



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA TELECOMUNICACIONES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH  
UTILIZANDO EL ESTÁNDAR G.984.X CONFIGURANDO QUEUE-  
TREE Y ACL EN EL MIKROTIK RB4011IGS+RM PARA EL ISP  
MUNDOTRONIC EN TOLLOLOMA”**

**Trabajo de Integración Curricular**  
Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:  
**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y  
REDES**

**AUTORES:**

**DIEGO SEBASTIAN SÁNCHEZ SILVA**  
**LUIS ALEXANDER COLCHA GUASHPA**

Riobamba – Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA TELECOMUNICACIONES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH  
UTILIZANDO EL ESTÁNDAR G.984.X CONFIGURANDO QUEUE-  
TREE Y ACL EN EL MIKROTIK RB4011IGS+RM PARA EL ISP  
MUNDOTRONIC EN TOLLOLOMA”**

**Trabajo de Integración Curricular**  
Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:  
**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y  
REDES**

**AUTORES: DIEGO SEBASTIAN SÁNCHEZ SILVA**  
**LUIS ALEXANDER COLCHA GUASHPA**

**DIRECTOR: ING. MSc. OSWALDO GEOVANNY MARTINEZ GUASHIMA**

Riobamba – Ecuador

2022

**© 2022, Diego Sebastian Sánchez Silva, Luis Alexander Colcha Guashpa**

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

Nosotros, Diego Sebastian Sánchez Silva y Luis Alexander Colcha Guashpa, declaramos que el presente trabajo de integración curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 28 de abril de 2022



**Diego Sebastian Sánchez Silva**  
C.I. 180532802-6



**Luis Alexander Colcha Guashpa**  
C.I. 060397587-1

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA TELECOMUNICACIONES**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH UTILIZANDO EL ESTÁNDAR G.984.X, CONFIGURANDO QUEUE-TREE Y ACL EN EL MIKROTIK RB4011IGS+RM PARA EL ISP MUNDOTRONIC EN TOLLOLOMA**”, realizado por los señores: **DIEGO SEBASTIAN SÁNCHEZ SILVA y LUIS ALEXANDER COLCHA GUASHPA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de integración curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Paúl David Moreno Avilés PhD. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	_____	2022-04-28
Ing. Oswaldo Geovanny Martínez Guashima MSc. <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	_____	2022-04-28
Ing. Alberto Leopoldo Arellano Aucancela MSc. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	2022-04-28

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de integración curricular se lo dedico en primer lugar a Dios, por haberme brindado la sabiduría y fuerzas necesarias para continuar luchando por alcanzar mis objetivos. Se lo dedico a mi Madre, porque siempre confió en mis capacidades y estuvo a mi lado para apoyarme demostrándome su cariño, por ser una mujer valiente que me guio desde muy pequeño a ser un hombre de bien lleno de buenos valores y sentimientos. De manera especial quiero dedicárselo a mi hermano por ser mi mayor ejemplo de superación en la vida y además de todo el apoyo que me supo brindar para nunca rendirme a pesar de las adversidades que se presentaron en el camino. Finalmente, se la dedico a una persona especial y a mi mejor amigo que partió al cielo, pero su recuerdo siempre me motivó y además me sirvió de impulso para jamás rendirme.

**Diego**

Dentro de mi trayecto por la vida pude darme cuenta de que hay muchas cosas para las que soy bueno, encontré destrezas que jamás pensé, se desarrollasen en mí; pero lo que realmente importa es que pude descubrir que por más que disfrute trabajar solo, siempre obtendré un mejor resultado si lo realizo con la ayuda y compañía adecuada; dentro del desarrollo de esta tesis se presentaron muchos momentos en los cuales pareciera que los deberes y compromisos fueran a acabar por completo con mi vida y mi existencia, pero también entendí que en ese momento de dificultad la ayuda que necesitas llega cuando tú la solicites y justo a tiempo. Por ese motivo quiero dedicar mi trabajo de integración curricular y agradecer a Dios por la vida de mi padre Santiago y mi madre Zoila y también porque cada día bendice mi vida con la hermosa oportunidad de estar y disfrutar al lado de las personas que me aman, y las que yo sé que más amo en mi vida; Gracias a mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ellos pues me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis sueños y anhelos y por ello los considero como el motor principal de mis sueños y les agradezco por siempre confiar y creer en mí; a mis hermanos Vannessa, Karina, Jhon, Gael y Samantha quienes me han brindado su amor, bendición, consejo y apoyo para continuar en el camino durante todo el tiempo de mi formación profesional y por ultimo pero no menos importante a mis tíos y primos especialmente a Jessica y Vinicio por su apoyo incondicional y sus consejos que me han ayudado a continuar por mi camino. Gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que me han apoyado y creyeron en la realización de esta tesis.

**Luis**

## AGRADECIMIENTO

Primeramente, quiero dar gracias a Dios por permitirme culminar con mis estudios y ser mi guía, agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por ser la institución que me formo como profesional, así como a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día, de una manera especial al Ing. Oswaldo Martínez quien desinteresadamente nos supo guiar en el desarrollo de este trabajo. El agradecimiento a mi compañero de trabajo por su responsabilidad y dedicación para la elaboración del mismo.

Finalmente quiero expresar mis sinceros agradecimientos a todos quienes conforman la empresa Mundo-Tronic tanto al personal administrativo como al personal técnico, ya que fueron quienes nos impulsaron en la ejecución de este proyecto.

**Diego**

Me gustaría agradecer en estas líneas la ayuda que muchas personas y colegas me han prestado durante el proceso de investigación y redacción de este trabajo. Mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes y ser mi apoyo incondicional durante todo mi proceso de formación. Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal que hacen la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a la facultad de Informática y Electrónica por confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso investigativo dentro de su establecimiento educativo, también quiero agradecer por ser la institución que me formo como profesional y a los diferentes docentes quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad que me han brindado, mi gratitud a mi tutor del trabajo de integración curricular Ing. Oswaldo Martínez por impartirme y guiarme con su conocimiento en la realización del presente trabajo.

Mi agradecimiento a la empresa Mundo-Tronic por permitirme realizar mis prácticas pre-profesionales y mi tesis en su distinguida empresa y a todo su personal administrativo y técnico que nos ayudaron en la realización del trabajo. Y finalmente un agradecimiento especial a mi compañero de trabajo por su responsabilidad y dedicación en nuestras labores de práctica.

**Luis**

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xx
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xxi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xxii
RESUMEN.....	xxiv
SUMMARY.....	xxv
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

<b>1</b>	<b>DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
1.1	Antecedentes.....	2
1.2	Formulación del problema.....	3
1.2.1	<i>Sistematización del problema.....</i>	3
1.2.2	<i>Justificación teórica.....</i>	3
1.2.3	<i>Justificación aplicativa.....</i>	4
1.3	Objetivos.....	5
1.3.1	<i>Objetivo general.....</i>	5
1.3.2	<i>Objetivos específicos.....</i>	5

### CAPÍTULO II

<b>2</b>	<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
2.1	Sector de desarrollo.....	6
2.1.1	<i>Ubicación del sector Tolloloma.....</i>	6
2.1.2	<i>Zona de Población urbana y rural.....</i>	7

<b>2.1.3</b>	<b><i>Densidad de población</i></b> .....	9
<b>2.2</b>	<b>Proveedor de Servicios de Internet (ISP)</b> .....	9
<b>2.3</b>	<b>Niveles de ISP</b> .....	9
<b>2.3.1</b>	<b><i>Nivel 1</i></b> .....	10
<b>2.3.2</b>	<b><i>Nivel 2</i></b> .....	10
<b>2.3.3</b>	<b><i>Nivel 3</i></b> .....	11
<b>2.4</b>	<b>Arquitectura de un ISP</b> .....	12
<b>2.4.1</b>	<b><i>Red de Core</i></b> .....	13
<b>2.4.2</b>	<b><i>Red de Acceso</i></b> .....	13
<b>2.4.3</b>	<b><i>Redes de Distribución</i></b> .....	13
<b>2.5</b>	<b>Fibra Óptica</b> .....	14
<b>2.5.1</b>	<b><i>Tipos de fibra óptica</i></b> .....	14
<b>2.5.1.1</b>	<b><i>Fibra monomodo</i></b> .....	14
<b>2.5.1.2</b>	<b><i>Fibra multimodo</i></b> .....	15
<b>2.5.2</b>	<b><i>Normas técnicas de fibra óptica</i></b> .....	16
<b>2.5.2.1</b>	<b><i>Normativa ITU-T G651.1</i></b> .....	16
<b>2.5.2.2</b>	<b><i>Normativa ITU-T G652</i></b> .....	16
<b>2.5.2.3</b>	<b><i>Normativa ITU-T G653</i></b> .....	16
<b>2.5.2.4</b>	<b><i>Normativa ITU-T G654</i></b> .....	17
<b>2.5.2.5</b>	<b><i>Normativa ITU-T G655</i></b> .....	17
<b>2.5.2.6</b>	<b><i>Normativa ITU-T G656</i></b> .....	17
<b>2.5.2.7</b>	<b><i>Normativa ITU-T G657</i></b> .....	17
<b>2.5.3</b>	<b><i>Tipos de cables de fibra óptica</i></b> .....	17
<b>2.5.3.1</b>	<b><i>Estructura de cables de fibra óptica</i></b> .....	18
<b>2.5.3.2</b>	<b><i>Cables de fibra óptica para tendidos aéreos</i></b> .....	20
<b>2.5.4</b>	<b><i>Empalmes de fibra</i></b> .....	21
<b>2.5.4.1</b>	<b><i>Empalmes mecánico</i></b> .....	22
<b>2.5.4.2</b>	<b><i>Empalmes por fusión</i></b> .....	22
<b>2.5.5</b>	<b><i>Conectores Ópticos</i></b> .....	23

2.5.5.1	<i>ST</i>	.....	23
2.5.5.2	<i>SC</i>	.....	23
2.5.5.3	<i>FC</i>	.....	24
2.5.5.4	<i>LC</i>	.....	24
2.5.6	<b>Tipos de pulidos</b>	.....	25
2.5.6.1	<i>Plano</i>	.....	25
2.5.6.2	<i>PC</i>	.....	25
2.5.6.3	<i>UPC</i>	.....	26
2.5.6.4	<i>APC</i>	.....	26
2.5.7	<b>Tipos de herrajes de fibra óptica</b>	.....	27
2.5.7.1	<i>Herraje tipo A</i>	.....	27
2.5.7.2	<i>Herraje tipo B</i>	.....	27
2.6	<b>Especificaciones técnicas de los Equipos instalados</b>	.....	27
2.6.1	<b>Equipos de Planta Interna</b>	.....	28
2.6.1.1	<i>Router Mikrotik RB4011IGS+RM</i>	.....	28
2.6.1.2	<i>OLT Huawei-MA5608T</i>	.....	29
2.6.1.3	<i>ODF Prisma de 24 hilos</i>	.....	30
2.6.2	<b>Equipos de Planta Externa</b>	.....	31
2.6.2.1	<i>Splitter 1:8 Cablix OSP9-NC108</i>	.....	31
2.6.2.2	<i>Splitter 1:16</i>	.....	32
2.6.2.3	<i>Manga troncal Cablix OSCH-48</i>	.....	32
2.6.2.4	<i>Cajas de distribución óptica Cablix OTB-0616AOHK</i>	.....	33
2.6.2.5	<i>Cajas de empalme</i>	.....	34
2.6.2.6	<i>Fibra Óptica Monomodo SMF – G.657.A2</i>	.....	35
2.6.3	<b>Equipos en el hogar del cliente</b>	.....	36
2.6.3.1	<i>Roseta óptica Cablix OTB-0602AIW</i>	.....	36
2.6.3.2	<i>ONU Huawei HG8310M</i>	.....	37
2.6.3.3	<i>Router TL-WR840N</i>	.....	38
2.6.3.4	<i>Pigtail Cablix OT9-0615A</i>	.....	39

