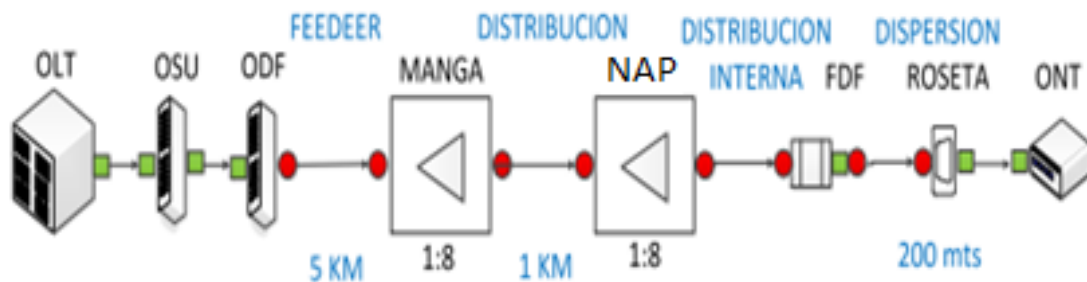


Figura 4.22 Diagrama de Bloques red GPON FASTER\_ISP

Fuente: Elaborado por el Investigador

Para la red de FASTER\_ISP se debe considerar los siguientes elementos pasivos y equipos activos:

- Splitter PLC 1:8 en manga
- Splitter Conectorizado 1:8 en NAP
- Cables en la red ODN
- Fusiones y Conectores
- OLT con puertos GPBD y módulos SFP C++ con una potencia de transmisión (+5dB)

- Nivel de sensibilidad en ONT de entre -7dB y -27dB
- ONT con puertos a una potencia (+0.5 dB)

Tabla 4.10 Presupuesto óptico

ELEMENTO		Cantidad	Atenuación típica (dB)	Atenuación Total (dB)
Conectores ITU671=0.5dB		5,00	0,50	2,50
Empalmes de fusión ITU751=0.1db promedio		5,00	0,10	0,50
Empalmes mecánicos ITU 751=0.1dB promedio			0,10	0,00
Splitters	1x2		3,50	0,00
	1x4		7,00	0,00
	1x8	2	10,50	21,00
	1x16		14,00	0,00
	1x32		17,50	0,00
	1x64		21,00	0,00
Fibras longitudes de onda	1310nm	3,26	0,35	1,14
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm		0,25	0,00
<b>TOTAL (dB)</b>				<b>25,14</b>

Fuente: Elaborado por el investigador

En la tabla 4.10 se presenta el presupuesto óptico elaborado para una caja de distribución aérea NAP de la red ODN de FASTER\_ISP, es recomendable realizar este cálculo tomando en cuenta el escenario más críticos, debido a que las condiciones que se presentan permiten encontrar los valores de potencia umbrales de la red, el presupuesto óptico se debe tomar en cuenta en la parte de diseño de las redes GPON, sin embargo, en la actualidad las redes se están desplegando sin tomar en cuenta normativas y estándares, se tiene presupuesto óptico de 25.14 dB.[20]

Potencia en el cliente = Potencia de TX de la OLT – presupuesto óptico

Potencia en el cliente = +5dB – 25.14dB

Potencia en cliente = -20.14 dB

De acuerdo con los niveles de sensibilidad de la ONT, son los valores óptimos de potencia para la entrega de servicios multimedia (IPTV).

### 4.3.3. Algoritmo de Gestión y Calidad de servicio QoS para IPTV en la red GPON de FASTER\_ISP

En la figura 4.23 se muestra el algoritmo de gestión para los usuarios finales consta de varias etapas, donde se detalla 3 aspectos importantes, las instalaciones de última milla, la QoS, y el servidor local de IPTV.

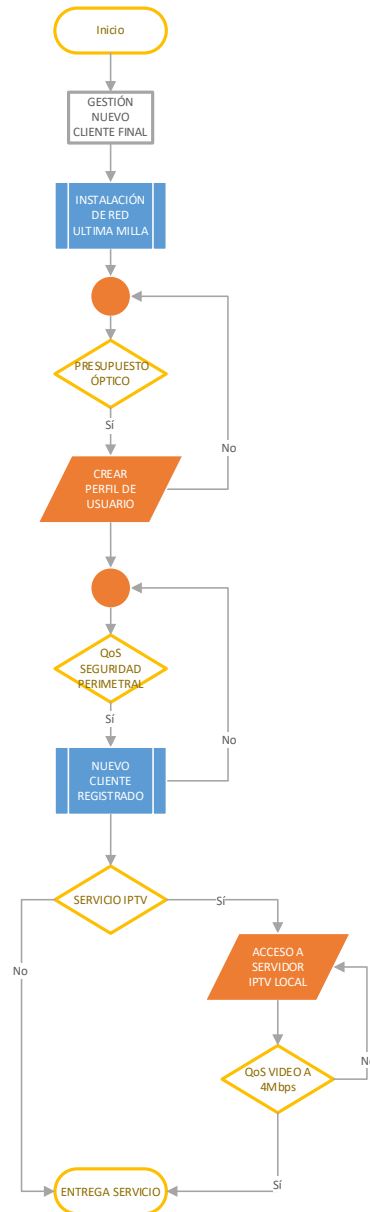


Figura 4.23 Algoritmo de Gestión y Calidad de servicio QoS

Fuente: Elaborado por el investigador

#### 4.3.4. Diagrama de red para Gestión y Calidad de servicio QoS para IPTV en la red GPON de FASTER\_ISP

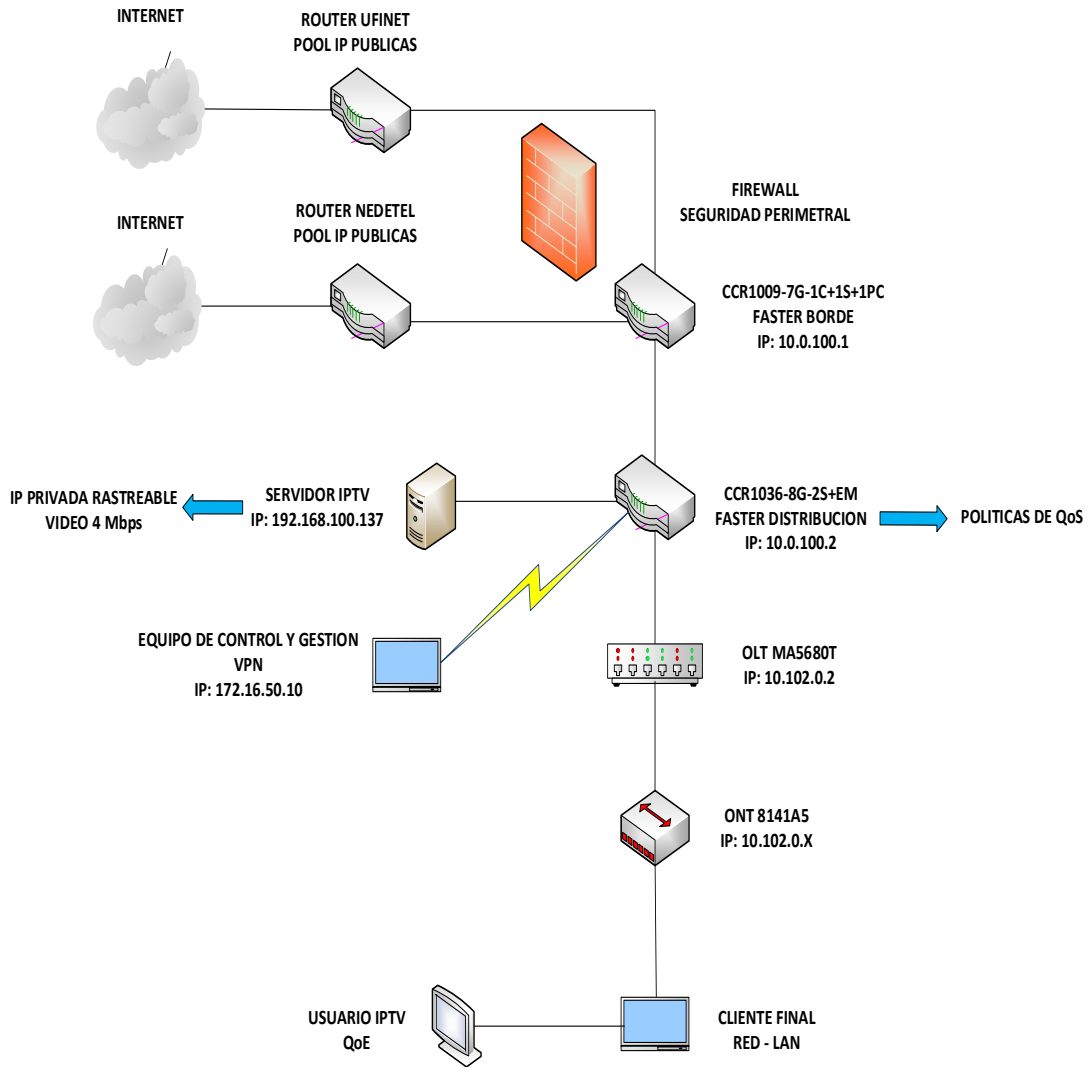


Figura 4.24 Diagrama de red Propuesto

Fuente: Elaborado por el investigador

Como se muestra en la figura 4.24 el diagrama de red propuesto, se define un firewall para seguridad de la red, políticas de QoS, y un servidor IPTV local a continuación, se detalla cada uno de los procedimientos, configuraciones e implementación que se van a dar en la red GPON de FASTER\_ISP, con la finalidad de mejorar la entrega y gestión de los productos multimedia que son distribuidos través de la red hasta los clientes finales.

#### 4.3.5. implementación del sistema para Gestión y Calidad de servicio QoS para IPTV en la red GPON de FASTER\_ISP

En primera instancia se debe garantizar que en las instalaciones de última milla se cumpla con el presupuesto óptico detallado en la sección 4.3.1, para esto se utiliza equipos que permiten caracterizar la red mediante pruebas reflectométricas y de potencia óptica, esto se realiza usando un OTDR y un medidor de potencia óptica, en la figura 4.25 se muestra la instalación de última milla y prueba de potencia óptica.



Figura 4.25 Instalación última milla y prueba de potencia óptica

Fuente: Elaborado por el investigador

Como se puede observar se tiene una potencia de  $-17.91\text{dB}$ , parámetro el cual se encuentra en los niveles de potencia adecuados para la transmisión, en el caso de que este parámetro supere los valores del presupuesto óptico se usa un OTDR, el cual permita encontrar y corregir los errores presentados.[20]

El siguiente proceso que se realiza es la creación del perfil del usuario en el equipo de distribución, este procedimiento fue detallado en la sección 4.1.2, donde mediante el protocolo PPPoE se gestiona a los usuarios, en la figura 4.26 se muestra la creación del perfil de un usuario.[19]

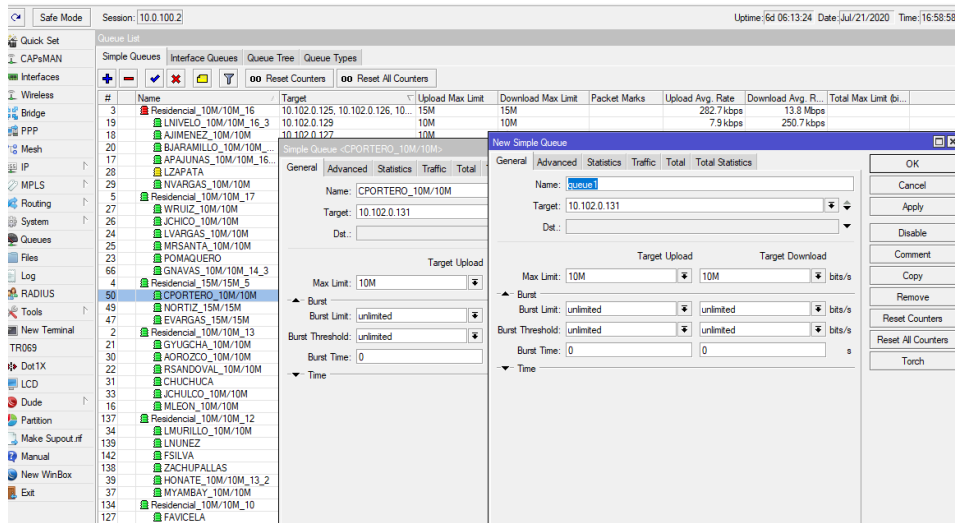


Figura 4.26 Creación perfil del nuevo usuario

Fuente: Elaborado por el investigador

Una vez que se crea el perfil el siguiente procedimiento es ingresar políticas de calidad de servicio QoS y de seguridad perimetral, que permitan gestionar de forma adecuada los servicios multimedia entre los cuales se encuentra IPTV.

Para esto a continuación se define las políticas de seguridad perimetral que se van a implementar, con los cual se dota de un firewall que garantice el bloqueo a intrusos que puedan comprometer la distribución del contenido.[21]

- Bloquear todo el tráfico ICMP que supere las 100 conexiones por segundo, con lo que se evita ataques de denegación de servicio o DOS, evitando que este tipo de ataques que consumen los recursos de los equipos inundando con solicitudes de conexión inicial.
- Limitar las conexiones TCP y UDP a 400 por segundo, esto permite que no puedan saturar el CPU del equipo, ocasionando que los puertos se queden fuera de servicio.
- Limitar la autenticación por protocolo SSH, permitiendo que los usuarios registrados se conecten mediante WINBOX, usando una secuencia numérica.
- Bloquear todo tipo de conexión que se gestione por el puerto 25 (SMTP), debido a que, por este protocolo de correo sencillo, se dan la mayoría de ataques de phishing.