<b>2.6.3.5</b>	<i>Conector SC/UPC</i> .....	40
<b>2.6.3.6</b>	<i>Conector SC/APC</i> .....	41
<b>2.6.4</b>	<b>Otros equipos y materiales</b> .....	42
<b>2.6.4.1</b>	<i>OTDR TMO 350</i> .....	42
<b>2.6.4.2</b>	<i>Pocketsize Optical Power Meter (OPM) S300</i> .....	43
<b>2.6.4.3</b>	<i>Empalmadora de Fibra Óptica AI-9</i> .....	44
<b>2.7</b>	<b>Redes FTTH</b> .....	46
<b>2.7.1</b>	<b>Redes ópticas activas (AON)</b> .....	46
<b>2.7.2</b>	<b>Redes ópticas pasiva (PON)</b> .....	46
2.7.2.1	<i>Tipo de Redes PON</i> .....	46
2.7.2.2	<i>APON</i> .....	46
2.7.2.3	<i>BPON</i> .....	47
2.7.2.4	<i>EPON</i> .....	47
2.7.2.5	<i>GPON</i> .....	47
2.7.2.6	<i>GEPON</i> .....	48
<b>2.8</b>	<b>Red óptica pasiva con capacidad Gigabit</b> .....	48
<b>2.8.1</b>	<b>Normativas técnicas ITU-T G.984.x</b> .....	48
<b>2.8.1.1</b>	<i>Norma UIT-T G.984.1</i> .....	48
<b>2.8.1.2</b>	<i>Norma UIT-T G.984.2</i> .....	49
<b>2.8.1.3</b>	<i>Norma UIT-T G.984.3</i> .....	49
<b>2.8.1.4</b>	<i>Norma UIT-T G.984.4</i> .....	49
<b>2.8.1.5</b>	<i>Norma UIT-T G.984.5</i> .....	49
<b>2.8.1.6</b>	<i>Norma UIT-T G.984.6</i> .....	50
<b>2.8.2</b>	<b>Características de GPON</b> .....	50
<b>2.8.3</b>	<b>Protocolos utilizados en GPON</b> .....	51
<b>2.8.4</b>	<b>Arquitectura de GPON</b> .....	51
<b>2.8.4.1</b>	<i>Equipo Terminal Óptico (OLT)</i> .....	52
<b>2.8.4.2</b>	<i>Red de Distribución Óptica (ODN)</i> .....	52
<b>2.8.4.3</b>	<i>Terminal de Red Óptico (ONT)</i> .....	53

<b>2.9</b>	<b>Calidad de Servicio (QoS)</b> .....	53
<b>2.9.1</b>	<i>Modelos de Calidad de Servicio</i> .....	54
<b>2.9.2</b>	<i>Mangle</i> .....	54
<b>2.9.2.1</b>	<i>Estructura del Mangle</i> .....	55
<b>2.9.2.2</b>	<i>Acciones del Mangle</i> .....	55
<b>2.9.3</b>	<b><i>Hierarchical Token Bucket (HTB)</i></b> .....	56
<b>2.9.3.1</b>	Algoritmos para encolamiento de tráfico.....	56
<b>2.9.3.2</b>	Configuración de colas en RouterOS.....	57
<b>2.9.4</b>	<i>Lista de control de Acceso</i> .....	59
<b>2.10</b>	<b>Softwares de Simulación</b> .....	60
<b>2.10.1</b>	<i>OptiSystem</i> .....	60
<b>2.10.2</b>	<i>OpNet Modeler</i> .....	61
<b>2.11</b>	<b>Análisis de Software de Diseño</b> .....	61
<b>2.11.1</b>	<i>AUTOCAD</i> .....	61
<b>2.11.2</b>	<i>ArcGIS</i> .....	62
<b>2.12</b>	<b>Análisis de Software para monitoreo de la Red Local</b> .....	64
<b>2.12.1</b>	<i>Iperf3</i> .....	64

## CAPÍTULO III

<b>3</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	65
<b>3.1</b>	<b>Metodología de la investigación</b> .....	65
<b>3.1.1</b>	<i>Tipos de investigación</i> .....	65
<b>3.1.1.1</b>	<i>Investigación bibliográfica</i> .....	65
<b>3.1.1.2</b>	<i>Investigación de campo</i> .....	66
<b>3.1.1.3</b>	<i>Investigación experimental</i> .....	66
<b>3.1.2</b>	<i>Técnicas</i> .....	66
<b>3.1.2.1</b>	<i>Fuentes primarias</i> .....	66
<b>3.1.2.2</b>	<i>Fuentes secundarias</i> .....	67

<b>3.2</b>	<b>Requerimientos técnicos de diseño</b> .....	67
<b>3.2.1</b>	<i>Descripción del área de trabajo</i> .....	67
<b>3.2.2</b>	<i>Estudio de demanda</i> .....	68
<b>3.2.2.1</b>	<i>Tamaño de la muestra poblacional</i> .....	69
<b>3.2.2.2</b>	<i>Análisis de los resultados obtenidos</i> .....	69
<b>3.2.3</b>	<i>Tipo de arquitectura de la red</i> .....	80
<b>3.2.4</b>	<i>Topología de la red</i> .....	80
<b>3.2.5</b>	<i>Tipo de fibra</i> .....	81
<b>3.2.6</b>	<i>Tipo de cable aéreo</i> .....	81
<b>3.2.7</b>	<i>Distribución geográfica de equipos</i> .....	82
<b>3.2.7.1</b>	<i>Ubicación de OLT</i> .....	82
<b>3.2.7.2</b>	<i>Ubicación de las mangas Porta Splitters</i> .....	82
<b>3.2.7.3</b>	<i>Ubicación de las cajas de distribución óptica</i> .....	83
<b>3.2.8</b>	<i>Determinación del ancho de banda</i> .....	86
<b>3.3</b>	<b>Diseño de la red</b> .....	87
<b>3.3.1</b>	<i>Diseño de la Red Feeder</i> .....	87
<b>3.3.1.1</b>	<i>Derivación de la Fibra Troncal en la Zona I</i> .....	89
<b>3.3.1.2</b>	<i>Derivación de la Fibra Troncal en la Zona II</i> .....	90
<b>3.3.1.3</b>	<i>Derivación de la Fibra Troncal en la Zona III</i> .....	91
<b>3.3.2</b>	<i>Diseño de la Red de distribución</i> .....	92
<b>3.3.2.1</b>	<i>Red de distribución Zona I</i> .....	92
<b>3.3.2.2</b>	<i>Red de distribución Zona II</i> .....	94
<b>3.3.2.3</b>	<i>Red de distribución Zona III</i> .....	99
<b>3.3.3</b>	<i>Red de Dispersión</i> .....	103
<b>3.3.3.1</b>	<i>Red de dispersión Zona I</i> .....	104
<b>3.3.3.2</b>	<i>Red de dispersión Zona II</i> .....	104
<b>3.3.3.3</b>	<i>Red de dispersión Zona III</i> .....	105
<b>3.4</b>	<b>Presupuesto óptico</b> .....	107
<b>3.5</b>	<b>Implementación de la Red</b> .....	110

<b>3.5.1</b>	<b><i>Instalación de la Planta Interna</i></b> .....	110
<b>3.5.2</b>	<b><i>Instalación de la Planta Externa</i></b> .....	113
<b>3.5.2.1</b>	<b><i>Plantación de postes</i></b> .....	113
<b>3.5.2.2</b>	<b><i>Herrajes de postes</i></b> .....	114
<b>3.5.2.3</b>	<b><i>Tendido de fibra</i></b> .....	115
<b>3.5.2.4</b>	<b><i>Instalación de Cajas Manga</i></b> .....	118
<b>3.5.2.5</b>	<b><i>Instalación de Cajas de Distribución</i></b> .....	119
<b>3.5.2.6</b>	<b><i>Empalmes de fibra</i></b> .....	120
<b>3.5.3</b>	<b><i>Instalación de servicio a los clientes</i></b> .....	121
<b>3.6</b>	<b>Configuración de la Red</b> .....	122
<b>3.6.1</b>	<b><i>Configuración del enrutador Mikrotik RB4011iGS+RM RouterOS™</i></b> .....	122
<b>3.6.1.1</b>	<b><i>Direccionamiento</i></b> .....	122
<b>3.6.1.2</b>	<b><i>Configuración Calidad de Servicio (QoS)</i></b> .....	124
<b>3.7</b>	<b>Evaluación de la red</b> .....	137
<b>3.7.1</b>	<b><i>Pruebas de conectividad</i></b> .....	138
<b>3.7.2</b>	<b><i>Pruebas de conectividad la red de Radioenlaces</i></b> .....	139
<b>3.7.3</b>	<b><i>Pruebas de conectividad a la red de Fibra Óptica</i></b> .....	139
<b>3.7.4</b>	<b><i>Mediciones de potencia</i></b> .....	140

## CAPÍTULO IV

<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	141
<b>4.1</b>	<b>Pruebas de Conectividad</b> .....	141
<b>4.1.1</b>	<b><i>Pruebas de Conectividad al Servicio de Radioenlaces</i></b> .....	141
<b>4.1.2</b>	<b><i>Pruebas de Conectividad al Servicio de Fibra Óptica</i></b> .....	143
<b>4.2</b>	<b>Medición de Potencias</b> .....	146
<b>4.3</b>	<b>Evaluación de las Configuraciones de la Red</b> .....	146
<b>4.3.1</b>	<b><i>Monitoreo del rendimiento de la red aplicando QoS</i></b> .....	147
<b>4.3.2</b>	<b><i>Firewall</i></b> .....	148

<b>4.4</b>	<b>Presupuesto del Proyecto .....</b>	<b>149</b>
<b>4.4.1</b>	<b><i>Costo de implementación de la Planta Interna.....</i></b>	<b>149</b>
<b>4.4.1.1</b>	<b><i>Costo de implementación de la Red Feeder .....</i></b>	<b>150</b>
<b>4.4.2</b>	<b><i>Costo de implementación de la Red de Distribución.....</i></b>	<b>151</b>
<b>4.4.3</b>	<b><i>Costo de implementación de la Red de Dispersión .....</i></b>	<b>153</b>
<b>4.4.4</b>	<b><i>Otros gastos de implementación.....</i></b>	<b>153</b>
<b>4.4.5</b>	<b><i>Inversión total del proyecto .....</i></b>	<b>154</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>155</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>156</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Población del Cantón Colta por sexo .....	8
<b>Tabla 2-2:</b>	Población Urbana y Rural del Cantón Colta .....	9
<b>Tabla 3-2:</b>	Características del estructura holgada y estructura ajustada .....	19
<b>Tabla 4-2:</b>	Parámetros técnicos Router Mikrotik RB4011iGS + RM .....	28
<b>Tabla 5-2:</b>	Parámetros técnicos OLT Huawei-MA5608T.....	29
<b>Tabla 6-2:</b>	ODF Prisma de 24 hilos.....	30
<b>Tabla 7-2:</b>	Splitter 1:8 Cablix OSP9-NC108.....	31
<b>Tabla 8-2:</b>	Splitter 1:16 Cablix OSP9-NC108.....	32
<b>Tabla 9-2:</b>	Manga troncal Cablix OSCH-48.....	33
<b>Tabla 10-2:</b>	Caja de distribución óptica Cablix OTB-0616AOHK.....	34
<b>Tabla 11-2:</b>	Caja de empalme Cablix OSCH-12 .....	35
<b>Tabla 12-2:</b>	Fibra Óptica Monomodo SMF – G657.A2.....	36
<b>Tabla 13-2:</b>	Caja de empalme Cablix OSCH-12 .....	37
<b>Tabla 14-2:</b>	ONU Huawei HG8310M .....	38
<b>Tabla 15-2:</b>	Router TL-WR840N.....	39
<b>Tabla 16-2:</b>	Pigtail Cablix OT9-0615A.....	40
<b>Tabla 17-2:</b>	Conector SC/UPC .....	41
<b>Tabla 18-2:</b>	Conector SC/APC .....	42
<b>Tabla 19-2:</b>	OTDR TMO 350.....	43
<b>Tabla 20-2:</b>	OPM S300 .....	44
<b>Tabla 21-2:</b>	OTDR TMO 350.....	45
<b>Tabla 22-2:</b>	Velocidades de transmisión en GPON .....	50
<b>Tabla 23-2:</b>	Parámetros QoS .....	54
<b>Tabla 1-3:</b>	Habitantes con servicio de internet .....	70
<b>Tabla 2-3:</b>	Habitantes que desean un servicio de internet con fibra óptica .....	70
<b>Tabla 3-3:</b>	Planes Ofertados .....	71
<b>Tabla 4-3:</b>	Precios ofertados.....	72
<b>Tabla 5-3:</b>	Tipo de conexión a internet.....	73
<b>Tabla 6-3:</b>	Calidad del servicio .....	74
<b>Tabla 7-3:</b>	Clientes de la empresa Mundo-Tronic .....	75
<b>Tabla 8-3:</b>	Parámetros de Calidad .....	76
<b>Tabla 9-3:</b>	Satisfacción con el precio .....	77
<b>Tabla 10-3:</b>	Aplicaciones utilizadas .....	78
<b>Tabla 11-3:</b>	Cuadro comparativo de los tipos de cable de fibra óptica .....	81

<b>Tabla 12-3:</b>	Mangas Porta Splitters – Distribución Geográfica .....	83
<b>Tabla 13-3:</b>	Cajas NAP MT01 .....	93
<b>Tabla 14-3:</b>	Cajas NAP MT02 .....	95
<b>Tabla 15-3:</b>	Cajas NAP MT03 .....	97
<b>Tabla 16-3:</b>	Cajas NAP MT04 .....	100
<b>Tabla 17-3:</b>	Cajas NAP MT05 .....	102
<b>Tabla 18-3:</b>	Valores de atenuación de GPON.....	107
<b>Tabla 19-3:</b>	Derivaciones de la Fibra de Distribución .....	117
<b>Tabla 20-3:</b>	Codificaciones Cajas Manga.....	118
<b>Tabla 21-3:</b>	Codificaciones Cajas Manga.....	119
<b>Tabla 22-3:</b>	Valores de prioridad HTB.....	126
<b>Tabla 23-3:</b>	Marcado de paquetes y conexión .....	127
<b>Tabla 24-3:</b>	Estructura HTB para la descarga del trafico.....	131
<b>Tabla 25-3:</b>	Estructura HTB para la carga del trafico .....	132
<b>Tabla 26-3:</b>	Planes de Internet.....	134
<b>Tabla 27-3:</b>	Clientes de Radioenlaces .....	139
<b>Tabla 28-3:</b>	Clientes de Fibra Óptica.....	139
<b>Tabla 1-4:</b>	Parámetros de calidad de servicio de una Red Interna .....	141
<b>Tabla 2-4:</b>	Pruebas de conectividad al servicio por Radioenlaces – Cliente más cercano...142	
<b>Tabla 3-4:</b>	Pruebas de conectividad al servicio por Radioenlaces – Cliente más lejano .....	143
<b>Tabla 4-4:</b>	Pruebas de conectividad al servicio de Fibra Óptica – Cliente más cercano .....	144
<b>Tabla 5-4:</b>	Pruebas de conectividad al servicio de Fibra Óptica – Cliente más lejano .....	145
<b>Tabla 6-4:</b>	Potencias Medidas .....	146
<b>Tabla 7-4:</b>	Estadísticas Queue Tree del tráfico de descarga .....	147
<b>Tabla 8-4:</b>	Estadísticas Queue Tree del tráfico de carga.....	148
<b>Tabla 9-4:</b>	Presupuesto de Planta Interna .....	149
<b>Tabla 10-4:</b>	Presupuesto de la Red Feeder Zona I.....	150
<b>Tabla 11-4:</b>	Presupuesto de la Red Feeder Zona II.....	150
<b>Tabla 12-4:</b>	Presupuesto de la Red Feeder Zona III .....	151
<b>Tabla 13-4:</b>	Presupuesto Total de la Red Feeder .....	151
<b>Tabla 14-4:</b>	Presupuesto de la Red de Distribución Zona I .....	151
<b>Tabla 15-4:</b>	Presupuesto de la Red de Distribución Zona II .....	152
<b>Tabla 16-4:</b>	Presupuesto de la Red de Distribución Zona III.....	152
<b>Tabla 17-4:</b>	Presupuesto Total de la Red de Distribución .....	153
<b>Tabla 18-4:</b>	Presupuesto de la Red de Dispersión .....	153
<b>Tabla 19-4:</b>	Otros gastos de implementación .....	154
<b>Tabla 20-4:</b>	Inversión total del proyecto.....	154

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b>	Cantón Colta, División Política .....	7
<b>Figura 2-2:</b>	Sector Tolloloma Realizado por: (Sánchez D.; Colcha A., 2021).....	7
<b>Figura 3-2:</b>	Población en el área urbana y rural 2001 y 2010.....	8
<b>Figura 4-2:</b>	Nivel 1 ISP Fuente: (CISCO, s.f.) .....	10
<b>Figura 5-2:</b>	Nivel 2 ISP Fuente: (CISCO, s.f.) .....	11
<b>Figura 6-2:</b>	Nivel 3 ISP Fuente: (CISCO, s.f.) .....	12
<b>Figura 7-2:</b>	Arquitectura de un ISP Fuente: (Juma, et al., 2021 pp. 21-25).....	12
<b>Figura 8-2:</b>	Ángulo de trayectorias en fibras multimodo con índice escalonado .....	15
<b>Figura 9-2:</b>	Fibra multimodo formada por índice gradual Fuente: (Carrion, et al., 2011) ....	16
<b>Figura 10-2:</b>	Cable Loose Tube.....	18
<b>Figura 11-2:</b>	Cable Tight Buffer .....	19
<b>Figura 12-2:</b>	Cable Figure 8 .....	20
<b>Figura 13-2:</b>	Cable ADSS .....	21
<b>Figura 14-2:</b>	Cable OPGW.....	21
<b>Figura 15-2:</b>	Conectores ST .....	23
<b>Figura 16-2:</b>	Conectores SC .....	24
<b>Figura 17-2:</b>	Conectores FC .....	24
<b>Figura 18-2:</b>	Conectores LC.....	24
<b>Figura 19-2:</b>	Pulido tipo Plano .....	25
<b>Figura 20-2:</b>	Pulido tipo PC .....	25
<b>Figura 21-2:</b>	Pulido tipo UPC .....	26
<b>Figura 22-2:</b>	Pulido tipo APC .....	26
<b>Figura 23-2:</b>	Router Mikrotik RB4011iGS + RM .....	28
<b>Figura 24-2:</b>	OLT Huawei-MA5608T.....	29
<b>Figura 25-2:</b>	ODF Prisma de 24 hilos .....	30
<b>Figura 26-2:</b>	Splitter 1:8 Cablix OSP9-NC108 .....	31
<b>Figura 27-2:</b>	Splitter 1:16 Cablix OSP9-NC108 .....	32
<b>Figura 28-2:</b>	Manga troncal Cablix OSCH-48 .....	33
<b>Figura 29-2:</b>	Caja de distribución óptica Cablix OTB-0616AOHK .....	34
<b>Figura 30-2:</b>	Caja de empalme Cablix OSCH-12.....	35
<b>Figura 31-2:</b>	Roseta óptica Cablix OTB-0602AIW.....	37
<b>Figura 32-2:</b>	ONU Huawei HG8310M.....	37
<b>Figura 33-2:</b>	Router TL-WR840N .....	38
<b>Figura 34-2:</b>	Pigtail Cablix OT9-0615A .....	40

<b>Figura 35-2:</b>	Conector SC/UPC .....	41
<b>Figura 36-2:</b>	Conector SC/APC .....	41
<b>Figura 37-2:</b>	OTDR TMO 350 .....	42
<b>Figura 38-2:</b>	OPM S300.....	43
<b>Figura 39-2:</b>	OTDR TMO 350 .....	44
<b>Figura 40-2:</b>	Arquitectura de GPON .....	52
<b>Figura 41-2:</b>	OLT Fuente: (Thunder-Link) .....	52
<b>Figura 42-2:</b>	Red de Distribución Óptica .....	53
<b>Figura 43-2:</b>	Terminal de Red Óptico .....	53
<b>Figura 44-2:</b>	Diagrama de Mangle y Queue .....	55
<b>Figura 45-2:</b>	Estructura HTB .....	56
<b>Figura 46-2:</b>	Pestaña General de la configuración de Simple Queue.....	58
<b>Figura 47-2:</b>	Pestaña Advanced de la configuración de Simple Queue .....	59
<b>Figura 48-2:</b>	Interfaz de OptiSystem .....	60
<b>Figura 49-2:</b>	Interfaz OpNet Modeler .....	61
<b>Figura 50-2:</b>	Pantalla principal, Software AutoCAD .....	62
<b>Figura 51-2:</b>	Pantalla principal, Software ArcGIS .....	63
<b>Figura 1-3:</b>	Distribución del área de trabajo por zonas.....	68
<b>Figura 2-3:</b>	Distribución del área de trabajo.....	68
<b>Figura 3-3:</b>	Topología de la red.....	80
<b>Figura 4-3:</b>	Ubicación geográfica Sucursal Mundo-Tronic en Cajabamba.....	82
<b>Figura 5-3:</b>	Ubicación geográfica de las Mangas Porta Splitters .....	83
<b>Figura 6-3:</b>	Ubicación geográfica – NAPs MT01 Zona I.....	84
<b>Figura 7-3:</b>	Ubicación geográfica - NAPs MT02 Zona II .....	84
<b>Figura 8-3:</b>	Ubicación geográfica - NAPs MT03 Zona II .....	85
<b>Figura 9-3:</b>	Ubicación geográfica - NAPs MT04 Zona III .....	85
<b>Figura 10-3:</b>	Ubicación geográfica - NAPs MT05 Zona III .....	86
<b>Figura 11-3:</b>	Código OLT .....	88
<b>Figura 12-3:</b>	Código Cable Feeder .....	88
<b>Figura 13-3:</b>	Planta Interna Cajabamba.....	89
<b>Figura 14-3:</b>	MT01.....	89
<b>Figura 15-3:</b>	MT02.....	90
<b>Figura 16-3:</b>	MT03.....	91
<b>Figura 17-3:</b>	MT04.....	91
<b>Figura 18-3:</b>	MT05.....	92
<b>Figura 19-3:</b>	NAPS MT01 .....	93
<b>Figura 20-3:</b>	NAP MT01 más cercana .....	94