- Habilitar todas las conexiones a internet por los puertos 80 (HTTP) y 443 (HTTPS), lo que disminuye la probabilidad de ataques tipo Malware, al acceder o descargar información de páginas no seguras.
- Las conexiones remotas vía VPN solo podrán autenticarse por medio del protocolo L2TP/IPsec, con llave preconfigurada.
- Todas las direcciones IPs que intenten vulnerar las políticas de seguridad perimetral, se les colocara en listas negras, con lo cual serán bloqueadas de cualquier tipo de acceso a la red.
- Escaneo permanente al tráfico de red mediante las herramientas NMAP, que nos permita identificar las vulnerabilidades que se presentan y tomar las correcciones respectivas.
- Limitar las conexiones DNS a 100 por segundo desde la LAN, esto debido a que algún equipo en el interior este infectado e intente saturar los puertos de la red, mediante ataques ransomware.

Con las políticas de seguridad detalladas se procede con la configuración, en el equipo de borde CCR1009-7G-1C+1S+1PC, este equipo tiene integrado un módulo lógico de firewall donde se implementa cada una de las reglas, en la figura 4.27 se muestra un bloque de reglas 1, donde se detalla el bloqueo del tráfico ICMP, conexiones por medio de VPN a Winbox, envío de IPs a listas negras, y la secuencia numérica para autenticación en los equipos mediante SSH.[21]

#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address	Proto...	Src. Port	Dst. Port	In. Inter...	Out. Int...	In. Inter...	Out. Int...	Src. Ad...	Dst. Ad...	Bytes	Packets
0	acc...	input			6 (tcp)		8291							6.5 GiB	108 141 ...
1	drop	input												157.9 MiB	1 800 380
2	jump	input			1 (c...									110.0 MiB	1 374 217
3	drop	input			6 (tcp)									171.6 MiB	4 088 557
4	drop	input			6 (tcp)		22					SSH-Lj...		57.2 MiB	1 363 066
5	add...	input			6 (tcp)		22					SSH-In...		228 B	5
6	add...	input			6 (tcp)		22					SSH-In...		456 B	10
7	add...	input			6 (tcp)		22					SSH-In...		684 B	15

Figura 4.27 bloque de reglas 1

Fuente: Elaborado por el investigador

En la figura 4.28 se muestra un bloque de reglas 2, para descartar las solicitudes UDP y TCP, la limitación de todas las solicitudes DNS a 100, donde se descarta las conexiones excesivas, y el bloqueo de ataques de denegación de servicio DOS.

#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address	Protocol	Src. Port	Dst. Port	In. Inter...	Out. Int...	Bytes	Packets
0	drop	pre_routing			17 (udp)		53			16.4 KiB	253
1	drop	pre_routing			6 (tcp)		53			3808 B	91
2	accept	pre_routing			6 (tcp)		53			551.2 KiB	9 402
3	accept	pre_routing			17 (udp)		53			181.3 MiB	2 772 494
4	drop	pre_routing			17 (udp)		53			7.0 MiB	101 166
5	drop	pre_routing			6 (tcp)		53			37.5 KiB	569
6	drop	pre_routing			6 (tcp)					0 B	0

Figura 4.28 bloque de reglas 2

Fuente: Elaborado por el investigador

En la figura 4.29 se detalla un grupo de reglas 3, donde se muestra el bloqueo de las IPs que se muestren a través de la herramienta NMAP.

#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address	Proto...	Src. Port	Dst. Port	In. Inter...	Out. Int...	Src. Ad...	Dst. Ad...	Bytes	Packets
5	add	input			6 (tcp)		22			SSH-In...		228 B	5
6	add	input			6 (tcp)		22			SSH-In...		456 B	10
7	add	input			6 (tcp)		22			SSH-In...		684 B	15
8	add	input			6 (tcp)		22			SSH-In...		912 B	20
9	drop	input								IPs-Por...		0 B	0
10	add	input			6 (tcp)							0 B	0
11	add	input			6 (tcp)							0 B	0
12	add	input			6 (tcp)							0 B	0
13	add	input			6 (tcp)							0 B	0
14	add	input			6 (tcp)							0 B	0
15	add	input			6 (tcp)							0 B	0
16	add	input			6 (tcp)							0 B	0
17	add	input			6 (tcp)							0 B	0
18	add	input			6 (tcp)							0 B	0
19	add	input			6 (tcp)							0 B	0
20	add	input			6 (tcp)							0 B	0
21	add	input			6 (tcp)							0 B	0

Figura 4.29 bloque de reglas 3

Fuente: Elaborado por el investigador



En la figura 4.30 se detalla un grupo de reglas 4, donde se observa la conexión VPN y el rango de IPs asignado para esto, además se permite el ingreso de conexiones establecidas y relacionadas.

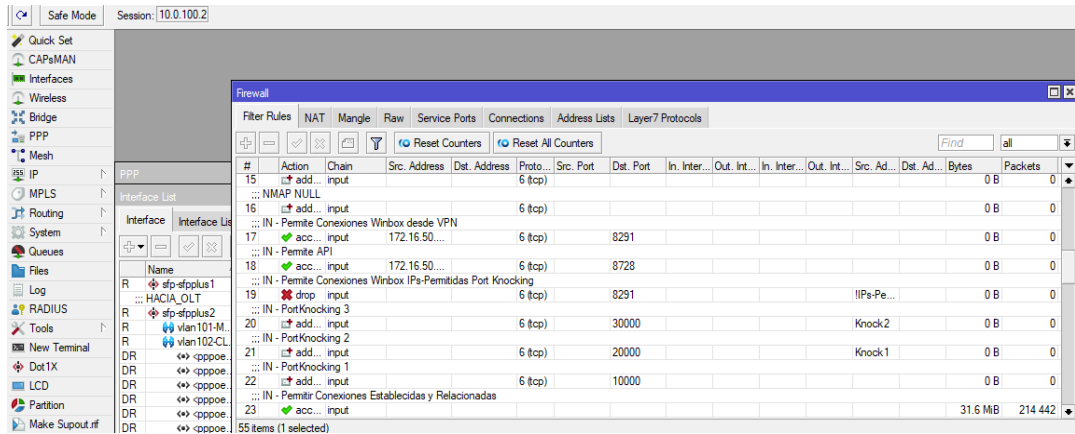


Figura 4.30 bloque de reglas 4

Fuente: Elaborado por el investigador

En la figura 4.31 se muestra un grupo de reglas 5, donde se permite todo el tráfico de protocolos de enrutamiento, el bloqueo del puerto 25 de SMTP, y se permite todo el tráfico TCP, UDP e ICMP que cumpla las otras políticas de seguridad.

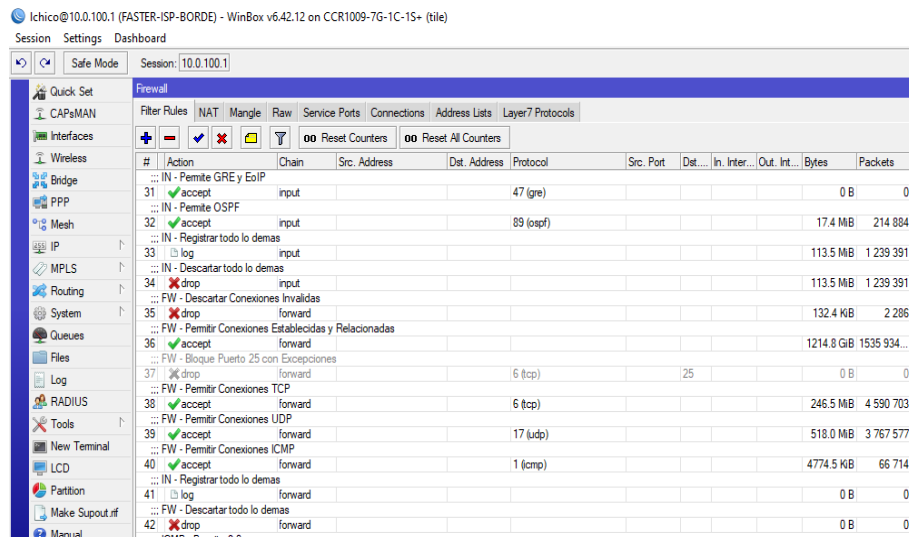


Figura 4.30 bloque de reglas 4

Fuente: Elaborado por el investigador

En la figura 4.32 se muestra la lista negra con las IPs que no cumplen las políticas de seguridad, y han intentado conexiones sin autorización.

Name	Address	Timeout
D SSH-ListaNegra	177.196.16.31	
D SSH-ListaNegra	85.209.0.3	
D SSH-ListaNegra	152.245.243.157	
D SSH-ListaNegra	152.242.94.89	
D SSH-ListaNegra	179.85.138.101	
D SSH-ListaNegra	95.103.163.106	
D SSH-ListaNegra	179.170.221.148	
D SSH-ListaNegra	177.197.37.146	
D SSH-ListaNegra	179.119.234.78	
D SSH-ListaNegra	177.212.205.124	
D SSH-ListaNegra	152.242.11.53	
D SSH-ListaNegra	88.214.26.8	
D SSH-ListaNegra	179.171.96.210	
D SSH-ListaNegra	193.32.163.123	
D SSH-ListaNegra	102.182.6.106	
D SSH-ListaNegra	177.173.183.13	
D SSH-ListaNegra	191.14.99.64	
D SSH-ListaNegra	191.128.193.181	
D SSH-ListaNegra	191.201.8.149	
D SSH-ListaNegra	191.10.236.138	
D SSH-ListaNegra	191.209.255.197	
D SSH-ListaNegra	177.79.77.52	
D SSH-ListaNegra	177.79.35.90	
D SSH-ListaNegra	177.79.127.194	
D SSH-ListaNegra	152.242.127.157	
D SSH-ListaNegra	121.219.7.222	
D SSH-ListaNegra	187.70.244.114	
D SSH-ListaNegra	47.59.246.206	
D SSH-ListaNegra	177.25.184.3	

Figura 4.32 Lista negra de IPs

Fuente: Elaborado por el investigador

Posteriormente se procede con la configuración de las políticas de calidad de servicio QoS, las cuales se implementan en el equipo CCR1036-8G-2S+EM, como se detalló en la sección 4.1.3 la gestión de los clientes se la realiza mediante protocolo PPPoE, sin embargo no se establece reglas que permitan que los servicios multimedia como IPTV tengan prioridad, lo que genera que estos servicios se degraden, la implementación de estas reglas se realizarán mediante colas simples y árbol de colas módulos lógicos que son parte del equipo de distribución existente.

Hay que considerar que las reglas que se implementan en colas simples, están relacionados a configuraciones de cada cliente y dependen del uso de aplicativos propios de cada usuario, donde dependiendo el tipo de plan contratado se le asigna los recursos necesarios para todos los tipos de tráfico existente, y los que tendrían prioridad como el video, estableciendo un ancho de banda dedicado y que no dependa del reúso, ni de la asimetría en subida y descarga, en la figura 4.33 se muestra la configuración de un usuario en colas simples, donde se establece el grupo de ancho de banda al cual pertenece y además se registra un ancho de banda efectivo de 3.6Mbps tanto en carga como descarga.[22]

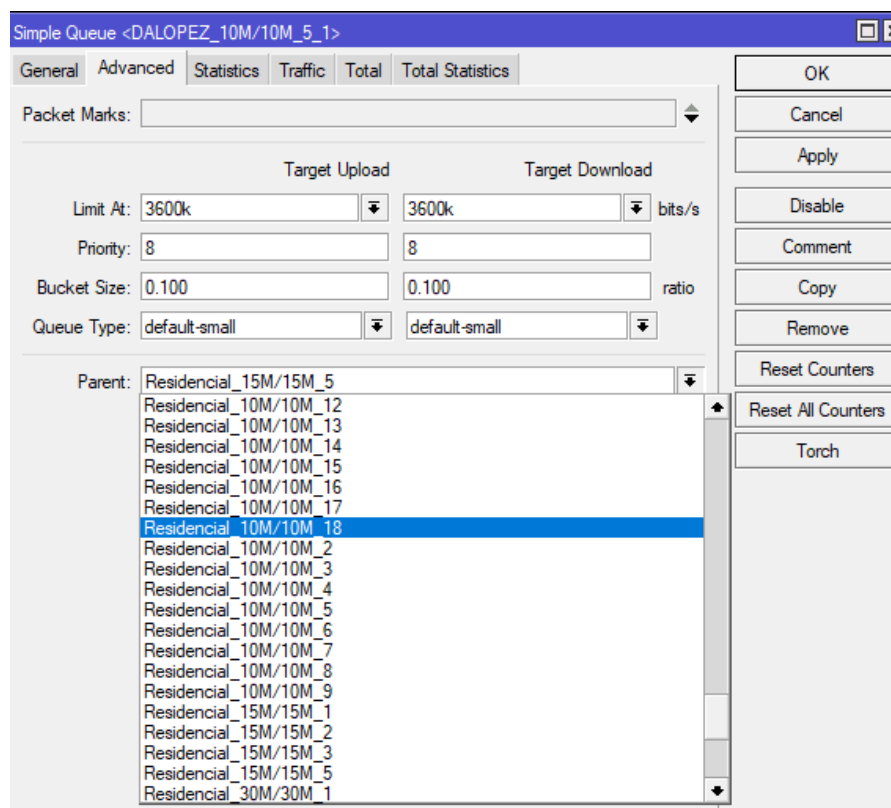


Figura 4.33 configuración ancho de banda efectivo en cliente final

Fuente: Elaborado por el investigador

En la figura 4.34 se muestra los diferentes planes que se ofertan, configurados en colas simples donde se puede revisar el direccionamiento IP, que proporciona el protocolo PPPoE, además del ancho de banda asignado a cada plan.