<b>Figura 21-3:</b>	Atributos NAP MT01 más cercana.....	94
<b>Figura 22-3:</b>	NAPS MT02 .....	96
<b>Figura 23-3:</b>	NAP MT02 más cercana .....	96
<b>Figura 24-3:</b>	Atributos NAP MT02 más cercana.....	97
<b>Figura 25-3:</b>	NAPS MT03 .....	98
<b>Figura 26-3:</b>	NAP MT03 más cercana .....	98
<b>Figura 27-3:</b>	Atributos NAP MT03 más cercana.....	99
<b>Figura 28-3:</b>	NAPS MT04 .....	100
<b>Figura 29-3:</b>	NAP MT04 más cercana .....	101
<b>Figura 30-3:</b>	Atributos NAP MT04 más cercana.....	101
<b>Figura 31-3:</b>	NAPS MT05 .....	102
<b>Figura 32-3:</b>	NAP MT05 más cercana .....	103
<b>Figura 33-3:</b>	Atributos NAP MT05 más cercana.....	103
<b>Figura 34-3:</b>	Cliente más cercano MT01.....	104
<b>Figura 35-3:</b>	Cliente más cercano MT02.....	105
<b>Figura 36-3:</b>	Cliente más cercano MT03.....	105
<b>Figura 37-3:</b>	Cliente más cercano MT04.....	106
<b>Figura 38-3:</b>	Cliente más cercano MT05.....	106
<b>Figura 39-3:</b>	Modelo masivos/casa .....	107
<b>Figura 40-3:</b>	Armario Rack – Sucursal Cajabamba.....	110
<b>Figura 41-3:</b>	Router Cisco ISR 1100 Series – Router Mikrotik Rb4011iGS+RM.....	111
<b>Figura 42-3:</b>	Conexión Router Mikrotik y OLT .....	111
<b>Figura 43-3:</b>	Conexión OLT y ODF.....	112
<b>Figura 44-3:</b>	Empalmes ODF y Fibra Troncal .....	112
<b>Figura 45-3:</b>	Planta Interna Cajabamba.....	113
<b>Figura 46-3:</b>	Tratamiento de los postes de madera .....	114
<b>Figura 47-3:</b>	Plantación de los postes de madera .....	114
<b>Figura 48-3:</b>	Instalación de herrajes .....	115
<b>Figura 49-3:</b>	Herrajes implementados .....	115
<b>Figura 50-3:</b>	Tendido de fibra Sector Tolloloma.....	115
<b>Figura 51-3:</b>	Tendido de fibra Sector Sicalpa.....	115
<b>Figura 52-3:</b>	Reservas de fibra .....	118
<b>Figura 53-3:</b>	Preparación Caja Manga.....	119
<b>Figura 54-3:</b>	Preparación Caja de Distribución .....	120
<b>Figura 55-3:</b>	Empalme de Fibra Óptica.....	121
<b>Figura 56-3:</b>	Instalación de conectores.....	122
<b>Figura 57-3:</b>	Tendido de fibra desde la NAP.....	122

<b>Figura 58-3:</b>	Cableado estructura .....	122
<b>Figura 59-3:</b>	Equipos instalados al cliente .....	122
<b>Figura 60-3:</b>	Direccionamiento IPv4 del Mikrotik RB4011iGS+RM RouterOS .....	123
<b>Figura 61-3:</b>	Direccionamiento la red de la empresa Mundo-Tronic.....	123
<b>Figura 62-3:</b>	Interfaces del enrutador Mikrotik RB4011iGS+RM.....	124
<b>Figura 63-3:</b>	Resultados del monitoreo del monitoreo con el software NTOPng .....	125
<b>Figura 64-3:</b>	Gráfico diario del monitoreo de la red .....	125
<b>Figura 65-3:</b>	Gráfico semanal del monitoreo de la red .....	126
<b>Figura 66-3:</b>	Configuración del marcado de conexión en el Firewall Mangle.....	128
<b>Figura 67-3:</b>	Configuración del marcado de paquetes en el Firewall Mangle .....	129
<b>Figura 68-3:</b>	Ventana de Firewall Mangle del Mikrotik RB4011iGS+RM RouterOS.....	130
<b>Figura 69-3:</b>	Configuración de Queue Type.....	131
<b>Figura 70-3:</b>	Configuración de Queue Tree cola padre .....	133
<b>Figura 71-3:</b>	Configuración de Queue Tree colas hijas .....	133
<b>Figura 72-3:</b>	Configuración de Queue Tree.....	134
<b>Figura 73-3:</b>	Configuración de Simple Queue para el cliente más lejano.....	135
<b>Figura 74-3:</b>	Configuración de Simple Queue para el cliente más cercano .....	135
<b>Figura 75-3:</b>	Configuración de NAT para el bloqueo de IP's.....	136
<b>Figura 76-3:</b>	IP's bloqueadas en la pestaña Address Lists.....	137
<b>Figura 77-3:</b>	Configuración del Web Proxy .....	137
<b>Figura 78-3:</b>	Servidor Iperf3 .....	138
<b>Figura 1-4:</b>	Página bloqueada a través de ACL's .....	149

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b>	Habitantes con servicio de internet .....	70
<b>Gráfico 2-3:</b>	Habitantes que desean un servicio de internet con fibra óptica .....	71
<b>Gráfico 3-3:</b>	Planes Ofertados .....	72
<b>Gráfico 4-3:</b>	Precios ofertados.....	73
<b>Gráfico 5-3:</b>	Tipo de conexión a internet.....	74
<b>Gráfico 6-3:</b>	Calidad del servicio .....	74
<b>Gráfico 7-3:</b>	Clientes de la empresa Mundo-Tronic .....	75
<b>Gráfico 8-3:</b>	Parámetros de calidad .....	77
<b>Gráfico 9-3:</b>	Satisfacción con el precio .....	78
<b>Gráfico 10-3:</b>	Aplicaciones utilizadas .....	79

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Encuesta realizada a los habitantes del área de implementación
- Anexo B:** Datasheet Router Mikrotik RB4011iGS+RM
- Anexo C:** Datasheet OLT MA5608T
- Anexo D:** Datasheet ONU HUAWEI HG8310M
- Anexo E:** Datasheet Router TL-WR840N
- Anexo F:** Simbología de los elementos del Diseño de AutoCAD 2021
- Anexo G:** Diseño de la red en el Software AutoCAD 2021
- Anexo H:** Evidencias de la implementación de la red
- Anexo I:** Configuración de las interfaces
- Anexo J:** Configuración de las direcciones IPv4 en las interfaces
- Anexo K:** Configuración Queue Simple
- Anexo L:** Configuración de Firewall Mangle
- Anexo M:** Configuración de Firewall NAT
- Anexo N:** Configuración IP Proxy Access
- Anexo O:** Configuración IP Firewall Address-list
- Anexo P:** Configuración de Queue Tree

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>ACL</b>	Lista de control de accesos ( <i>Access Control List</i> )
<b>ADSL</b>	Línea de abonado digital asimétrica ( <i>Asymmetric Digital Subscriber List</i> )
<b>AON</b>	Red totalmente óptica ( <i>All Optical Network</i> )
<b>APC</b>	Contacto Físico en Ángulo ( <i>Angled Physical Contact</i> )
<b>APON</b>	Red óptica pasiva de modo de transferencia asíncrona ( <i>Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network</i> )
<b>BPON</b>	Red Óptica Pasiva de Banda Ancha ( <i>Broadband Passive Optical Network</i> )
<b>CNT</b>	Corporación Nacional de Telecomunicación
<b>EPON</b>	Ethernet sobre redes ópticas pasivas ( <i>Ethernet Passive Optical Network</i> )
<b>FIFO</b>	Primero en entrar, primero en salir ( <i>First In, First Out</i> )
<b>FTTH</b>	Fibra hasta el hogar ( <i>Fiber To The Home</i> )
<b>GEPON</b>	Red óptica pasiva Gigabit Ethernet ( <i>Gigabit Ethernet Passive Optical Network</i> )
<b>GPON</b>	Red óptica pasiva con capacidad Gigabit ( <i>Gigabit-capable Passive Optical Network</i> )
<b>HTB</b>	Depósito de token jerárquico ( <i>Hierarchical Token Bucket</i> )
<b>ISP</b>	Proveedor de servicios de internet ( <i>Internet Service Provider</i> )
<b>IPDV</b>	Variación de retardo de paquetes IP ( <i>IP Packet Delay Variation</i> )
<b>IPER</b>	Proporción de errores de paquetes IP ( <i>IP Packet Error Ratio</i> )
<b>IPLR</b>	Tasa de pérdida de paquetes IP ( <i>IP Packet Loss Ratio</i> )
<b>IPRR</b>	Proporción de paquetes IP reordenados ( <i>IP Packet Reordered Ratio</i> )
<b>IPTD</b>	Retraso de transferencia de paquetes IP ( <i>IP Packet Transfer Delay</i> )
<b>ITU</b>	Unión Internacional de Telecomunicaciones ( <i>International Telecommunication Union</i> )
<b>MSS</b>	Tamaño máximo de segmento ( <i>Maximum Segment Size</i> )
<b>ODF</b>	Distribuidor de fibra óptica ( <i>Optical Fiber Distributor</i> )
<b>ODN</b>	Red de distribución óptica ( <i>Optical Distribution Network</i> )
<b>OLT</b>	Terminal de línea óptica ( <i>Optical Line Terminal</i> )

<b>ONT</b>	Terminal de nodo óptico ( <i>Optical Node Terminal</i> )
<b>ONU</b>	Unidad de red óptica ( <i>Optical Network Unit</i> )
<b>OPGW</b>	Cable de tierra óptico ( <i>Optical Ground Wire</i> )
<b>OPM</b>	Medidor de potencia de óptico ( <i>Optical Power Meter</i> )
<b>OTDR</b>	Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo ( <i>Optical Time Domain Reflectometer</i> )
<b>PCQ</b>	Cola por conexión ( <i>Per Connection Queuing</i> )
<b>PON</b>	Red óptica pasiva ( <i>Passive Optical Network</i> )
<b>QoS</b>	Calidad de servicio ( <i>Quality of Service</i> )
<b>TOS</b>	Tipo de servicio ( <i>Type of Service</i> )
<b>TTL</b>	Tiempo de vida ( <i>Time To Live</i> )
<b>UPC</b>	Ultra Contacto Físico ( <i>Ultra Physical Contact</i> )
<b>VLAN</b>	Redes de área local virtuales ( <i>Virtual Local Area Networks</i> )

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de titulación fue el diseño e implementación de una red FTTH utilizando el estándar G.984.X y configuración de QUEUE TREE y ACL en el equipo Mikrotik RB4011IGS+RM para el Proveedor de Servicios de Internet Mundo-Tronic en el sector Tolloloma ubicado en la provincia de Chimborazo cantón Colta. El punto de partida en la ejecución de este proyecto, fue la problemática examinada en torno al tema de estudio, se recopiló la suficiente información y documentación para el análisis de los factores y parámetros requeridos en el tratamiento de información, por lo que fue preciso desarrollarlo en tres etapas. La primera etapa consistió en la planimetría de campo del sector Tolloloma, aplicación de encuestas para determinar la factibilidad del proyecto, además monitoreo de la red para determinar las aplicaciones más demandadas por los clientes de la empresa Mundo-Tronic. La segunda etapa se diseñó la red FTTH en la cual están las ubicaciones de todos los elementos de la red y el modelo de calidad de servicio con políticas de seguridad basadas en el monitoreo de la red. La tercera etapa se orientó a la implementación de la red y la configuración de las políticas de calidad de servicio en el enrutador. Para el análisis de resultados se utilizó en el estándar ITU-T G.1010 y G.984.2, con el fin de validar los datos obtenidos con el programa Iperf, arrojando resultados homogéneos en la tecnología de fibra óptica y radio enlaces. Se concluye que la migración de radio enlaces y fibra óptica fue la adecuada por las condiciones ambientales del sector, además con las políticas de calidad de servicio se mejoró los tiempos de comunicación y se recomienda migrar a todos los clientes de radio enlaces a fibra óptica.

**Palabras clave:** <FTTH (*Fiber to the home*)>, <ITU-T (*International Telecommunications Union*)>, <ESTANDAR G.984.X>, <ACL (*Access Control List*)>, <QUEUE-TREE>, <MIKROTIK RB4011IGS+RM>, <TOLLOLOMA>, <MUNDO-TRONIC>, <CALIDAD DE SERVICIO>, <IPERF>.