#	Name	Target	Upload Max Limit	Download Max Limit	Packet Marks	Upload Avg. Rate	Download Avg. R...	Total Max Limit (b...
6	Residencial_10M/10M_18	10.102.0.135	10M	10M				
52	DALOPEZ_10M/10M_5_1	10.102.0.135	10M	10M				
3	Residencial_10M/10M_16	10.102.0.125, 10.102.0.126, 10...	15M	15M		101.3 kbps	3.7 Mbps	
20	LNIVELLO_10M/10M_16_3	10.102.0.129	10M	10M		6.1 kbps	15.9 kbps	
19	AJIMENEZ_10M/10M	10.102.0.127	10M	10M		53.4 kbps	2.4 Mbps	
21	BJARAMILLO_10M/10M...	10.102.0.126	10M	10M		11.7 kbps	536.6 kbps	
18	APAJUNAS_10M/10M_16...	10.102.0.125	10M	10M		289 bps	1040 bps	
29	LZAPATA	10.102.0.124	10M	10M		22.3 kbps	244.4 kbps	
30	IVARGAS_10M/10M	10.102.0.123	10M	10M		7.2 kbps	479.9 kbps	
5	Residencial_10M/10M_17	10.102.0.120, 10.102.0.122, 10...	15M	15M		207.4 kbps	2.7 Mbps	
28	WRUIZ_10M/10M	10.102.0.133	10M	10M				
27	JCHICO_10M/10M	10.102.0.132	10M	10M		101.3 kbps	2.3 Mbps	
25	LVARGAS_10M/10M	10.102.0.130	10M	10M		424 bps	208 bps	
26	MRSANTA_10M/10M	10.102.0.122	10M	10M		27.4 kbps	105.1 kbps	
24	POMAZUERO	10.102.0.120	10M	10M		120 bps	104 bps	
68	GNAVAS_10M/10M_14_3	10.102.0.76	10M	10M		78.0 kbps	278.0 kbps	
4	Residencial_15M/15M_5	10.102.0.115, 10.102.0.116, 10...	15M	15M		1014.9 kbps	3.0 Mbps	
51	CPORTERO_10M/10M	10.102.0.131	10M	10M		903.0 kbps	525.7 kbps	
50	HORTIZ_15M/15M	10.102.0.116	15M	15M		111.4 kbps	2.4 Mbps	
49	EVARGAS_15M/15M	10.102.0.115	15M	15M		344 bps	203 bps	
2	Residencial_10M/10M_13	10.102.0.111, 10.102.0.112, 10...	15M	15M		518.6 kbps	2.2 Mbps	
22	GYUGCHA_10M/10M	10.102.0.121	10M	10M				
31	AOROZCO_10M/10M	10.102.0.119	10M	10M		56.9 kbps	2.2 Mbps	
23	RSANDOVAL_10M/10M	10.102.0.118	10M	10M		453.6 kbps	15.9 kbps	
32	CHUCHUCA	10.102.0.117	10M	10M				
34	ICHULCO_10M/10M	10.102.0.112	10M	10M				
17	MLEON_10M/10M	10.102.0.111	10M	10M		8.1 kbps	26.2 kbps	
139	Residencial_10M/10M_12	10.102.0.93, 10.102.0.96, 10.1...	10M	15M		126.9 kbps	1451.8 kbps	
35	LMURILLO_10M/10M	10.102.0.113	10M	10M		289 bps	560 bps	
141	LNUNEZ	10.102.0.102	10M	10M		83.3 kbps	906.4 kbps	
144	FSILVA	10.102.0.96	10M	10M		28.7 kbps	12.5 kbps	
140	ZACHUPALLAS	10.102.0.93	10M	7M		14.4 kbps	532.3 kbps	
40	HONATE_10M/10M_13_2	10.102.0.68	10M	10M		152 bps		
38	MYAMBAY_10M/10M	10.102.0.60	10M	10M				
136	Residencial_10M/10M_10	10.102.0.89, 10.102.0.90, 10.1...	15M	15M		141.6 kbps	3.6 Mbps	
129	FAVICELA	10.102.0.108	10M	10M		27.7 kbps		

Figura 4.34 Configuración de planes en colas simples

Fuente: Elaborado por el investigador

El siguiente paso es configurar el árbol de colas como muestra la figura 4.35, donde se observa que se da prioridad al tráfico de los principales aplicativos multimedia por los protocolos HTTPS, ICMP, DNS, y aplicaciones como Facebook, YouTube, Netflix, Juegos en línea, WhatsApp, donde se establece un ancho de banda mínimo y máximo para cada tipo de tráfico, recalcando un mayor ancho de banda a HTTPS protocolo por el cual funcionan los aplicativos de IPTV.[22]

Name	Parent	Packet Marks	Limit At (b...	Max Limit	Avg. R...	Queued Bytes	Bytes
GLOBAL	global		700M	371.0 M...	0 B	655342	
DESC...	GLOBAL_DE...	pack_dns	2M	700M	200.6 k...	0 B	262.2 ...
DESC...	GLOBAL_DE...	FACEBOOK_PAC...	2M	700M	13.4 kb...	0 B	77.3 GiB
DESC...	GLOBAL_DE...	FORNITE_PACKET	2M	700M	31.8 kb...	0 B	339.5 ...
DESC...	GLOBAL_DE...	pack_https	340M	700M	189.7 ...	0 B	340603...
DESC...	GLOBAL_DE...	pack_icmp	2M	700M	47.6 kb...	0 B	1015.8 ...
DESC...	GLOBAL_DE...	NETFLIX_PACKET	20M	700M	2.2 Mbps	0 B	6528.9 ...
DESC...	GLOBAL_DE...	REDES_PACKET	30M	700M	16.8 M...	0 B	35175...
DESC...	GLOBAL_DE...	pack_resto	280M	700M	149.9 ...	0 B	261540...
DESC...	GLOBAL_DE...	WHATSAPP_PAC...	2M	700M	49.3 kb...	0 B	86.7 GiB
DESC...	GLOBAL_DE...	pack_quic	1M	700M	0 bps	0 B	0 B
DESC...	GLOBAL_DE...	YOUTUBE_PACK...	20M	700M	11.8 M...	0 B	9712.6 ...
GLOBAL...	sfp-sfpplus1			600M	20.0 M...	0 B	37693...
SUBID...	GLOBAL_SU...	FACEBOOK_PAC...	50M	600M	6.7 kbps	0 B	36.6 GiB
SUBID...	GLOBAL_SU...	pack_https	50M	600M	8.3 Mbps	0 B	19679...
SUBID...	GLOBAL_SU...	pack_icmp	10M	600M	26.5 kb...	0 B	177.6 ...

Figura 4.35 Configuración de árbol de colas

Fuente: Elaborado por el investigador

En este punto de acuerdo con el algoritmo de gestión y calidad de servicio, se tiene registrado al nuevo cliente final, el cual ha cumplido con el presupuesto óptico, así como también con las políticas de seguridad perimetral y calidad de servicio QoS, con lo cual se garantiza la calidad de experiencia QoE con los servicios multimedia en los usuarios de la red, si el nuevo usuario no requiere el aplicativo de IPTV se cierra el algoritmo y el cliente quedaría operativo.

A continuación, se establece la solución para el aplicativo IPTV, para los cual se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos importantes.[21]

- En primera instancia hay que mencionar que las políticas de calidad de servicio QoS, deben ser establecidas en los equipos que se encuentran dentro de la red local de FASTER\_ISP, ya que del equipo de borde hacia afuera no se tiene control de las redes que proporcionan los servicios IPTV, por cuanto se desconoce su infraestructura y sus políticas de funcionamiento.
- Como segunda medida se menciona que si bien se puede asignar recursos hacia los servicios IPTV fuera de la red local de FASTER\_ISP, no garantiza su óptimo funcionamiento, ni la calidad de experiencia QoE del usuario final.
- En la sección 4.3.1 se obtuvo el ancho de banda efectivo que se requiere para garantizar la entrega del servicio IPTV a los usuarios finales.
- Bajo estas premisas la propuesta de solución para el aplicativo IPTV, es el implementar un servidor local de distribución de contenido de IPTV.
- Este servidor local IPTV estará conectado directamente al router de distribución CCR1036-8G-2S+EM, en el cual se tiene que configurar y asignar el ancho de banda efectivo de 4Mbps, mediante colas simples donde se asignara una línea dedicada, la cual, al estar dentro de la red local, no consume tráfico hacia el internet, por lo que es posible asignar un gran ancho de banda, sin restar recursos a los demás aplicativos.
- El acceso al servidor se daría por medio de la conexión existente entre las ONTs y el router de distribución, esto se limitará mediante usuario y contraseña, para el acceso vía web de los clientes que requieren el servicio, con lo cual se cierra el algoritmo con el cliente operativo con salida a internet y acceso al aplicativo IPTV.
- Como se menciona en la sección 4.2.5 este trabajo es investigativo debido a la normativa actual del ARCOTEL, respecto a IPTV.

Una vez que se ha definido las condiciones de operación del servidor de IPTV local, se procede con la implementación de este, en internet se puede encontrar varias distribuciones de servidores IPTV, el mismo que debe cumplir con las siguientes características.

- Distribución gratuita
- Software libre
- Parrilla programable de fácil uso para usuarios y administradores
- Actualizaciones permanentes
- Acceso vía web
- Alta capacidad de almacenamiento de contenido
- Alta capacidad de interacción con el usuario
- Seguridad y confiabilidad

De acuerdo con las características mencionadas, se ha optado por el servidor XTREAM, esta es una distribución en PHYTON, que se corre bajo el sistema operativo UBUNTU server, para la instalación del servidor, se recomienda algunos aspectos técnicos los cuales se mencionan a continuación.[24]

- Es recomendable instalarlo en el sistema operativo UBUNTU SERVER 18.04
- El servidor debe tener un mínimo de 2 Gigabytes en RAM y 20 Gigabytes en disco duro
- El servidor debe ser físico, sin embargo, al ser de carácter investigativo se lo instalará en un servidor virtual, en la plataforma virtual box
- Se deben actualizar de forma periódica con los diferentes scripts que se encuentran en la página oficial de XTREAM
- Es recomendable tener instalado y actualizado todos los paquetes de PHYTON en UBUNTU SERVER, esto facilitara la instalación y posterior funcionamiento del servidor IPTV.

Previo a la instalación del servidor de IPTV XTREAM, se procede con la instalación de virtual box y posterior con Ubuntu Server, en la figura 4.36 se muestra la ejecución del software para la plataforma virtual box, la misma que es de distribución gratuita y se ha elegido la última versión existente 6.1.4.[24]

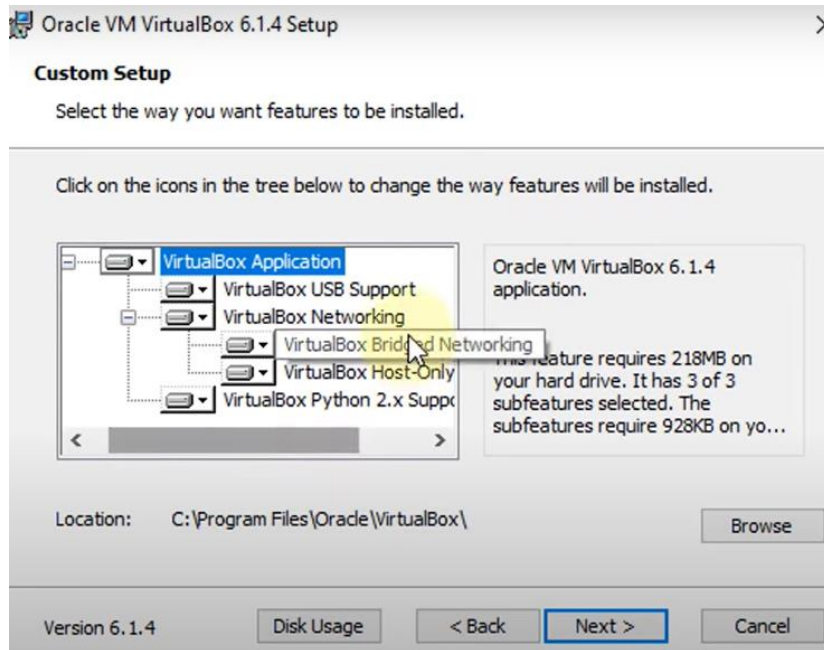


Figura 4.36 instalación de Virtual Box

Fuente: Elaborado por el investigador

En la figura 4.37 se muestra la plataforma virtual box instalada y operativa.

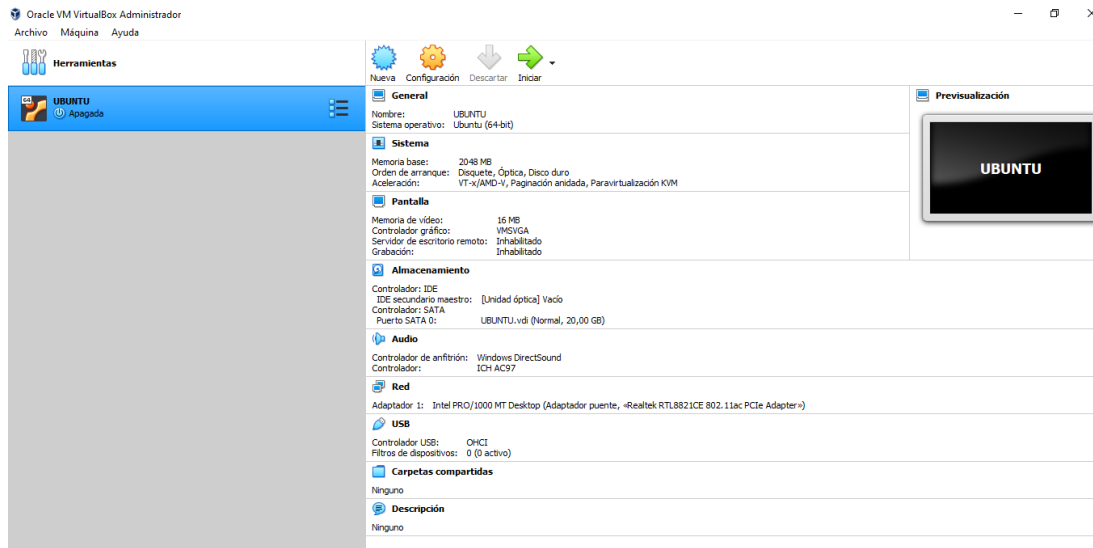


Figura 4.37 instalación de Virtual Box

Fuente: Elaborado por el investigador

Una vez instalado virtual box se procede a instalar la distribución de UBUNTU SERVER la cual es basada en Linux y es de libre uso, en la figura 4.38 se muestra la instalación de UBUNTU SERVER.[24]

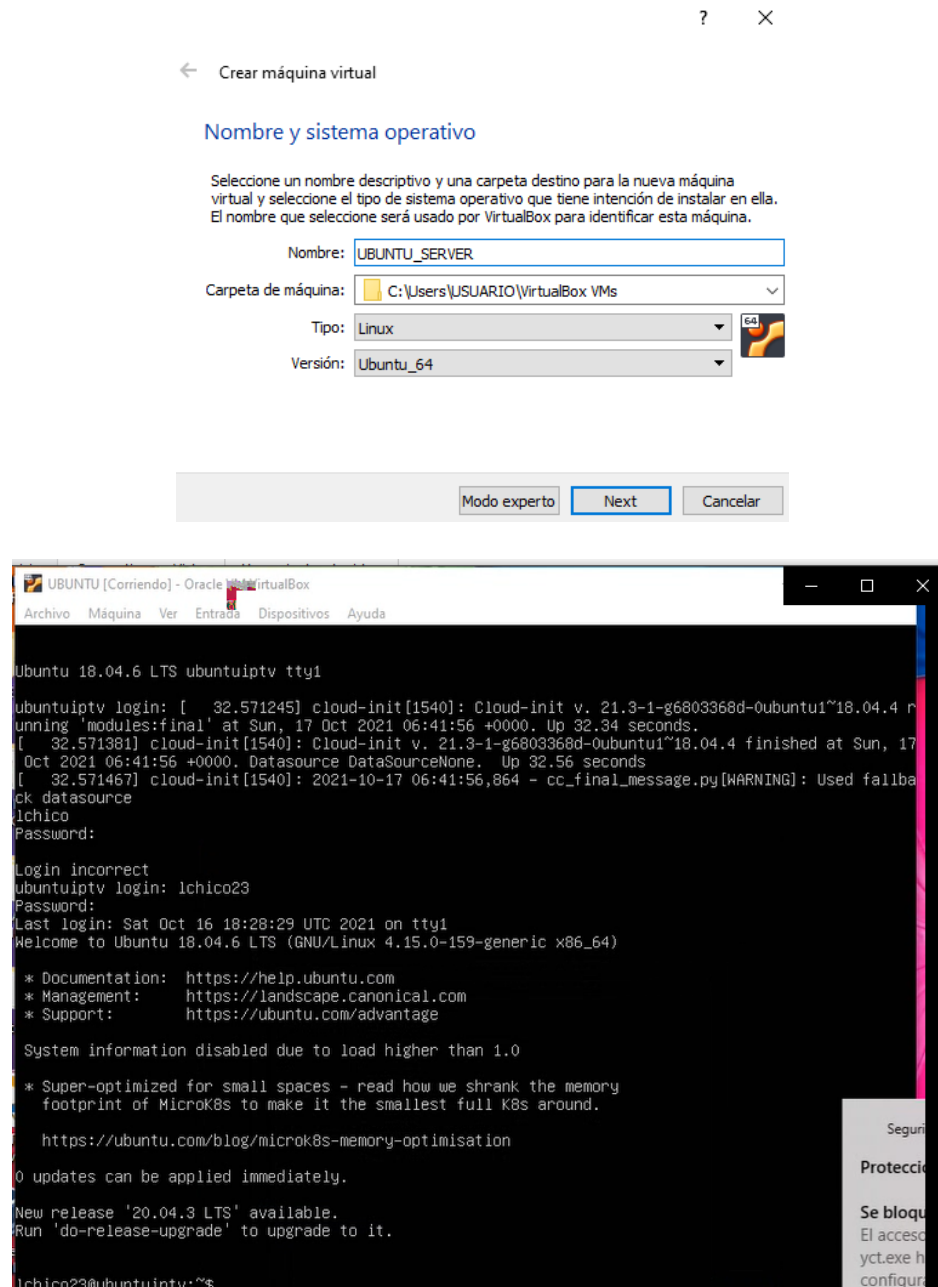


Figura 4.38 instalación de UBUNTU SERVER

Fuente: Elaborado por el investigador



Posteriormente a la instalación de Virtual Box y UBUNTU SERVER, se procede con la instalación del servidor para lo cual se ejecuta el código como super usuario en UBUNTU, de acuerdo con el SCRIPT presentado a continuación:[25]

---

## INSTALACIÓN XTREAM IPTV

---

\*\*\*instalación XTREAM\*\*\*

```
Root#>apt-get update
```

```
root#>apt-get install libxslt1-dev libcurl3 libgeoip-dev python
```

```
root#>wget https://xtream.hosting/scripts/install.py
```

```
root#>python install.py
```

\*\*\*descarga XTREAM\*\*\*

```
root#>apt-get install unzip e2fsprogs python-paramiko -y && chattr -i  
/home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/GeoLite2.mmdb && rm -rf  
/home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/admin && rm -rf  
/home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/pytools && wget  
"https://xtream.hosting/update/master.zip" -O /tmp/master.zip -o /dev/null && unzip  
/tmp/master.zip -d /tmp/update/ && cp -rf /tmp/update/XtreamUI-master/*  
/home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/ && rm -rf /tmp/update/XtreamUI-master && rm  
/tmp/update.zip && rm -rf /tmp/update && chattr +i  
/home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/GeoLite2.mmdb && chown -R  
xtreamcodes:xtreamcodes /home/xtreamcodes/ && chmod +x  
/home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/permissions.sh &&  
/home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/permissions.sh &&  
/home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/start_services.sh
```

\*\*\* reparar GEOLITE 2\*\*\*

```
root#>cd /home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/crons/ && cp servers_checker.php  
servers_checker.php.orgi && rm servers_checker.php && wget  
https://xtream.hosting/fix/servers_checker.php && sudo chattr -i  
/home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/GeoLite2.mmdb && sudo chmod 777
```

```

/home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/GeoLite2.mmdb && sudo chown -R
xtreamcodes:xtreamcodes /home/xtreamcodes/ && sudo chmod 777 -R
/home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/crons && sudo
/home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/start_services.sh

***iniciar automáticamente al arrancar***

root#>nano /etc/crontab

root#>@reboot root /home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/start_services.sh

***reparar monitor PID***

root#>wget "https://xtream.hosting/fix/pid_monitor.zip" -O /tmp/pid_monitor.zip -o /dev/null
&& unzip /tmp/pid_monitor.zip -d /tmp/pid_monitor && cp -rf /tmp/pid_monitor/*
/home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/crons/ && rm -rf /tmp/pid_monitor/ && rm
/tmp/pid_monitor.zip && sudo chown -R xtreamcodes:xtreamcodes /home/xtreamcodes/ &&
sudo chmod 777 -R /home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/crons

```

---

A continuación, en la figura 4.39 se muestra el comando para instalar el servidor XTREAM IPTV.

```

root@ubuntu:~# sudo apt-get update
Obj:1 http://ec.archive.ubuntu.com/ubuntu focal InRelease
Des:2 http://ec.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates InRelease [114 kB]
Des:3 http://ec.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports InRelease [101 kB]
Des:4 http://ec.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-security InRelease [114 kB]
Descargados 328 kB en 2s (195 kB/s)
Leyendo lista de paquetes... Hecho
root@ubuntu:~# sudo apt-get upgrade
Leyendo lista de paquetes... Hecho
Creando árbol de dependencias
Leyendo la información de estado... Hecho
Calculando la actualización... Hecho
0 actualizados, 0 nuevos se instalarán, 0 para eliminar y 0 no actualizados.
root@ubuntu:~# apt-get update ; apt-get install libxslt1-dev libcurl3 libgeopip-dev python -y ; wget
https://iptvservertools.com/xtreamui/install.py ; sudo python install.py
Obj:1 http://ec.archive.ubuntu.com/ubuntu focal InRelease
Des:2 http://ec.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates InRelease [114 kB]
Des:3 http://ec.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports InRelease [101 kB]
Des:4 http://ec.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-security InRelease [114 kB]
Descargados 328 kB en 2s (206 kB/s)
Leyendo lista de paquetes... Hecho
Leyendo lista de paquetes... Hecho
Creando árbol de dependencias
Leyendo la información de estado... Hecho
Nota, seleccionando «python-is-python2» en lugar de «python»

```

Figura 4.39 Instalación de XTREAM IPTV

Fuente: Elaborado por el investigador

Una vez que se instaló, en la figura 4.40 se puede apreciar cómo se ejecuta el comando para descargar del servidor XTREAM IPTV.[25]

```
Archivo Máquina Ver Entrada Dispositivos Ayuda
root@ubuntu:~# cd /home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/crons/ && cp servers_checker.php servers_checker.php.orgi && rm servers_checker.php && wget https://iptvservertools.com/xtreamui/servers_checker.php && sudo chattr -i /home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/GeoLite2.mmdb && sudo chmod 777 /home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/GeoLite2.mmdb && sudo chown -R xtreamcodes:xtreamcodes /home/xtreamcodes/ && sudo chmod 777 -R /home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/crons && sudo /home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/start_services.sh
--2021-10-16 02:59:31-- https://iptvservertools.com/xtreamui/servers_checker.php
Resolving iptvservertools.com (iptvservertools.com)... 185.221.216.3
Connecting to iptvservertools.com (iptvservertools.com)[185.221.216.3]:443... connected.
HTTP request sent, awaiting response... _
```

Figura 4.40 descarga de XTREAM IPTV

Fuente: Elaborado por el investigador

Seguido se muestra en la figura 4.41 la reparación de GEOLITE 2

```
UBUNTU [Corriendo] - Oracle VM VirtualBox
Archivo Máquina Ver Entrada Dispositivos Ayuda
creating: /tmp/update/XtreamUI-master/adtools/backups/
creating: /tmp/update/XtreamUI-master/adtools/balancer/
inflating: /tmp/update/XtreamUI-master/adtools/balancer/readme.txt
inflating: /tmp/update/XtreamUI-master/adtools/blacklist.txt
creating: /tmp/update/XtreamUI-master/crons/
inflating: /tmp/update/XtreamUI-master/crons/balancer.php
inflating: /tmp/update/XtreamUI-master/crons/kill_leaks.php
inflating: /tmp/update/XtreamUI-master/crons/stats.php
inflating: /tmp/update/XtreamUI-master/crons/tmdb_async.php
inflating: /tmp/update/XtreamUI-master/crons/vod_cc_series.php
inflating: /tmp/update/XtreamUI-master/crons/watch_folder.php
inflating: /tmp/update/XtreamUI-master/GeoLite2.mmdb
creating: /tmp/update/XtreamUI-master/isp/
inflating: /tmp/update/XtreamUI-master/isp/api.php
creating: /tmp/update/XtreamUI-master/isp/data/
inflating: /tmp/update/XtreamUI-master/isp/data/a08b37be7b556f6079bcc35398395acf
creating: /tmp/update/XtreamUI-master/nginx/
creating: /tmp/update/XtreamUI-master/nginx/sbin/
inflating: /tmp/update/XtreamUI-master/nginx/sbin/nginx
creating: /tmp/update/XtreamUI-master/nginx_rtmp/
creating: /tmp/update/XtreamUI-master/nginx_rtmp/sbin/
inflating: /tmp/update/XtreamUI-master/nginx_rtmp/sbin/nginx_rtmp
inflating: /tmp/update/XtreamUI-master/permissions.sh
creating: /tmp/update/XtreamUI-master/php/
creating: /tmp/update/XtreamUI-master/php/lib/
inflating: /tmp/update/XtreamUI-master/php/lib/php.ini
creating: /tmp/update/XtreamUI-master/pytools/
inflating: /tmp/update/XtreamUI-master/pytools/balancer.py
inflating: /tmp/update/XtreamUI-master/pytools/config.py
creating: /tmp/update/XtreamUI-master/pytools/PTN/
inflating: /tmp/update/XtreamUI-master/pytools/PTN/__init__.py
inflating: /tmp/update/XtreamUI-master/pytools/PTN/parse.py
inflating: /tmp/update/XtreamUI-master/pytools/PTN/patterns.py
inflating: /tmp/update/XtreamUI-master/pytools/release.py
shown: changing ownership of '/home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/GeoLite2.mmdb': Operation not pe
tted
root@ubuntu:~# _
```