1002-DBRA-UPT-2022



## SUMARY

The objective of this degree work was the design and implementation of an FTTH network using the standard G.984.X and configuration of QUEUE TREE and ACL in the Mikrotik RB4011IGS+RM equipment for the Mundo-Tronic Internet Service Provider in the Tolloloma sector located in the Chimborazo province, canton Colta. The starting point in the execution of this project was the problem examined around the subject of study, the sufficient information and documentation was collected for the analysis of the factors and parameters required in the treatment of information, so it was necessary to develop it in three stages. The first stage consisted of the field planimetry of the Tolloloma sector, application of surveys to determine the feasibility of the project, in addition to monitoring the network in order to determine the applications most demanded by the clients of the Mundo-Tronic company. In the second stage, the FTTH network was designed in which the locations of all the elements of the network and the service's quality model with security policies based on network monitoring are located. The third stage was oriented to the implementation of the network and the configuration of the service's quality policies in the router. For the analysis of results, the ITU-T G.1010 and G.984.2 standards were used, in order to validate the data obtained with the Iperf program, yielding homogeneous results in fiber optic technology and radio links. It is concluded that the migration of radio links and fiber optics was adequate due to the environmental conditions of the sector, in addition to service's quality policies, communication times were improved. It is recommended to migrate all radio link clients to fiber optics.

**Keywords:** <FIBER TO THE HOME (FTTH)> <STANDARD G.984.X> <SERVICE'S QUALITY> <QUALITY POLICIES> <IPERF (SOFTWARE)>.



Firmado electrónicamente por:  
**WILSON GONZALO  
ROJAS YUMISACA**

MSc. Wilson G. Rojas

**NOMBRE Y FIRMA PROFESOR**

**C.I 0602361842**

## **INTRODUCCIÓN**

En el presente documento se hace la descripción del diseño e implementación de una red FTTH basado en el estándar ITU-T G.984.x, el mismo que propone un conjunto de regulaciones y parámetros que se deben seguir en la estructura de la red, además se configura Queue Tree basándonos en el estándar ITU-T G.1000 y ACL's para proteger derechos intelectuales en el router Mikrotik RB4011iGS+RM, de esta manera se garantiza la calidad de servicio en los clientes de la empresa Mundo-Tronic.

En el primer capítulo se detalla los antecedentes y la problemática de poseer una conexión a internet de alta velocidad la misma que ha surgido a nivel mundial, además se detalla el tratamiento que se dará al problema y posteriormente se realiza la justificación de los objetivos planteados y el alcance que tendrá nuestro proyecto.

En el segundo capítulo se realiza un estudio del cantón Cajabamba al cual pertenece el sector Tolloloma con el análisis se ha obtenido la cantidad de habitantes, de domicilios y la distribución geográfica del lugar. De igual forma se detallan las características de los ISP, se hace la descripción de los estándares de redes GPON, las normativas de fibra óptica y se detallan los parámetros que se utilizó en el diseño e implementación de calidad de servicio (QoS).

En el tercer capítulo se presenta el estudio estadístico de las encuestas aplicadas, después se describe el diseño realizado de la red FTTH, posteriormente se detalla las actividades realizadas en el proceso de la implementación y finalmente describen las configuraciones realizadas en el enrutador Mikrotik RB4011iGS+RM como el direccionamiento, Queue Tree, Simple Queue y ACL.

En el último capítulo se presentan las diferentes pruebas realizadas a la red, entre las que se detallan la medición de distintos parámetros como velocidades de uplink y downlink, el monitoreo de la red, así como se muestra el correcto funcionamiento de los ACL's y finalmente se verifica la priorización de los paquetes.

## CAPÍTULO I

### 1 DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1 ANTECEDENTES

Las personas en todo el mundo desde el comienzo de la existencia han tenido la necesidad de comunicarse unos con otros, es por ello que crearon diferentes formas para poder tener información de los demás. A partir de esta necesidad con el avance de la tecnología aparecieron los medios de transmisión los cuales lograron reducir los grandes intervalos de tiempo que se presentaban en la antigüedad, a través del uso de sistemas de comunicación telefónico de forma móvil o fija, y posteriormente con el uso de los beneficios que presenta Internet en el ámbito de las comunicaciones ese factor se ha disminuido.

Las primeras formas de conexión a internet eran a través del uso de líneas telefónicas y posteriormente se comenzó a utilizar las tecnologías ADSL y WIMAX que tienen una antigüedad similar 1988 y 1990 respectivamente, las cuales no abastecen los requerimientos que se demanda en la actualidad debido a que ADSL utiliza el cobre como medio de transmisión y por las características de este medio no se puede ofrecer el ancho de banda necesario para cubrir la demanda del usuario y por su parte WIMAX es una tecnología que utiliza el aire como medio de transmisión y la calidad de servicio está estrechamente relacionada con los factores climáticos, con la llegada de la tecnología GPON que tiene sus orígenes en el 2003, año en el cual se publicaron las primeras recomendaciones ITU-T G.984.X, con esta tecnología se logra cubrir la demanda de los usuarios, obteniendo grandes velocidades de transmisión a muy baja latencia.

Con la llegada de la pandemia denominada COVID-19 el mundo se ha virtualizado, por lo que los Proveedores de Servicios de Internet han tenido un crecimiento exponencial en la demanda de sus clientes, debido a la necesidad de priorizar contenidos han implementado mecanismos que garanticen QoS. Uno de los principales fabricantes de equipos de redes es Mikrotik el cual garantiza la QoS por medio de las configuraciones de ACL y Queue Tree, parámetros que permiten definir puertos específicos y priorizar paquetes.

El Proveedor de Servicios de Internet Mundo-Tronic como parte de una renovación tecnológica en su infraestructura está reemplazando la tecnología WIMAX por la GPON con la finalidad de brindar un mejor servicio a su distinguida clientela.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La empresa Mundo-Tronic provee de internet por radio enlaces al sector de Tolloloma, en donde el requerimiento de un mayor ancho de banda en los usuarios y servicio de calidad, surge la necesidad de implementar una red FTTH. Además, la demanda de usuarios crece exponencialmente, debido a que en la actualidad vivimos en un mundo virtualizado producto de la pandemia mundial COVID-19.

### **1.2.1 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

- ¿Cómo diseñar una Red FTTH utilizando el estándar G.984.x para el Proveedor de Servicios de Internet Mundo-Tronic en el sector Tolloloma?
- ¿Cómo implementar la Red FTTH y que cumpla con el estándar G.984.x?
- ¿Cómo configurar Queue Tree y ACL en el equipo Mikrotik RB4011iGS+RM?
- ¿Cuáles serán los beneficios que se obtendrá al implementar Queue Tree y ACL?

### **1.2.2 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

La arquitectura de red FTTH está basado en el uso de cables de fibra óptica y sistemas de distribución ópticos adaptados a esta tecnología para la distribución de servicios avanzados, el mundo entero se ha modernizado a causa de las restricciones impuestas por la pandemia, y la necesidad de tener un servicio de internet de alta calidad ha provocado que los usuarios se vean obligados en buscar proveedores que cumplan con sus requerimientos.

La tecnología GPON (Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit) permite soluciones con mayor eficacia en transporte de información, mayor ancho de banda, tecnologías en servicios de internet, voz, televisión IP entre otras. Comparado con las redes de cobre, la fibra óptica ofrece mayor seguridad de la información, mayor estabilidad, resistencia a las interferencias electromagnéticas, menor degradación de la señal, permitiéndole trabajar con altos niveles de tráfico de datos, contenidos multimedia y otros, de manera confiable y rápida (Quisnancela, y otros, 2016).

La calidad del servicio prestado por los ISP está a criterio de cada uno de sus usuarios y la utilidad que estos lo den, para poderlos satisfacer se debe garantizar que sus necesidades sean atendidas eficazmente. Queue Tree se encarga de establecer máximos y mínimos en los servicios de tráfico

utilizado por los clientes. Los ACL controlan el flujo de tráfico generado en las redes, encargándose de permitir o bloquear el tráfico de la red para determinados host o paquetes de datos, además se encarga de brindar mayor seguridad a los usuarios.

### **1.2.3 JUSTIFICACIÓN APLICATIVA**

El presente proyecto surge a partir de la necesidad que tiene el ISP Mundo-Tronic de brindar un servicio más eficiente y eficaz a sus clientes, debido a la pandemia vivimos un mundo virtualizado tanto la educación, el trabajo y demás actividades cotidianas que se realizaban presencialmente ahora se realiza bajo la modalidad virtual, estas actividades demandan un gran ancho de banda por usuario, así como bajas latencias para su correcto funcionamiento.

El proyecto se basa en diseñar e implementar una red FTTH utilizando el estándar G.984.x y realizara configuraciones ACL y Queue Tree en el equipo Mikrotik RB4011iGS+RM con la finalidad de brindar un mejor servicio, ya que con estas configuraciones se van a priorizar los servicios con mayor demanda, actualmente las plataformas como Microsoft Teams, Zoom y similares a estas deben ser prioridad debido a que los usuarios las utilizan con mayor frecuencia.

Como lugar de desarrollo del diseño e implementación se eligió el sector de Tolloloma ubicado en Colta, Chimborazo porque presenta un alto índice de crecimiento en el sector educativo, comercial y vivienda habiendo un elevado potencial de clientes residenciales, así como corporativos.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e implementar una Red FTTH utilizando el estándar G.984.x y configurar Queue Tree y ACL en el equipo Mikrotik RB4011iGS+RM para el Proveedor de Servicios de Internet Mundo-Tronic en el sector Tolloloma ubicado en la provincia de Chimborazo cantón Colta.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar la delimitación y planimetría del área de trabajo en el sector Tolloloma.
- Diseñar una Red FTTH en el sector Tolloloma del cantón Colta utilizando el estándar G.984.x para proveer servicios de internet.
- Implementar la red FTTH utilizando los equipos de la empresa Mundo-Tronic.
- Configurar los parámetros Queue Tree y ACL en el equipo Mikrotik RB4011iGS+RM que se encuentran en planta interna.
- Evaluar la red FTTH implementada mediante el software SpeedTest y el equipo OTDR, para verificar los parámetros de latencia de la comunicación, velocidades del enlace UPLINK y DOWNLINK, Jitter, pérdida de los paquetes y potencias definidas en el estándar G.984.x

En el presente trabajo de integración curricular se desarrollarán cuatro capítulos. En el primer capítulo se presentan los antecedentes y la problemática seleccionada para el estudio, además se presentan los objetivos propuestos y la solución que se debe tomar. En el segundo capítulo se encuentra el marco teórico dentro del cual se muestra el fundamento del proyecto. En el tercer capítulo se desarrolla la parte metodológica, el diseño y la implementación del proyecto. Finalmente, dentro del cuarto capítulo se van a observar los resultados obtenidos del proyecto.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se va a realizar un estudio del sector de Tolloloma perteneciente al cantón Colta del cual se obtendrá la información más relevante como la ubicación, su población, la densidad poblacional. También se va a investigar lo referente y primordial de los ISP, además se va a indagar y recabar la mayor cantidad de información acerca de redes ópticas, las tecnologías de las redes FTTx (Fiber to the x) principalmente la categoría de FTTH. Otro de los puntos importantes a tratar será QoS y algunos de los parámetros que van a servir para garantizar un excelente servicio a los clientes. Finalmente se recopilará información de distintos softwares que pueden ser utilizados en las categorías de simulación y diseño de redes de fibra óptica.