Figura 4.41 reparación de GEOLITE 2

Fuente: Elaborado por el investigador

Al finalizar la instalación del servidor se genera la contraseña respectiva la cual sirve para iniciar el servidor IPTV, tal cual se muestran en la figura 4.42.[25]

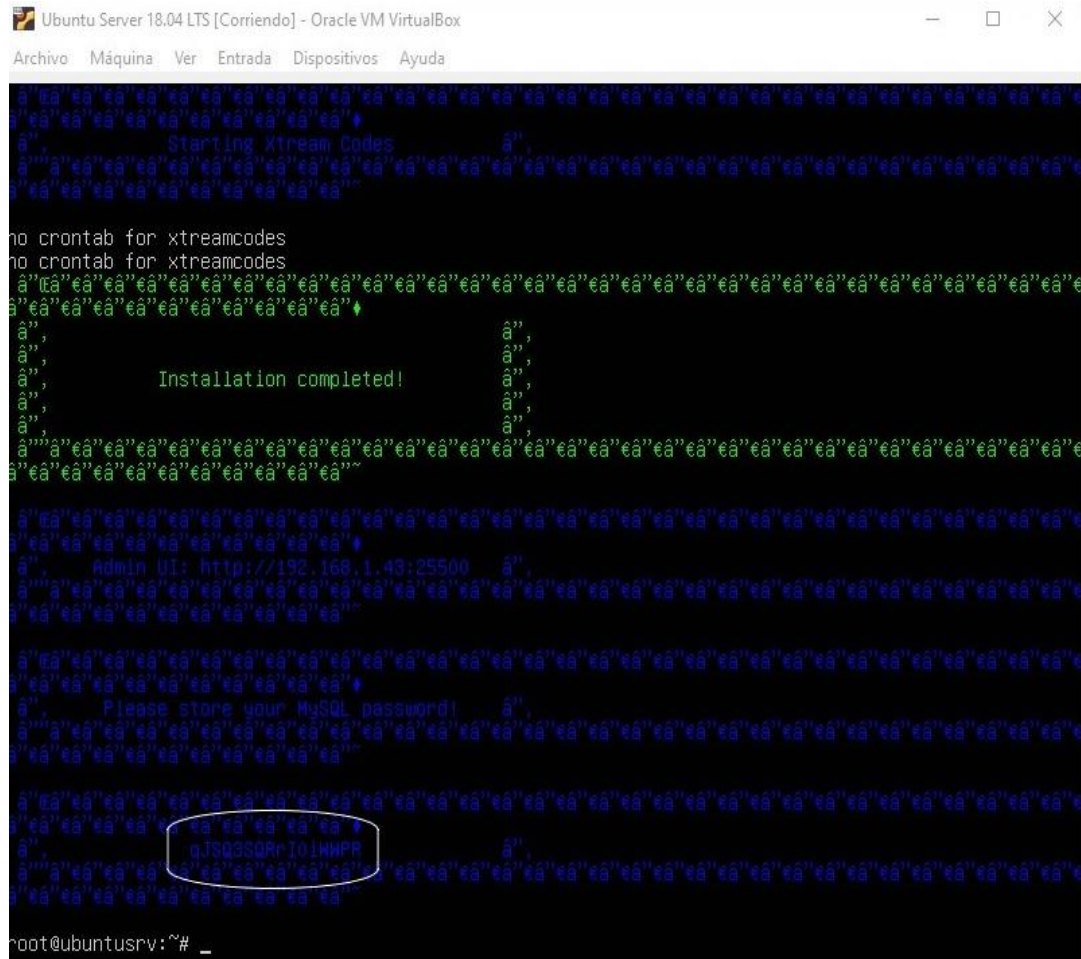


Figura 4.42 Generación de clave

Fuente: Elaborado por el investigador

Cuando se completa la instalación se puede acceder al servidor mediante un navegador web, digitando la dirección IP que se asignó al servidor IPTV, seguido del puerto 25500 por el cual se distribuyen los servicios de acuerdo con los datos técnicos del fabricante del aplicativo IPTV.[25]

Como se observa en la figura 4.43, se asignó una IP privada al servidor esto es importante ya que se puede aplicar las políticas de calidad de servicio QoS, esta será un IP rastreado y estará conectada por medio de NAT al router de distribución, y con prioridad para video a 4Mbps.

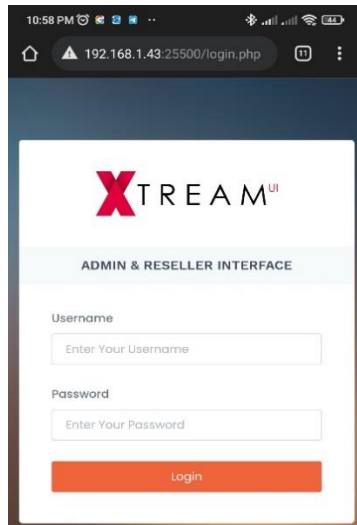


Figura 4.43 Acceso al servidor con IP privada

Fuente: Elaborado por el investigador

Así también se puede identificar el panel desplegado del servidor IPTV XTREAM, donde se configura todas las políticas de funcionamiento, se agrega contenido por medio de listas m3u y se realiza la gestión con los usuarios, como muestra la figura 4.44.

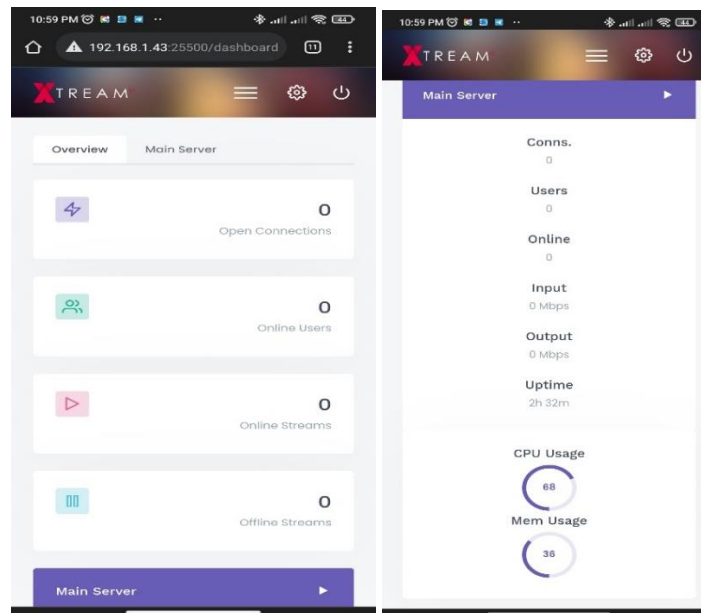


Figura 4.44 panel de gestión servidor IPTV XTREAM

Fuente: Elaborado por el investigador

En la figura 4.45 y 4.46 se muestra la configuración por NAT en el equipo de distribución y posteriormente las rutas configuradas en el equipo.[21]

The screenshot shows the Mikrotik WinBox Firewall configuration window. The 'NAT' tab is selected. A table lists three NAT rules:

#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address	Proto...	Src. Port	Dst. Port	In. Inter...	Out. Int...	Bytes	Packets
0	masquerade	srcnat							ether1	564.5 MiB	6 167 345
1	masquerade	srcnat							ether2	9.4 MiB	102 352
2	dst-nat	dstnat		190.61.39.86	6 (tcp)		8292			760 B	5

Figura 4.45 configuración NAT

Fuente: Elaborado por el investigador

The screenshot shows the Mikrotik WinBox Interface List window. A table displays routing statistics for various interfaces:

Name	Type	Actual MTU	L2 MTU	Tx	Rx	Tx Packet (p/s)	Rx Packet (p/s)	FP Tx	FP Rx	FP Tx Packet (p/s)	FP Rx Packet (p/s)
LoR0	Bridge	1500	65535	2.7kbps	0 bps	1	0	0 bps	0 bps	0	0
ether1	Ethernet	1500	1500	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
ether2	Ethernet	1500	1500	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
ether3	Ethernet	1500	1500	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
ether4	Ethernet	1500	1500	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
ether5	Ethernet	1500	1500	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
ether6	Ethernet	1500	1500	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
ether7	Ethernet	1500	1500	5.5kbps	0 bps	2	0	5.5kbps	0 bps	2	0
vlan110-N...	VLAN	1500	1576	2.7kbps	0 bps	1	0	0 bps	0 bps	0	0
ether8	Ethernet	1500	1500	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
stf-stplus1	Ethernet	1500	1500	16.9 Mbps	327.9 Mbps	13 714	32 259	16.9 Mbps	327.9 Mbps	13 714	32 259
stf-stplus2	Ethernet	1500	1500	292.3 Mbps	19.0 Mbps	30 170	14 583	292.3 Mbps	19.0 Mbps	30 170	14 583
vlan101-M...	VLAN	1500	1576	2.7kbps	0 bps	1	0	0 bps	0 bps	0	0

Figura 4.46 enrutamiento en equipo de distribución

Fuente: Elaborado por el investigador

### 4.3.6. Pruebas de funcionamiento del sistema para Gestión y Calidad de servicio QoS para IPTV en la red GPON de FASTER\_ISP

En primera instancia se realizó una medición del ancho de banda utilizando la herramienta speed test, donde se verifico una gran mejoría del ancho de banda con valores para carga de 21.95 Mbps y descarga 23.34 Mbps, en relación a la medición que se realizó antes de

implementar el sistema, otro aspecto muy importante que muestra la medición es el valor de latencia la cual se tiene un ping de 2ms, como indica la figura 4.45.



Figura 4.45 Pruebas de Ancho de banda y Latencia

Fuente: Elaborado por el investigador

Mediante la herramienta traceroute incluida en el módulo tools del equipo de distribución, se procede a realizar una prueba a la dirección IP 8.8.8.8 que corresponde al DNS de Google, donde se puede observar que no se tiene pérdida de paquetes, como se mostró en las pruebas antes de la implementación del sistema de gestión y calidad de servicio QoS, en la figura 4.46 se muestra lo descrito donde se puede mostrar un ping de 17.8ms de media para tráfico ICMP.

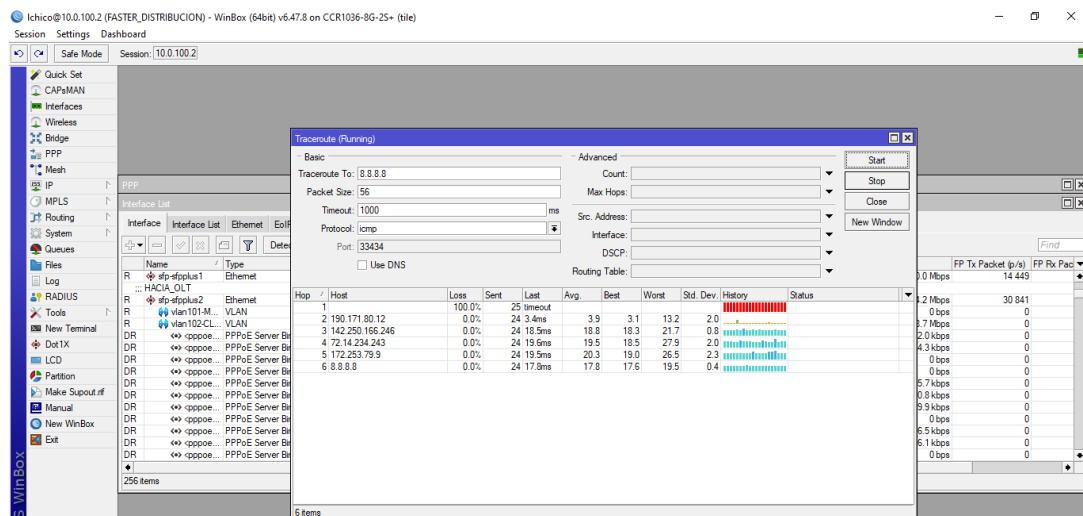


Figura 4.45 Pruebas de Pérdida de paquetes y ping con herramienta traceroute

Fuente: Elaborado por el investigador

De la misma manera se realizó el monitoreo a un cliente operativo, en la figura 4.46 se observa la tasa de transmisión y de paquetes para carga upload – download, de acuerdo con el consumo del cliente en el instante de realizar las pruebas, seguido en la figura 4.47 se muestra las estadísticas de consumo del cliente las tasas promedio y el historial de consumo, donde se puede determinar que el ancho de banda asignado es el adecuado para tráfico multimedia IPTV.