#### 2.1 Sector de desarrollo

##### 2.1.1 Ubicación del sector Tolloloma

El sector de Tolloloma está ubicado en el cantón Colta de la Provincia de Chimborazo, se encuentra conformado por varias comunidades de las partes altas de las parroquias urbanas Cajabamba y Sicalpa pertenecientes a la parroquia rural Villa La Unión. El Cantón Colta se encuentra ubicado en la parte Noroccidental de la Provincia de Chimborazo, a 18 Km de la ciudad de Riobamba, está limitada en el Norte con las parroquias Licán y San Juan que pertenecen al cantón Riobamba, por el Sur se limita con los cantones Guamote y Pallatanga, mientras tanto por el Este se encuentran las parroquias Punín Flores y Cacha pertenecientes al cantón Riobamba y además con la parroquia Cebadas del cantón Guamote y al Oeste con la provincia de Bolívar. Posee una superficie de 850 Km<sup>2</sup>, alcanza una altitud entre los 2.750 a 3.400 msnm, mientras que sus coordenadas geográficas son en latitud 01°42'0'' Sur y en longitud 78°45'0'' Occidental (Ministerio de Defensa Nacional; Instituto Espacial Ecuatoriano; Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo; MAGAP, 2013 pp. 4-10)

En la figura 1-2 se indica la ubicación del cantón Colta y su división política, mientras que en la figura 2-2 se indica la ubicación del sector de Tolloloma:



**Figura 1-2:** Cantón Colta, División Política

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha A., 2021)



**Figura 2-2:** Sector Tolloloma

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha A., 2021)

### 2.1.2 Zona de Población urbana y rural

El cantón Colta cuenta con una población total de 44.971 habitantes en la zona urbana y rural. De la cual el 87.38% de la población tiene origen indígena, se distribuyen en 115 comunidades de la misma etnia. Dentro del área urbana la población es de 2.313 habitantes, de los mismos 1.111 son hombres y 1.202 son mujeres; en cuanto al área rural la población es de 42 658 habitantes, de los cuales 20.531 son hombres y 22.127 son mujeres (Ministerio de Defensa Nacional; Instituto Espacial Ecuatoriano; Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo; MAGAP, 2013 pp. 4-10).

En la tabla 1-2 y en la figura 3-2, se puede observar una comparativa de la población que existe en la parte urbana y rural, de acuerdo a los censos realizados en los años 2001 y 2010.

Tabla 1-2: Población del Cantón Colta por sexo

Sexo	2010				2001			
	RURAL		URBANO		RURAL		URBANO	
	Población	%	Población	%	Población	%	Población	%
Hombre	20531	48,13	1111	48,03	19930	47,00	1074	46,80
Mujer	22127	51,87	1202	51,97	22476	53,00	1221	53,20
<b>Total</b>	<b>42658</b>	<b>100</b>	<b>2313</b>	<b>100</b>	<b>42406</b>	<b>100</b>	<b>2295</b>	<b>100</b>

Fuente: (Ministerio de Defensa Nacional; Instituto Espacial Ecuatoriano; Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo; MAGAP, 2013 pp. 4-10)

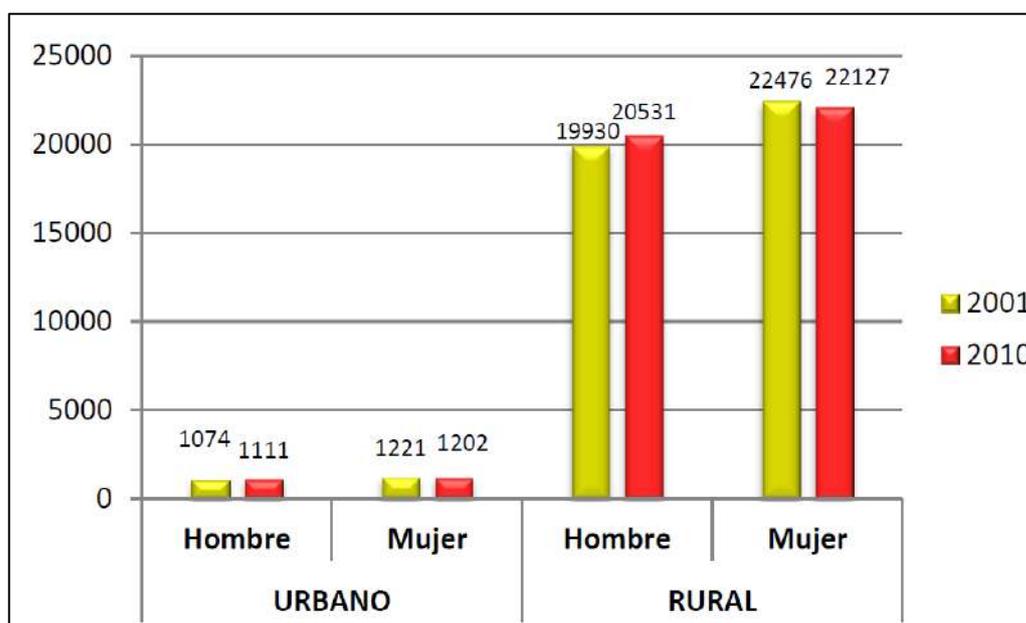


Figura 3-2: Población en el área urbana y rural 2001 y 2010

Fuente: (Ministerio de Defensa Nacional; Instituto Espacial Ecuatoriano; Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo; MAGAP, 2013 pp. 4-10)

Analizando la comparación de los datos del censo 2001 y de los datos del censo 2010 que se encuentran en la figura 3-2 se deduce que la población ha crecido; el 0,59 % en el sector rural y el 0,78 % en el sector urbano, (Ministerio de Defensa Nacional; Instituto Espacial Ecuatoriano; Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo; MAGAP, 2013 pp. 4-10).

### 2.1.3 Densidad de población

La densidad poblacional del cantón es de 52 habitantes por km<sup>2</sup> que está formada por los habitantes de cada una de las parroquias y comunidades que integran el cantón Colta. (Ministerio de Defensa Nacional; Instituto Espacial Ecuatoriano; Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo; MAGAP, 2013 pp. 4-10). Según el Dialogo cantonal sobre educación del (Contrato Social por la Educación; Cooperación Belga al Desarrollo; Plan Internacional, 2016 pp. 1-10), la población de Colta es esencialmente rural. De acuerdo a la (Tabla 2-2) se analiza que la población rural es 18 veces superior a los valores de la población urbana, dicha situación se produce en un mayor grado en las parroquias Columbe y Villa La Unión.

**Tabla 2-2:** Población Urbana y Rural del Cantón Colta

Parroquia	Urbana	Rural	Total
Cañi	-	962	962
Columbe	-	15.862	15.862
Juan de Velasco (Pangor)	-	3.918	3.918
Santiago de Quito	-	5.668	5.668
Villa La Unión (Cajabamba y Sicalpa)	2.313	16.248	18.561
<b>Total</b>	<b>2.313</b>	<b>42.658</b>	<b>44.971</b>

Fuente: (Contrato Social por la Educación; Cooperación Belga al Desarrollo; Plan Internacional, 2016 pp. 1-10)

### 2.2 Proveedor de Servicios de Internet (ISP)

Cuando se habla de un Proveedor de Servicio de Internet (Internet Service Provider – ISP), hace referencia a las organizaciones o empresas que brindan el servicio de conexión a Internet, hacia los diferentes clientes sean hogares u otras empresas.

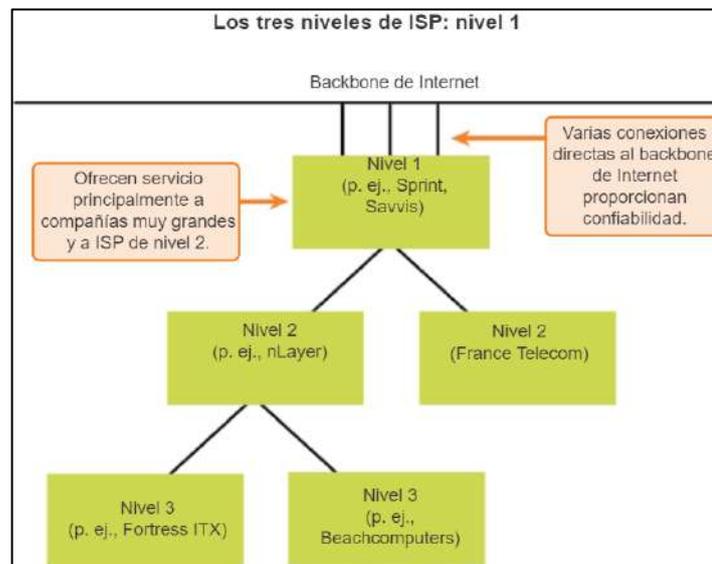
### 2.3 Niveles de ISP

A los ISP se los puede clasificar a través de una jerarquía que se baja de acuerdo al nivel de conectividad al backbone de Internet. Los niveles más inferiores establecen su conexión con el backbone a través de una conexión con un ISP de nivel superior (CISCO, s.f.).

### 2.3.1 Nivel 1

De acuerdo a la jerarquía, los ISP de nivel 1 son los de nivel superior, se conectan directamente al backbone de Internet, siendo grandes ISP a nivel nacional o internacional. Brindan conexiones y servicios con un alto nivel de confiabilidad por estar ubicados en la parte superior de la conectividad a Internet, para lo cual utilizan poseen múltiples conexiones al backbone de Internet. Sus clientes pertenecen son de menor nivel, pero pueden ser grandes compañías y organizaciones que ofrecen este servicio.

Los clientes de ISP del nivel 1 poseen grandes ventajas como la confiabilidad y la velocidad. En el nivel 1, los usuarios tienen menor probabilidad de fallos o cuellos de botella porque los clientes están más cerca de la conexión a Internet. Se considera como la principal desventaja el costo elevado que deben cancelar los clientes de ISP de nivel 1. Como se muestra en la figura 4-2.



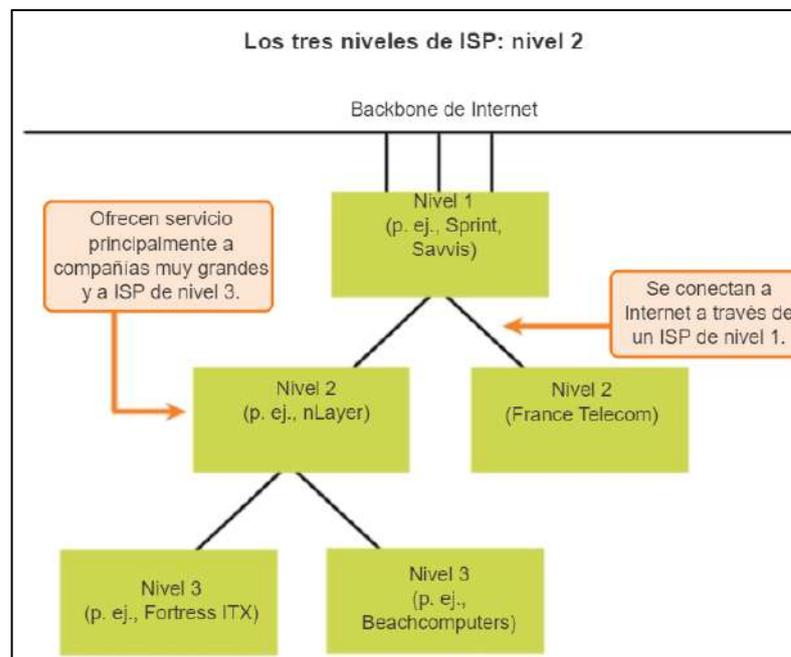
**Figura 4-2:** Nivel 1 ISP

Fuente: (CISCO, s.f.)

### 2.3.2 Nivel 2

Los ISP de nivel 2 obtienen la conexión a Internet por medio de los ISP de nivel 1. Los ISP de nivel 2 se enfocan en brindar servicios a las empresas. En este nivel se observa una mayor oferta de los comparando con los otros dos niveles. Posee recursos de TI que son utilizado para brindar servicios propios, como DNS, servidores de correo electrónico y servidores Web, entre otros servicios se encuentra el desarrollo y mantenimiento de sitios web, e-commerce/e-business y VoIP (CISCO, s.f.).

El acceso más lento a Internet es considerado como su principal desventaja, debido a esto se entiende que poseen un menor grado de confiabilidad con respecto a ISP de Nivel 1.



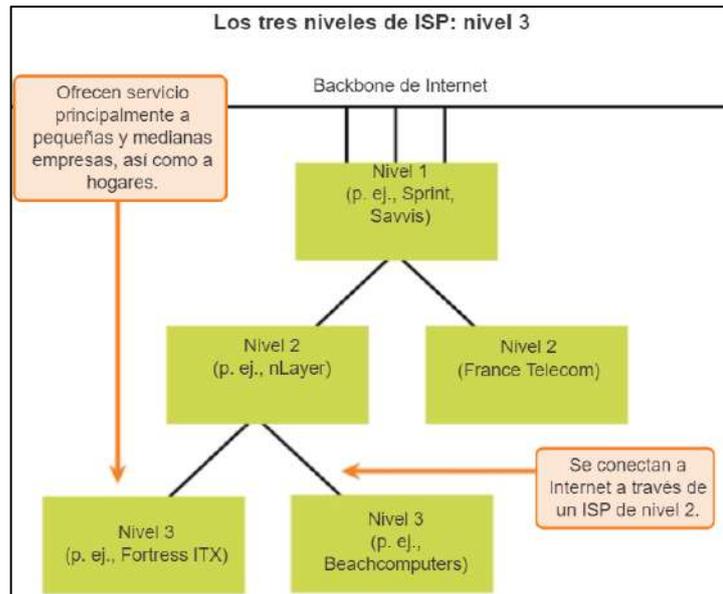
**Figura 5-2:** Nivel 2 ISP

Fuente: (CISCO, s.f.)

### 2.3.3 Nivel 3

En el nivel 3 de los ISP el servicio de Internet lo adquieren por medio de los ISP de nivel 2. Tienen como principal objetivo a los mercados minoristas y del hogar en una ubicación específica. Los servicios que necesitan los clientes de este nivel son menores y están enfocados en la conectividad y soporte.

En el contrato del servicio de red y computación ofrecido a los clientes incluyen la conectividad a Internet. Este nivel es la principal alternativa que poseen las pequeñas y medianas empresas, aunque posean un menor ancho de banda y su grado de confiabilidad este reducido en comparación con los de nivel 1 y 2.

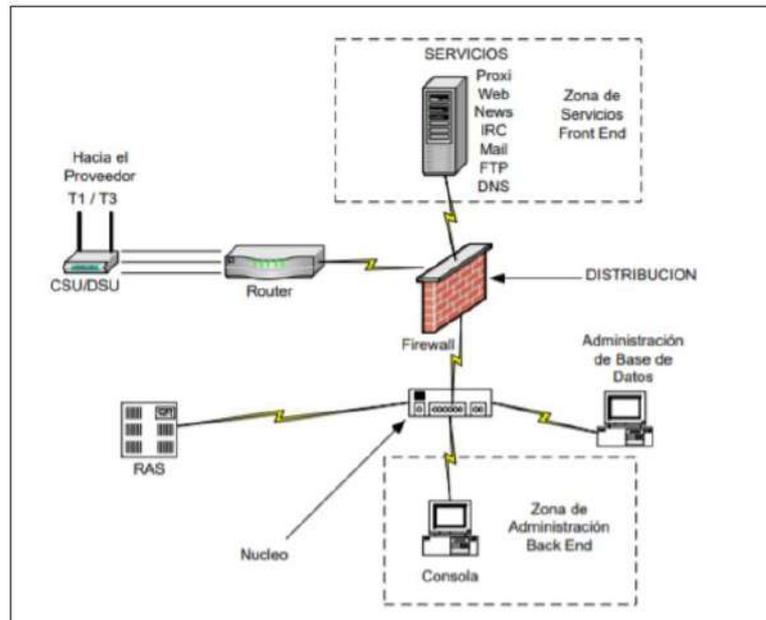


**Figura 6-2:** Nivel 3 ISP

Fuente: (CISCO, s.f.)

## 2.4 Arquitectura de un ISP

El diseño de la arquitectura de red para un ISP tiene la finalidad de hacer un uso adecuado y obtener mayores beneficios de la infraestructura y de los equipos que la conforman.



**Figura 7-2:** Arquitectura de un ISP

Fuente: (Juma, et al., 2021 pp. 21-25)

La arquitectura de un ISP tiene como principal objetivo garantizar la escalabilidad, fiabilidad, conectividad rápida, calidad de servicio, enlaces de alta capacidad, y otros factores. Para poder cumplir con estas características se divide en tres redes principales, Red de Core, Red de Distribución y Red de Acceso (Juma, et al., 2021 pp. 21-25).

#### **2.4.1 Red de Core**

Está formada por los equipos que poseen una alta capacidad de transmisión, está conformado con los elementos centrales, los cuales son usados para la transmisión, gestión y administración de la red. Dentro de esta red se encuentran ubicados los servidores AAA, el tráfico de red, los sistemas de cobro, etc.

Dentro de la red de Core circula un alto tráfico, lo que provoca cuellos de botella y picos de saturación en ciertos sectores de la red; teniendo como solución para ello la inclusión de equipos de altas prestaciones con un incremento en la velocidad de acceso y rendimiento.

#### **2.4.2 Red de Acceso**

La red de Acceso es la que permite conectar de forma directa con el cliente, a través de dispositivos de acceso, por ejemplo, puntos de red, teléfonos IP u otros.

Las redes de acceso se las puede clasificar en dos grupos:

- Acceso por cable físico: son las que poseen un medio guiado, ejemplos de ello tenemos las tecnologías de redes híbridas de fibra óptica y cable coaxial. (HFC) – La Fibra óptica - Comunicaciones a través de línea eléctrica (PLC) – Cable Ethernet.
- Acceso inalámbrico: utilizan medios no guiados para sus conexiones, entre las tecnologías inalámbricas están: - Redes de acceso por satélite - Redes locales inalámbricas (WLAN) – Bucle inalámbrico (WLL).

#### **2.4.3 Redes de Distribución**

La Red de Distribución, tiene como objetivo principal el control del flujo de tráfico usado por parte de las políticas para su distribución, utiliza una VLAN para poder separar los tipos de

navegación a la red de acceso. La distribución se la realiza con la ayuda de switches que posean variedad de características y establecen la comunicación con la red de Core y de Acceso.

## **2.5 Fibra Óptica**

La fibra óptica es el medio de transmisión por medio del cual se transmiten datos con la ayuda de impulsos fotoeléctricos por un hilo fabricado con vidrio transparente u otros materiales de plástico que puedan cumplir las mismas funciones. Estos hilos son el medio de transmisión de la señal, posee un tamaño muy reducido que puede llegar a ser casi tan finos como un pelo (Chayña, 2017).

Dentro de este medio se transmite una señal luminosa que inicia en un extremo del cable y recorre hacia el otro extremo, un láser o un LED son los encargados de generar la luz, el principal uso que se le da es para el transporte de datos a grandes distancias, posee un ancho de banda mucho mayor que los cables metálicos, lo cual ayuda a reducir las pérdidas y permite obtener mayores velocidades de transmisión.

Se puede obtener un mayor beneficio de sus cualidades, para ello en la normativa se especifican varios tipos de fibra, dentro de los cuales cada uno se puede aplicar en enlaces que se clasifiquen de acuerdo a su longitud, la velocidad con la que se transmitan y otras características.

### **2.5.1 Tipos de fibra óptica**

Los modos de propagación se definen como las distintas trayectorias que un haz de luz puede tomar dentro de la fibra, de acuerdo a los modos de propagación de la fibra se la puede clasificar en dos tipos de fibra óptica monomodo y multimodo (Carrion, et al., 2011 pp. 24-28).

#### **2.5.1.1 Fibra monomodo**

La fibra monomodo es conocida como la forma más sencilla de un cable de fibra óptica, dentro del cual viajan todas las señales sin reflejo, es utilizada para la transmisión de datos a largas distancias. Posee un núcleo de un rango aproximado de 8-10 micrones y se agrupa en haces.

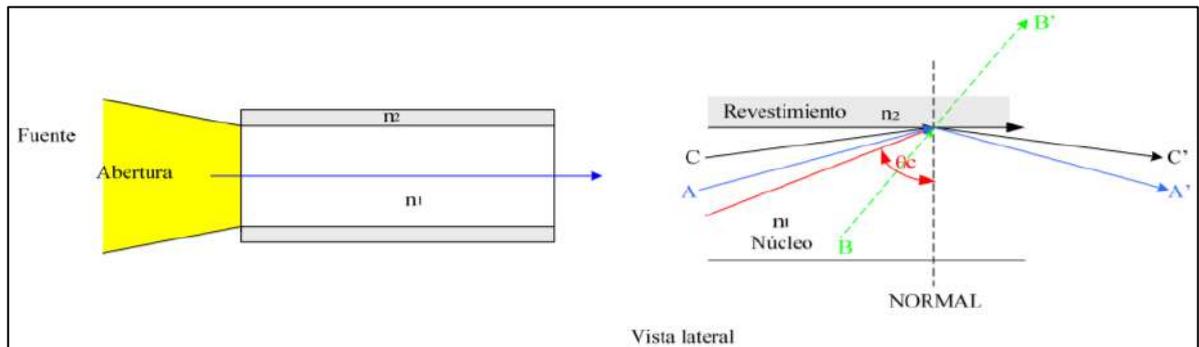
### 2.5.1.2 Fibra multimodo

La fibra óptica multimodo posee un tamaño 10 veces mayor que de la monomodo, permitiendo a los haces de luz tomar diferentes caminos. En su mayoría son utilizadas para transmitir datos en pequeñas distancias en un máximo de 2 km, normalmente usada en redes informáticas (Carrion, et al., 2011).

La fibra multimodo se puede clasificar de acuerdo al tipo de índice de refracción del núcleo:

#### 2.5.1.2.1 Fibra multimodo de índice escalonado

Posee un núcleo más grande brindando mayor abertura para que ingrese las ondas de la fuente de luz al que se lo denomina Rayo A, el cual al encontrarse con el revestimiento crea una reflexión formando un ángulo mayor que el crítico denominándose como rayo A', la luz es transmitida en forma de zigzag a lo largo de la fibra, se denomina rayo B cuando este rayo se pierde debido a la reflexión con un ángulo menor al crítico, se produce un retardo en la salida debido a las distintas trayectorias que son creadas por la onda.

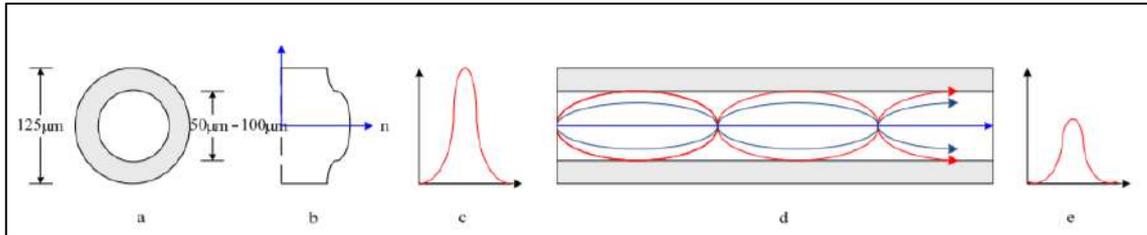


**Figura 8-2:** Ángulo de trayectorias en fibras multimodo con índice escalonado

Fuente: (Carrion, et al., 2011).

#### 2.5.1.2.2 Fibra multimodo de índice graduado

El índice de refracción que alcanza no es constante en la cara frontal de la fibra, después de ello obtiene un valor máximo en el centro de la fibra y disminuye cuando se acerca al extremo, que permite disminuir el valor del índice de dispersión en los distintos modos de propagación.



**Figura 9-2:** Fibra multimodo formada por índice gradual

Fuente: (Carrion, et al., 2011)

## 2.5.2 Normas técnicas de fibra óptica

En las diferentes normativas que son establecidas en la Unión Internacional de Telecomunicaciones-Telecomunicaciones (ITU-T) se establece las longitudes de ondas en las cuales operan, así como la tasa de transferencia esto dependiendo del tipo de norma de la serie G, la misma que está enfocada en sistemas y medios de transmisión que se elija.

### 2.5.2.1 Normativa ITU-T G651.1

La normativa ITU-T G651.1 detalla varias características de un cable de fibra óptica multimodo de índice gradual de 50/125 mm como la atenuación de 0.3/1.0 dB/Km, longitud de onda de 850/1310 nm, diámetro de revestimiento de 50/245 μm respectivamente, tipo de propagación: multimodo y radio de Macro curvatura de 30 mm (ITU-T, G.651.1, 2018).