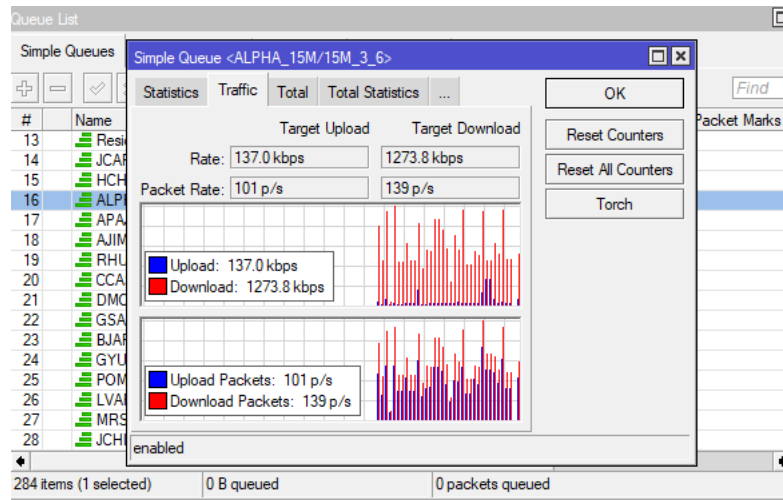


Figura 4.46 Monitoreo tasa de transmisión y de paquetes

Fuente: Elaborado por el investigador

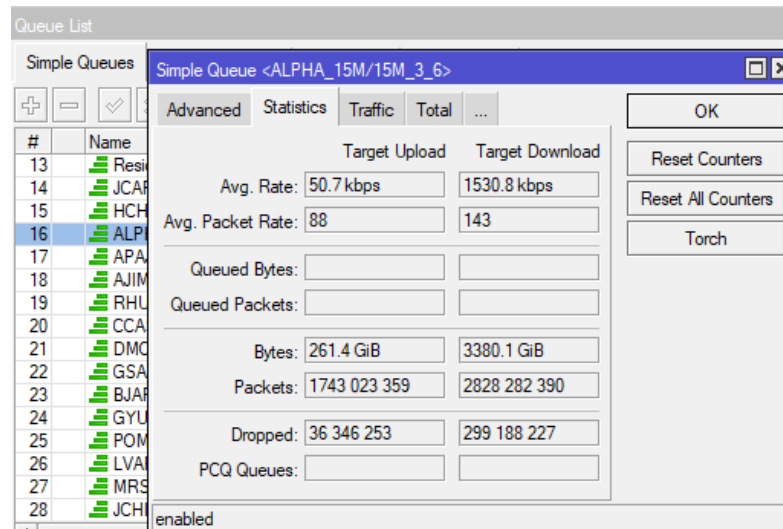


Figura 4.47 Estadísticas de históricos de tráfico

Fuente: Elaborado por el investigador



En la figura 4.48 se muestra las gráficas con las tasas de ancho de banda y paquetes, donde se observa que el tráfico de bajada es superior a 4 Mbps lo que garantiza la calidad de servicio QoS para video.

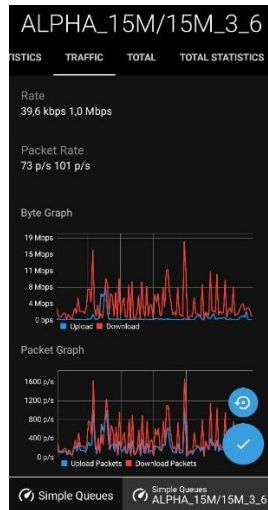


Figura 4.48 Graficas de tasas de ancho de banda y paquetes

Fuente: Elaborado por el investigador

De manera adicional se ha realizado pruebas de video con formato 4k UHD en los cuales se puede observar un correcto desempeño, donde el video se reproduce sin problemas de latencia y delay como se muestra en la figura 4.49.

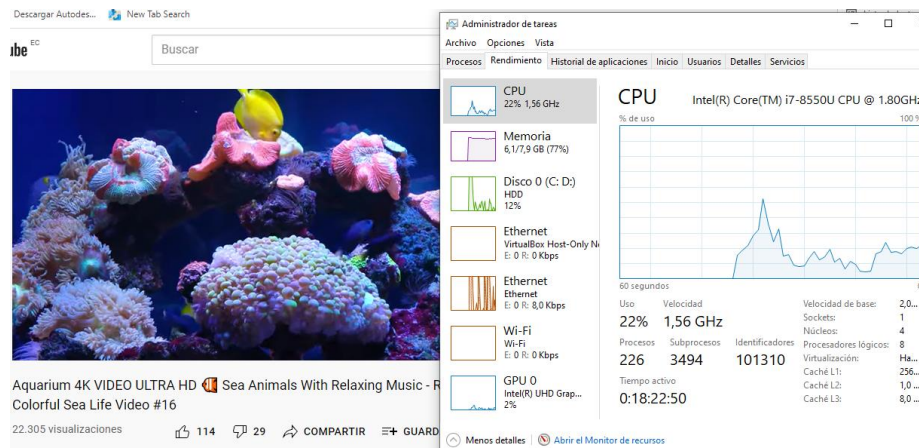


Figura 4.49 reproducción de video en 4k UHD sin Latencia y Delay

Fuente: Elaborado por el investigador

#### 4.4. Análisis de resultados de red GPON FASTER\_ISP y red GPON con sistema de Gestión y calidad de servicio para IPTV

Finalmente se presenta un cuadro comparativo, donde se puede apreciar los resultados obtenidos después de realizar la implementación del sistema propuesto, el mismo que abarca configuración de equipos, levantamiento de servicios, medición de parámetros y pruebas de funcionamiento, que permite mejorar la entrega de servicios multimedia incluido IPTV, que son de uso común de los usuarios finales de FASTER\_ISP, es importante mencionar que al realizar configuraciones en los equipos principales, estas abarcan a todos los suscriptores de la red GPON, sin embargo para los instalados con anterioridad no rigen los criterios de presupuesto óptico, la implementación de la red está dada bajo todos los criterios técnicos y legales que establecen las entidades de control, evitando multas y querellas jurídicas a la empresa.

Tabla 4.11 Análisis de resultados

<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>				
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RED GPON FASTER_ISP</b>	<b>RED GPON FASTER_ISP CON SISTEMA DE GESTION Y CALIDAD DE SERVICIO QoS PARA IPTV</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	Presupuesto Óptico para instalaciones de última milla	No	Si	Se considera un valor umbral de 25.14 dB
2	Seguridad Perimetral	No	Si	Firewall de alta disponibilidad
3	Tráfico ICMP-TCP-UDP-DNS	No	Si	Limitar el número de conexiones
4	Acceso VPN-SSH	Si	Si	Acceso SSH por secuencia numérica y VPN con llave preconfigurada

5	NMAP-SMTP	No	Si	Monitoreo NMAP- bloqueo de tráfico SMTP
6	Listas negras	No	Si	IPs que no cumplan las políticas de seguridad
7	Calidad de Servicio QoS	No	Si	Colas simples y árbol de colas
8	Ancho de Banda	1.19 Mbps Download - 1.13 Mbps Upload	23.34 MbpsDownload - 21.95 Mbps Upload	Políticas de gestión de red - Planes en colas simples
9	Latencia	55 ms	2 ms	Políticas de gestión de red - Servicios de video IPTV sin retardos
10	Delay	Si	No	Políticas de gestión de red - prioridad de tráfico árbol de colas
11	Ping	valores sobre los 100 ms	17.8 ms	Políticas de gestión de red - prioridad de tráfico árbol de colas
12	perdida de paquetes	Si	No	Políticas de gestión de red - Servicios de video IPTV sin pérdida de señal
13	Servidor IPTV	No	Si	Servidor local que garantiza ancho de banda efectivo de 4Mbps para video

Fuente: Elaborado por el investigador

Como se puede observar las mejoras en la gestión de los clientes y el acceso a los servicios multimedia, con los cual se mejora la calidad de experiencia QoE de los usuarios, la seguridad perimetral garantiza la confiabilidad del sistema, y por lo tanto la escalabilidad asignando los recursos necesarios a la red de manera eficiente y eficaz, posicionando a FASTER\_ISP como uno de los mejores proveedores de la región en un corto y mediano plazo.

Por lo presentado en la tabla 4.11 se ha demostrado que el sistema de gestión y calidad de servicio QoS contribuye en gran medida a la gestión de la red, disminuyendo los recursos humanos y técnicos que requiere la empresa para su desarrollo.

#### 4.5. Análisis Presupuestario

En relación al estudio técnico realizado en los capítulos anteriores, en este apartado se presenta un análisis técnico-económico, donde se pueda dimensionar los recursos que requiere la implementación del sistema de gestión y calidad de servicio, como se observa en la tabla 4.12.

Es importante mencionar que la gran mayoría de infraestructura ODN y planta interna se encontraba desplegada, pero sus recursos no estaban optimizados, por lo cual la implementación se realizó sobre la red existente, con respecto a la parrilla de canales de contenido se ha considerado un valor referencial, ya que esta depende de muchos factores siendo el de mayor importancia la situación jurídica en el país.

Tabla 4.12 Presupuesto del sistema de Gestión y calidad de servicio QoS

<b>PRESUPUESTO SISTEMA DE GESTIÓN Y CALIDAD DE SERVICIO QoS</b>				
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO (USD)</b>	<b>COSTO TOTAL (USD)</b>
1	CPU Servidor HP Core i7, 16 Gigabyte RAM, 512 SSD, Acelerador Gráfico	1	\$ 1.150,00	\$ 1.150,00
2	Monitor TCL 32" entrada HDMI	1	\$ 250,00	\$ 250,00
3	Power Meter SC/APC	1	\$ 125,00	\$ 125,00
4	Patch cord UTP Cat 6	1	\$ 8,00	\$ 8,00
4	Parrilla de canales	1	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 6.533,00</b>

Fuente: Elaborado por el investigador

Como se menciona la implementación se realiza sobre una infraestructura existente, en el desarrollo de la investigación se realizó un levantamiento de la red, por lo cual en la tabla 4.13 se presenta un presupuesto económico de la misma.

Tabla 4.13 Presupuesto de la red existente

<b>PRESUPUESTO DE RED EXISTENTE</b>					
<b>RED DE PLANTA EXTERNA</b>					
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO (USD)</b>	<b>PRECIO TOTAL (USD)</b>
1	ODF 96 PUERTOS	u	2	\$ 350,00	\$ 700,00
2	CABLE FO 96 HILOS	m	2300	\$ 2,12	\$ 4.876,00
3	MANGA DE 96 FO	u	10	\$ 75,00	\$ 750,00
4	CABLE FO 24 HILOS	m	770	\$ 1,15	\$ 885,50
5	CABLE FO 12 HILOS	m	6200	\$ 1,05	\$ 6.510,00
6	CABLE FO 6 HILOS	m	4200	\$ 0,95	\$ 3.990,00
7	SPLITTERS 1/8 PLC	u	32	\$ 12,00	\$ 384,00
8	NAPS (INCLUYE SPLITTER 1/8 CONECTORIZADO)	u	128	\$ 35,00	\$ 4.480,00
9	ROSETAS ÓPTICAS	u	400	\$ 3,50	\$ 1.400,00
10	CABLE FO 2 HILOS	m	8000	\$ 0,50	\$ 4.000,00
11	PATCH CORD SC/APC-SC/UPC DE 1m	u	432	\$ 4,50	\$ 1.944,00
<b>RED DE PLANTA INTERNA</b>					
1	OLT HUAWEI MA5680T	u	1	\$ 5.500,00	\$5.500,00

2	ROUTER MIKROTIK CCR1009-7G-1C+1S+1PC	u	1	\$ 850,00	\$850,00
3	ROUTER MIKROTIK CCR1036-8G-2S+EM	u	1	\$ 1.650,00	\$1.650,00
4	ONT HUAWEI 8441A5	u	400	\$ 35,00	\$14.000,00
5	UPS ALTA GAMA APC DE 2KVA BIFASICO ONLINE	u	1	\$ 880,00	\$880,00
6	BANCO DE BATERIAS 12v 9mA	u	1	\$ 400,00	\$400,00
7	MÓDULO SFP C++	u	32	\$ 45,00	\$1.440,00
8	PATCH CORD SFP	u	4	\$ 95,00	\$380,00
9	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	u	1	\$ 650,00	\$650,00
10	PATCH CORD UTP CAT 6	u	4	\$ 8,00	\$32,00
<b>TOTAL</b>					<b>\$55.701,50</b>

Fuente: Elaborado por el investigador

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

1. Las redes GPON por sus características permite distribuir servicios multimedia de manera eficiente, asignando a la red los recursos necesarios que garantice el acceso de los usuarios finales a este tipo de contenido, en la actualidad IPTV es uno de los servicios más utilizados por los clientes finales, la red ODN desplegada por FASTER\_ISP y su Planta Interna presentan las condiciones ideales para la distribución de aplicativos de voz y video, sin embargo para garantizar la calidad de servicio QoS es necesario implementar un servidor Interno de IPTV, donde la OLT y los equipos de Core y núcleo y los protocolos que rigen la red desempeñan un papel fundamental, por lo que es necesario establecer condiciones que optimicen los recursos de estas redes de banda ancha.
2. Es importante evaluar el comportamiento de la red y generar políticas de calidad de servicio QoS, determinando cuáles son los valores críticos de ancho de banda, la pérdida de paquetes, la latencia, el Delay que son parámetros fundamentales para la distribución de contenido multimedia, además se debe contar con políticas de seguridad perimetral, que eviten estar exponer la red con ataques informáticos que degradan los servicios que se entregan por la red GPON de FASTER\_ISP, optimizando los recursos de la misma, la cual está siendo subutilizada.
3. Los procesos que se ejecutan para la gestión de los usuarios en la red tradicional muestran las falencias con las que cuenta el sistema, por lo cual se propuso un sistema donde se prioriza el control en todos los procesos como el cumplimiento del presupuesto óptico en las instalaciones de última milla, el cumplimiento de políticas de seguridad perimetral y calidad de servicio, la entrega de video con un ancho de banda efectivo por medio de un servidor de IPTV, garantiza la calidad en la entrega de los servicios multimedia.
4. El sistema implementado mejora toda la gestión de los usuarios existentes y de los nuevos clientes de la red de FASTER\_ISP, con procesos en la ODN y en los equipos

de planta interna que optimizan y priorizan recursos técnicos en el manejo del tráfico multimedia de la red, manteniendo el ancho de banda asignado en la configuración de colas simples, mediante la priorización del tipo de tráfico por árbol de colas, se reduce la Latencia, el Delay y la pérdida de paquetes, además de limitar el número de conexiones en tráfico TCP, UDP, ICMP y DNS evitando ataques informáticos que garantice la entrega de servicios y la seguridad de la información, mejorando la calidad de experiencia QoE de los usuarios en relación al contenido multimedia distribuido por el servidor local de IPTV XTREAM.

### **Recomendaciones**

1. Para el despliegue de redes GPON hay que considerar las normativas de construcción de las empresas proveedoras de internet, así como los estándares internacionales existentes para este tipo de redes, estableciendo diseños escalables que permitan un crecimiento ordenado, y cumpliendo todos los lineamientos que establecen las entidades de control, sin ocasionar daños a terceros y brindando servicios de calidad como IPTV, con lo cual los usuarios opten por ser suscriptores de la empresa, mejorando la ocupación que tiene la red en este momento, y a su vez alcanzado mejores índices económicos.
2. Es recomendable dimensionar las redes con equipos que permita implementar políticas de seguridad perimetral y calidad de servicio QoS, además de contar con herramientas de análisis y monitoreo de red, dando una lectura permanente de los parámetros más importantes que se obtiene del flujo de tráfico, como interpretarlos y que acciones correctivas y preventivas se puede tomar, lo que facilita la gestión y administración de la red, así como también dotar a los técnicos de planta externa de equipos para medición y caracterización como OTDR y Power Meter que garanticen el despliegue de la ODN.
3. Se ha propuesto un sistema con un servidor local de IPTV, es importante mencionar que el servicio de IPTV en el país no está aprobado por las entidades de control, por lo que se recomienda gestionar los permisos correspondientes que avalen la distribución de este servicio, evitando problemas legales por uso de contenido sin derechos de autor, y una vez que se dé vía libre para el despliegue de este servicio, dotar de una parrilla



de canales en formatos de alta calidad y sin problemas en los parámetros de red al distribuir el contenido multimedia.

4. Se recomienda a los administradores de la red, establecer procesos de gestión con los usuarios en base al sistema implementado, ya que se ha comprobado que el mismo mejora la calidad de experiencia QoE de los usuarios en la distribución de contenido multimedia, por medio de un sistema confiable, seguro y escalable, además a través del mismo dar un seguimiento y monitoreo de otros parámetros de la red que permitan dimensionar nuevos procesos de mejora, con la finalidad de alcanzar nuevos estándares en la administración de la red.

## REFERENCIAS

- [1] O. Gil. *Fundamentos de redes de voz IP*. 2da edición. Vigo: IT Campus Academy, 2016.
- [2] S. Sanabria, J. John, D. Archila, F. John. "Evaluación de técnicas usadas en la restauración de imágenes afectadas por desenfoque". *Scien et Techn*, vol.17, núm. 51, pp. 145-154, 2012.
- [3] A. Cánovas. *Diseño y Desarrollo de un Sistema de Gestión Inteligente de QoE para Redes HD y Estereoscópicas IPTV*. PhD thesis, 2016.
- [4] J. Cuellar, J. Arciniegas, J. Hamilton. "Modelo para evaluar la calidad de experiencia al servicio de IPTV". *Inf Tecnol*, vol. 25, núm. 5, pp. 121-128, 2013.
- [5] J. Latal, M. Kralik, Z. Wilcek, J. Kolar, J. Vojtech. "Deployment and measurement of quality-of-service parameters for triple play services in optical access networks". *Communi-Scientific let of the Univ of Zilina*, vol.19, núm.3, pp. 34-45, 2017.
- [6] S. Mohamed, S. Azad, A. Khan. *IPTV Delivery Networks: Next Generation Architectures for Live and Video-on-demand Services*. John Wiley & Sons, 2018.
- [7] H. Bermúdez, J. Arciniegas, E. Astaiza. "Estado del arte de los métodos de evaluación de QoE y entornos de emulación para el servicio de video en redes LTE". *Entre Cien Ing*, vol. 10, núm. 20, pp. 66-75
- [8] R. J. Martelo, H. Triana, and G. Rodríguez, "Methodological guide for teaching the implementation of a GPON network."2017
- [9] El Hassane Khabizza, Rachid El Alami, Hassan Qjidda, Marruecos, "A Novel Approach to Reduce to Unicast Bandwidth of an IPTV System in a High-Speed Access Network",2017.
- [10] Javier Garcia Tomas, Marruecos, "Configuración de servicios de usuario con QoS sobre una red GPON real" Universidad Politécnica de Valencia,2019.
- [11] E. K. Markakis, A. Lykourgiotis, I. Politis, A. Dagiuklas, Y. Rebahi, and E. Pallis, "Eminos: Next generation emergency communication," *IEEE Communications Magazine*, vol. 55, no. 1, pp. 139–145, 2017
- [12] Javier Garcia Tomas, Marruecos, "Configuración de servicios de usuario con QoS sobre una red GPON real" Universidad Politécnica de Valencia,2019.

- [13] G. Diaz Orueta, E. San Cristóbal Ruiz, N. Oliva Alonso, and M. Castro Gil, Quality of service, 2017.
- [14] P. De la Cruz Ramos, “Contribución a los modelos y metodologías para la estimación de la calidad percibida por los usuarios (QoE) a partir de los parámetros de calidad de red/servicio (QoS) en servicios convergentes multimedia (TRIPLE PLAY)”, Universidad Politécnica de Madrid, 2012.
- [15] COIP: Código Integral Penal del Ecuador, Artículo 234, 2014.
- [16] FASTER\_ISP: Normativa de Construcción de Planta externa para la ODN, 2019.
- [17] Huawei Technologies Co., “Product Description”, 2015
- [18] Mikrotik Company., “Product Description”, 2018
- [19] FASTER\_ISP: Manual de Configuración de equipos terminales, 2019.
- [20] A. García Yagüe, “GPON: Introducción y Conceptos generales”, Telnet, vol. 2.3. p.75, 2014, Available: <http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introducción-conceptos.pdf>.
- [21] Mikrotik RouterOS V2.9 Reference Manual, 2005
- [22] Mikrotik Training Basic MTCNA-0905
- [23] Huawei manual de Configuración de OLT MA5680T
- [24] Guía de instalación Ubuntu Sever - <https://ubuntu.com/>
- [25] Guía de instalación servidor XTREAM IPTV - <https://xtream-ui.org/>
- [26] ARCOTEL, “Servicio de acceso a internet”, noviembre 2020.

# **ANEXOS**

## Anexo 1 Programación de Equipos

Programación de equipos de Core y Borde, donde se configura Firewall Perimetral y Políticas de QoS.

\*\*\*\*\*

```
add interface=vlan101-MGMT network-type=broadcast passive=yes
add interface=vlan102-CLIENTES network-type=broadcast passive=yes
/routing ospf network
add area=backbone network=10.0.255.0/32
add area=backbone network=10.0.100.0/30
add area=backbone network=10.101.0.0/24
add area=backbone network=10.102.0.0/16
set contact=FASTER enabled=yes location=LAS_GARDENIAS trap-community=\
  MI_COMUNIDAD trap-generators=interfaces trap-target=10.102.0.52 \
  trap-version=3
/system clock
set time-zone-name=America/Guayaquil
/system identity
set name=FASTER_DISTRIBUCION
/user group
set full policy="local,telnet,ssh,ftp,reboot,read,write,policy,test,winbox,passw\
  ord,web,sniff,sensitive,api,romon,dude,tikapp"
/ip neighbor discovery-settings
set discover-interface-list=!dynamic
/interface detect-internet
set detect-interface-list=all
/interface pppoe-server server
add disabled=no interface=vlan102-CLIENTES service-name=service1
/ip address
add address=10.0.100.2/30 interface=sfp-sfpplus1 network=10.0.100.0
add address=10.0.255.0 interface=LoR0 network=10.0.255.0
```

```

add address=10.101.0.1/24 interface=vlan101-MGMT network=10.101.0.0
add address=10.102.0.1/16 interface=vlan102-CLIENTES network=10.102.0.0
add address=172.20.0.1/29 interface=ether8 network=172.20.0.0
add address=10.0.100.5/30 interface=vlan110-NODO_PRUEBA network=10.0.100.4
/ip dhcp-client
add add-default-route=no disabled=no interface=ether6 use-peer-dns=no \
    use-peer-ntp=no
/ip dhcp-server network
add address=172.20.0.0/29 gateway=172.20.0.1
/ip dns
set servers=\
    1.1.1.1,8.8.8.8,200.107.255.4,167.250.220.220,190.52.206.3,186.148.105.105
/ip firewall filter
add action=accept chain=input comment=\
    "IN - Permite Conexiones Winbox desde VPN" dst-port=8291 protocol=tcp
add action=drop chain=input comment="IN - Descartar Conexiones Invalidas" \
    connection-state=invalid
add action=jump chain=input comment="IN - Revision Trafico ICMP" jump-target=\
    icmp protocol=icmp
add action=drop chain=input comment="IN - Descartar Port Scan" protocol=tcp \
    psd=10,3s,3,1
add action=drop chain=input comment="IN - Bloqueo Lista Negra SSH" dst-port=22 \
    protocol=tcp src-address-list=SSH-ListaNegra
add action=add-src-to-address-list address-list=SSH-ListaNegra \
    address-list-timeout=none-dynamic chain=input comment=\
    "IN - SSH Lista Negra" connection-state=new dst-port=22 protocol=tcp \
    src-address-list=SSH-Intento3
add action=add-src-to-address-list address-list=SSH-Intento3 \
    address-list-timeout=1m chain=input comment="IN - SSH Intento 3" \
    connection-state=new dst-port=22 protocol=tcp src-address-list=SSH-Intento2
add action=add-src-to-address-list address-list=SSH-Intento2 \

```

```

address-list-timeout=1m chain=input comment="IN - SSH Intento 2" \
connection-state=new dst-port=22 protocol=tcp src-address-list=SSH-Intento1
add action=add-src-to-address-list address-list=SSH-Intento1 \
address-list-timeout=1m chain=input comment="IN - SSH Intento 1" \
connection-state=new dst-port=22 protocol=tcp
add action=drop chain=input comment="Bloqueo IPs-PortScan" src-address-list=\
IPs-PortScan
add action=add-src-to-address-list address-list=IPs-PortScan \
address-list-timeout=2w chain=input comment="Lista de PortScan" protocol=\
tcp psd=10,3s,3,1
add action=add-src-to-address-list address-list=IPs-PortScan \
address-list-timeout=2w chain=input comment="Escaneo NMAP FIN Stealth" \
protocol=tcp tcp-flags=fin,!syn,!rst,!psh,!ack,!urg
add action=add-src-to-address-list address-list=IPs-PortScan \
address-list-timeout=2w chain=input comment="Escaneo SYN/FIN" protocol=tcp \
tcp-flags=fin,syn
add action=add-src-to-address-list address-list=IPs-PortScan \
address-list-timeout=2w chain=input comment="Escaneo SYN/RST" protocol=tcp \
tcp-flags=syn,rst
add action=add-src-to-address-list address-list=IPs-PortScan \
address-list-timeout=2w chain=input comment="Escaneo FIN/PSH/URG" protocol=\
tcp tcp-flags=fin,psh,urg,!syn,!rst,!ack
add action=add-src-to-address-list address-list=IPs-PortScan \
address-list-timeout=2w chain=input comment="Escaneo ALL/ALL" protocol=tcp \
tcp-flags=fin,syn,rst,psh,ack,urg
add action=add-src-to-address-list address-list=IPs-PortScan \
address-list-timeout=2w chain=input comment="NMAP NULL" protocol=tcp \
tcp-flags=!fin,!syn,!rst,!psh,!ack,!urg
add action=accept chain=input comment=\
add action=drop chain=input comment=\
"IN - Permite Conexiones Winbox IPs-Permitidas Port Knocking" dst-port=8291 \

```

```

    protocol=tcp src-address-list=!IPs-Permitidas
add action=add-src-to-address-list address-list=IPs-Permitidas \
    address-list-timeout=1d chain=input comment="IN - PortKnocking 3" dst-port=\
    30000 protocol=tcp src-address-list=Knock2
add action=add-src-to-address-list address-list=Knock2 address-list-timeout=20s \
    chain=input comment="IN - PortKnocking 2" dst-port=20000 protocol=tcp \
    src-address-list=Knock1
add action=add-src-to-address-list address-list=Knock1 address-list-timeout=20s \
    chain=input comment="IN - PortKnocking 1" dst-port=10000 protocol=tcp
add action=accept chain=input comment=\
    "IN - Permitir Conexiones Establecidas y Relacionadas" connection-state=\
    established,related
add action=accept chain=input comment="IN - Permite PPTP" dst-port=1723 \
    protocol=tcp
add action=accept chain=input disabled=yes dst-port=162 log=yes protocol=udp \
    src-address=168.235.67.15
add action=accept chain=input comment="IN - Permite L2TP" dst-port=1701 \
    protocol=udp
add action=accept chain=input comment="IN - Permite HTTP" dst-port=8285 \
    protocol=tcp
add action=accept chain=input comment="IN - Permite IKE" dst-port=500 protocol=\
    udp
add action=accept chain=input comment="IN - Permite IPSEC" protocol=ipsec-esp
add action=accept chain=input comment="IN - Permite IPSEC" protocol=ipsec-ah
add action=accept chain=input comment="IN - Permite IPSEC" dst-port=4500 \
    protocol=udp
add action=accept chain=input comment="IN - Permite GRE y EoIP" protocol=gre
add action=accept chain=input comment="IN - Permite OSPF" protocol=ospf
add action=log chain=input comment="IN - Registrar todo lo demas" log-prefix=\
    "LOG INPUT ----->>>>>>>"
add action=drop chain=input comment="IN - Descartar todo lo demas"

```



```

add action=drop chain=forward comment="FW - Descartar Conexiones Invalidas" \
    connection-state=invalid
add action=accept chain=forward comment=\
    "FW - Permitir Conexiones Establecidas y Relacionadas" connection-state=\
    established,related
add action=drop chain=forward comment="FW - Bloque Puerto 25 con Excepciones" \
    dst-port=25 protocol=tcp src-address-list=!Permitido_Puerto25
add action=accept chain=forward comment="FW - Permitir Conexiones TCP" \
    protocol=tcp
add action=accept chain=forward comment="FW - Permitir Conexiones UDP" \
    protocol=udp
add action=accept chain=forward comment="FW - Permitir Conexiones ICMP" \
    protocol=icmp
add action=log chain=forward comment="IN - Registrar todo lo demas" log-prefix=\
    "LOG FORWARD ----->>>>>"
add action=drop chain=forward comment="FW - Descartar todo lo demas"
add action=accept chain=icmp comment="ICMP - Permite 8:0" icmp-options=8:0 \
    limit=5,5:packet protocol=icmp
add action=accept chain=icmp comment="ICMP - Permite 0:0" icmp-options=0:0 \
    limit=5,5:packet protocol=icmp
add action=accept chain=icmp comment="ICMP - Permite 3:3" icmp-options=3:3 \
    limit=5,5:packet protocol=icmp
add action=accept chain=icmp comment="ICMP - Permite 3:4" icmp-options=3:4 \
    limit=5,5:packet protocol=icmp
add action=accept chain=icmp comment="ICMP - Permite 11:0" icmp-options=11:0 \
    limit=5,5:packet protocol=icmp
add action=drop chain=icmp comment="ICMP - Descarta otros mensajes ICMP" \
    protocol=icmp
add action=accept chain=ataque-syn comment="SYN - Limita a 400 conexiones TCP" \
    connection-state=new limit=400,5:packet protocol=tcp tcp-flags=syn
add action=drop chain=ataque-syn comment=\

```

```

"SYN - Descarta conexiones TCP excesivas" connection-state=new protocol=tcp \
tcp-flags=syn
/ip firewall mangle
add action=mark-connection chain=prerouting comment=HTTPS new-connection-mark=\
conn_https passthrough=yes port=80,443 protocol=tcp
add action=mark-packet chain=prerouting connection-mark=conn_https \
new-packet-mark=pack_https passthrough=no
add action=mark-connection chain=forward comment=NETFLIX layer7-protocol=\
netflix new-connection-mark=NETFLIX_CONN passthrough=yes
add action=mark-packet chain=forward connection-mark=NETFLIX_CONN \
new-packet-mark=NETFLIX_PACKET passthrough=no
add action=mark-connection chain=prerouting comment=WHATSAPP dst-port=\
5223,5222,5242,5228 new-connection-mark=WHATSAPP_CONN passthrough=yes \
protocol=tcp
add action=mark-packet chain=prerouting connection-mark=WHATSAPP_CONN \
new-packet-mark=WHATSAPP_PACKET passthrough=no
add action=mark-connection chain=prerouting comment=FACEBOOK layer7-protocol=\
facebook new-connection-mark=FACEBOOK_CONN passthrough=yes
add action=mark-packet chain=prerouting connection-mark=FACEBOOK_CONN \
new-packet-mark=FACEBOOK_PACKET passthrough=no
add action=mark-connection chain=prerouting comment=REDES layer7-protocol=\
"redes sociales" new-connection-mark=REDES_CONN passthrough=yes
add action=mark-packet chain=prerouting connection-mark=REDES_CONN \
new-packet-mark=REDES_PACKET passthrough=no
add action=mark-connection chain=forward comment=YOUTUBE layer7-protocol=\
youtube new-connection-mark=YOUTUBE_CONN passthrough=yes
add action=mark-packet chain=forward connection-mark=YOUTUBE_CONN \
new-packet-mark=YOUTUBE_PACKET passthrough=no
add action=mark-connection chain=prerouting comment=ICMP new-connection-mark=\
conn_icmp passthrough=yes protocol=icmp
add action=mark-packet chain=prerouting connection-mark=conn_icmp \

```

```

    new-packet-mark=pack_icmp passthrough=no
add action=mark-connection chain=prerouting comment=DNS dst-port=53 \
    new-connection-mark=CON_DNS passthrough=yes protocol=udp
add action=mark-packet chain=prerouting connection-mark=CON_DNS \
    new-packet-mark=pack_dns passthrough=no
add action=mark-connection chain=prerouting comment="RESTO DEL TRAFICO" \
    new-connection-mark=conn_resto passthrough=yes
add action=mark-packet chain=prerouting connection-mark=conn_resto \
    new-packet-mark=pack_resto passthrough=no
add action=mark-connection chain=prerouting comment=CORREO connection-mark="" \
    new-connection-mark=con_correo passthrough=yes port=25,587,110,993,995 \
    protocol=tcp
add action=mark-packet chain=prerouting connection-mark=con_correo \
    new-packet-mark=pack_correo passthrough=no
add action=mark-connection chain=prerouting comment=IPTV disabled=yes dst-port=\
    8091 new-connection-mark=conn_iptv passthrough=yes protocol=tcp
add action=mark-packet chain=prerouting connection-mark=conn_iptv disabled=yes \
    new-packet-mark=pack_iptv passthrough=no
add action=mark-connection chain=postrouting comment=FORNITE dst-port="51696,522\
    2,5795-5847,52480-52484,3478-3480,3074,6667,28910,29901,29920,60034,59979" \
    new-connection-mark=FORNITE_CONN passthrough=yes protocol=tcp
add action=mark-packet chain=postrouting connection-mark=FORNITE_CONN \
    new-packet-mark=FORNITE_PACKET passthrough=no
/ip firewall raw
add action=notrack chain=prerouting protocol=ospf
add action=notrack chain=output protocol=ospf
/ip service
set telnet disabled=yes
set ftp disabled=yes
set www port=8285
/ppp secret

```

## Anexo 2 Programación servidor IPTV XTREAM

### Instalación y levantamiento del servidor IPTV local XTREAM

\*\*\*\*\*

```
Root#>apt-get update
```

```
root#>apt-get install libxslt1-dev libcurl3 libgeoip-dev python
```

```
root#>wget https://xtream.hosting/scripts/install.py
```

```
root#>python install.py
```

```
***descarga XTREAM***
```

```
root#>apt-get install unzip e2fsprogs python-paramiko -y && chattr -i  
/home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/GeoLite2.mmdb && rm -rf  
/home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/admin && rm -rf  
/home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/pytools && wget "https://xtream.hosting/update/master.zip" -  
O /tmp/master.zip -o /dev/null && unzip /tmp/master.zip -d /tmp/update/ && cp -rf  
/tmp/update/XtreamUI-master/* /home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/ && rm -rf  
/tmp/update/XtreamUI-master && rm /tmp/update.zip && rm -rf /tmp/update && chattr +i  
/home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/GeoLite2.mmdb && chown -R xtreamcodes:xtreamcodes  
/home/xtreamcodes/ && chmod +x /home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/permissions.sh &&  
/home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/permissions.sh &&  
/home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/start_services.sh
```

```
*** reparar GEOLITE 2***
```

```
root#>cd /home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/crons/ && cp servers_checker.php  
servers_checker.php.orgi && rm servers_checker.php && wget  
https://xtream.hosting/fix/servers_checker.php && sudo chattr -i  
/home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/GeoLite2.mmdb && sudo chmod 777  
/home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/GeoLite2.mmdb && sudo chown -R xtreamcodes:xtreamcodes  
/home/xtreamcodes/ && sudo chmod 777 -R /home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/crons && sudo  
/home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/start_services.sh
```

```
***iniciar automáticamente al arrancar***
```

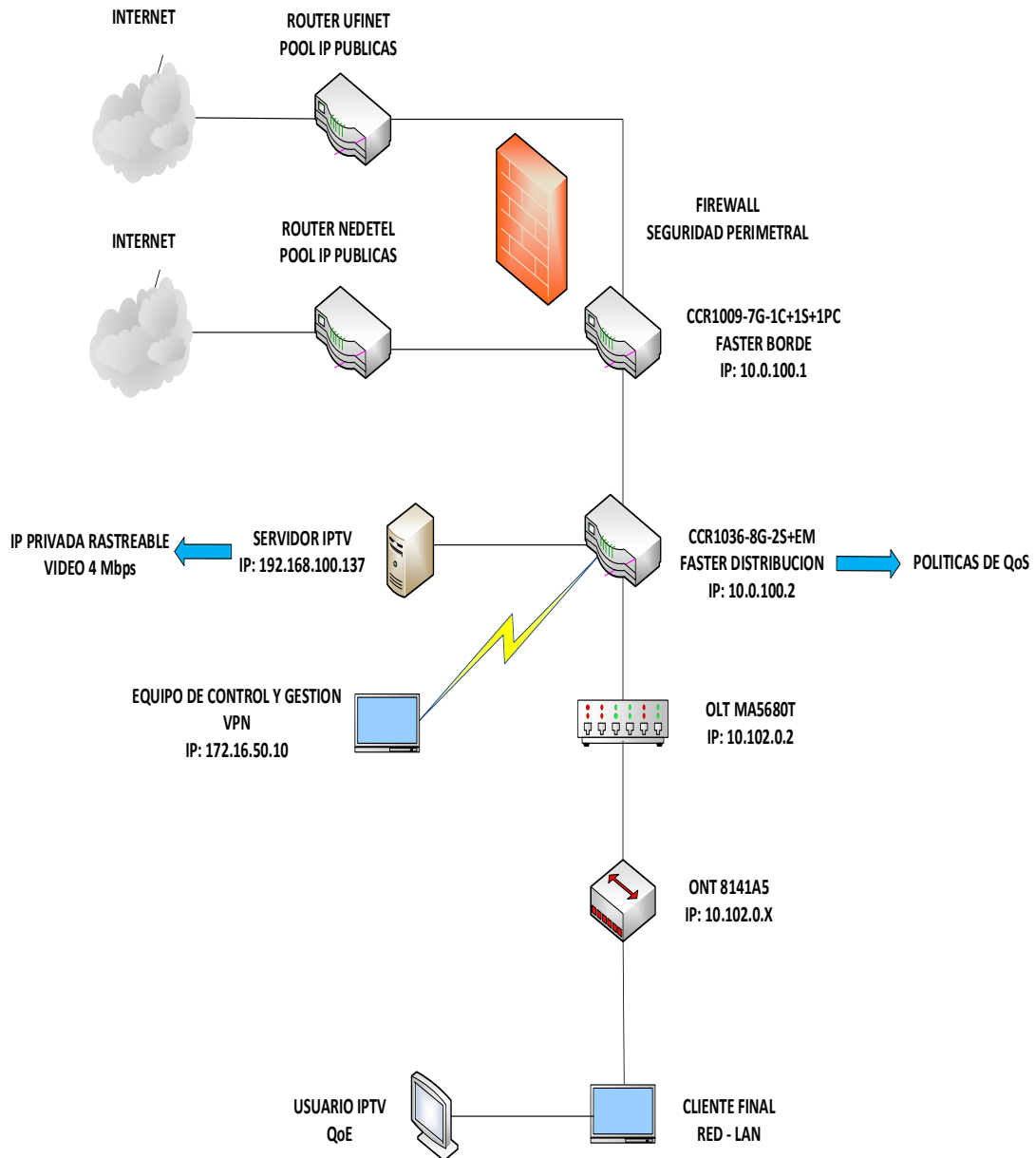
```
root#>nano /etc/crontab
```

```
root#>@reboot root /home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/start_services.sh
```

```
***reparar monitor PID***
```

```
root#>wget "https://xtream.hosting/fix/pid_monitor.zip" -O /tmp/pid_monitor.zip -o /dev/null &&  
unzip /tmp/pid_monitor.zip -d /tmp/pid_monitor && cp -rf /tmp/pid_monitor/*  
/home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/crons/ && rm -rf /tmp/pid_monitor/ && rm  
/tmp/pid_monitor.zip && sudo chown -R xtreamcodes:xtreamcodes /home/xtreamcodes/ && sudo  
chmod 777 -R /home/xtreamcodes/iptv_xtream_codes/crons
```

**Anexo 3 Diagrama sistema de gestión y calidad de servicio QoS en la red GPON de FASTER\_ISP.**



**Anexo 4 Zona de Cobertura red GPON de FASTER\_ISP**