### 2.5.2.2 Normativa ITU-T G652

La normativa ITU-T G652 detalla varias características de las fibras y cables ópticos monomodo como la atenuación de 0.5 dB/Km, longitud de onda de 1310/1550 nm, diámetro de revestimiento de 8 a 10/125 μm respectivamente, tipo de propagación: monomodo y radio de Macro curvatura de 30 mm (ITU-T, G.652, 2016).

### 2.5.2.3 Normativa ITU-T G653

La normativa ITU-T G653 detalla varias características de los cables de fibra óptica monomodo con dispersión desplazada como la atenuación de 0.35 dB/Km, longitud de onda de 1550 nm, diámetro de revestimiento de 7.8 a 8.5/125 μm respectivamente, tipo de propagación: monomodo y radio de Macro curvatura de 30 mm (ITU-T, G.653, 2010).

#### **2.5.2.4 Normativa ITU-T G654**

La normativa ITU-T G654 detalla varias características de los cables de fibra óptica monomodo con corte desplazado como la atenuación de 0.22 dB/Km, longitud de onda de 1550 nm, diámetro de revestimiento de 9.5 a 10.5/125  $\mu\text{m}$  respectivamente, tipo de propagación: monomodo y radio de Macro curvatura de 30 mm (ITU-T, G.654, 2020).

#### **2.5.2.5 Normativa ITU-T G655**

La normativa ITU-T G655 detalla varias características de fibras y cables ópticos monomodo con dispersión desplazada no nula como la atenuación de 0.4 dB/Km, longitud de onda de 1550/1625 nm, diámetro de revestimiento de 8 a 11/125  $\mu\text{m}$  respectivamente, tipo de propagación: monomodo y radio de Macro curvatura de 30 mm (ITU-T, G.655, 2009).

#### **2.5.2.6 Normativa ITU-T G656**

En la normativa ITU-T G656 se encuentra detallada varias características de fibra y el cable que posee una dispersión distinta de cero, usado para el transporte óptico de banda como la atenuación de 0.35 dB/Km, longitud de onda de 1550/1625 nm, diámetro de revestimiento de 7 a 11/125  $\mu\text{m}$  respectivamente, tipo de propagación: monomodo y radio de Macro curvatura de 30 mm (ITU-T, G.656, 2010).

#### **2.5.2.7 Normativa ITU-T G657**

La normativa ITU-T G657 detalla varias características de un cable y fibra óptica monomodo insensible a la pérdida de flexión como la atenuación de 0.4 dB/Km, longitud de onda de 1310/1550 nm, diámetro de revestimiento de 7 a 8/125  $\mu\text{m}$  respectivamente, tipo de propagación: monomodo y radio de Macro curvatura de 30 mm (ITU-T, G.657, 2016).

### **2.5.3 Tipos de cables de fibra óptica**

El cable es escogido de acuerdo a las necesidades que presente la red, tomando en cuenta principalmente las condiciones que tenga el área de trabajo.

### 2.5.3.1 Estructura de cables de fibra óptica

Los cables de fibra óptica están conformados por varias estructuras, hay un elevado número de tipos de cables de fibra óptica debido al gran número de fabricantes existentes en el mercado tanto nacionales como internacionales, también en base al ambiente o lugar donde se requiera instalar los cables de fibra óptica ya sean subterráneos, aéreos, marítimos, etc. Por consiguiente, deben ser recubiertos con diferentes materiales según sea el ambiente y proceso de instalación, ya que el cable se somete a diferentes condiciones tanto de ambiente como de tensión del cable de fibra óptica.

#### 2.5.3.1.1 Cable Loose Tube o Cable de estructura holgada

En el cable de estructura holgada las unidades de fibra óptica están adentro de un tubo denominado buffer de forma holgada y suelta. En el mercado usualmente hay fibra óptica por buffer de 12 hilos rellenos con gel para prevenir la humedad y protección contra los cambios adversos del clima (Cruz, 2019 p. 36).

El presente cable de fibra óptica está conformado por un refuerzo central que mantiene toda la tensión aplicada al cable de fibra óptica, de igual forma los buffers se encuentran afuera del elemento central de refuerzo, como se observa en la Figura 10-2 y puede mantener altas capacidades de unidades de fibra óptica de hasta 144 hilos.

Debido al elevado número de hilos de fibra óptica, comúnmente es utilizada en enlaces troncales de fibra óptica y en exteriores.

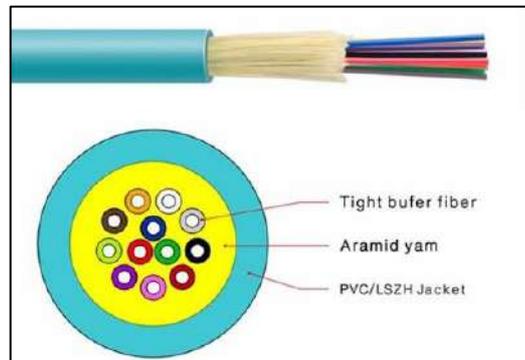


**Figura 10-2:** Cable Loose Tube

**Fuente:** (Rodríguez, 2014)

### 2.5.3.1.2 Cable Tight Buffer o Cable de estructura ajustada

El cable óptico dispone de algunas capas de recubrimiento que guardan al núcleo, usualmente el manto es de 125  $\mu\text{m}$ , el buffer (recubrimiento primario) de 250  $\mu\text{m}$  y la chaqueta exterior (revestimiento secundario ajustado) de 900  $\mu\text{m}$ , como se observa en la Figura 11-2.



**Figura 11-2:** Cable Tight Buffer

Fuente: (Rodríguez, 2014)

El cable tight buffer contiene varias ventajas y desventajas respecto al cable loose tube, como se observa en la tabla 3-2.

**Tabla 3-2:** Características del estructura holgada y estructura ajustada

Características	Estructura Holgada	Estructura Ajustada
Numero de fibras en el buffer	Varias	Una
Protección contra humedad	Gel	Ninguna
Flexibilidad	Poca	Alta
Conexionado de las fibras	Laborioso	Fácil
Diámetro del cable	Pequeño	Grande
Resistencia a golpes y presiones	Menor	Mayor
Comportamiento con la temperatura	Peor	Mejor
Densidad de fibras	Alta	Baja
Radio de curvatura	Grande	Pequeño
Sensibilidad a la tracción	Menor	Mayor

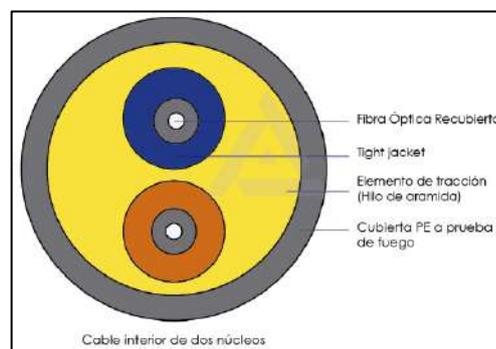
Fuente: (Cruz, 2019)

### 2.5.3.2 Cables de fibra óptica para tendidos aéreos

La mayor parte de cables aéreos conllevan un elemento de tracción, el cual está conformado de un material de acero y aguanta toda la tensión en el tendido. Posteriormente, se analizarán los tipos de cables de fibra óptica aéreos (SOZAW, 2012 p. 4).

#### 2.5.3.2.1 Cable Figure 8 o Drop

El cable Drop o también conocido como cable figure 8 debido a su aspecto físico, como se observa en la **Figura 12-2**. El cable óptico aéreo tiene como característica principal un mensajero de acero inoxidable que se encuentra a lo largo del cable. El cable posee de 6 a 144 hilos, su peso es de aproximadamente 270kg/km, la temperatura optima de almacenamiento varia de -40 a +70 °C y la cubierta exterior está diseñada de polietileno de alta resistencia.

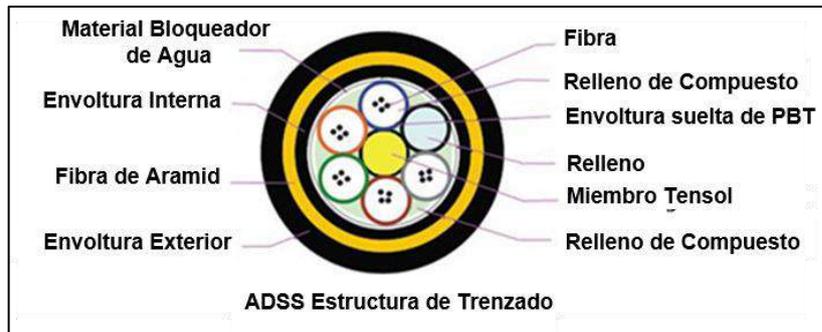


**Figura 12-2:** Cable Figure 8

Fuente: (SOZAW, 2012 p. 4)

#### 2.5.3.2.2 Cable ADSS (Cable Auto Soportado Completamente Dieléctrico)

En comparación al cable Drop este cable óptico no posee ni una sola parte metálica como se indica en la **Figura 13-2**, por lo cual es óptimo para distancias largas como el cruce de quebradas, travesías de ríos, etc. Por cual no es necesario utilizar un cable mensajero, además está fabricado para aguantar fuerzas de alrededor de 2700 N, entre sus ventajas principales son de bajo costo, inmunes a las interferencias y fáciles de instalar. Para determinar el cable óptico para el tendido de la fibra se debe tener en cuenta la distancia entre los postes ya que en la estructura interna del cable contiene una cubierta de polietileno de alta resistencia (Alcívar, 2015).

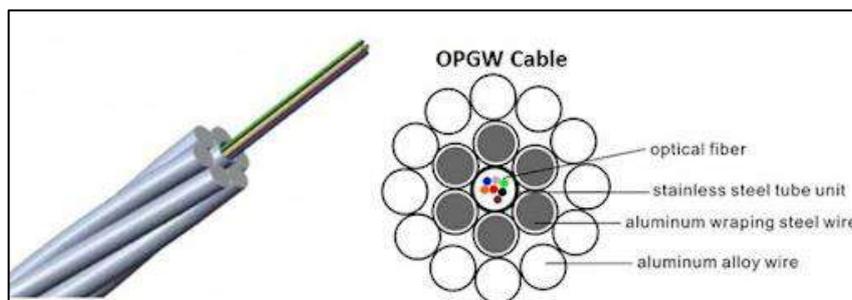


**Figura 13-2:** Cable ADSS

Fuente: (Alcívar, 2015 pp. 88-90)

### 2.5.3.2.3 Cable de tierra óptico (OPGW)

El cable de tierra óptico está rodeado por varias capas de acero y alambre de aluminio lo cual cuida de la penetración del agua a la estructura tubular que abarca en su interior una o varios hilos como se observa en la **figura 14-2** y están fabricados para aguantar tensiones mecánicas, este cable óptico realiza funciones de transmisión de datos y conexión a tierra que protege los cables de las variaciones en la electricidad.



**Figura 14-2:** Cable OPGW

Fuente: (Alcívar, 2015 pp. 88-90)

### 2.5.4 Empalmes de fibra

Los empalmes se definen como una combinación de dos pedazos de fibra óptica, se los puede clasificar de dos formas mecánicas y de fusión, los cuales garantizan una estabilidad en la red (ITU-T, L.12, 2008).

#### **2.5.4.1 Empalmes mecánico**

Para realizar un empalme de tipo mecánico se pueden utilizar ciertas estructuras y diseños físicos diferentes, se deben considerar los siguientes parámetros: espacio suficiente para conectar los terminales finales de la fibra, utilizar equipos que ayuden a mantener de forma alineada la fibra y finalmente en los extremos de la fibra es recomendable utilizar materiales que permitan adaptar los índices, entre ellos están gel, grasa, adhesivo (ITU-T, L.12, 2008).

Esta clase de empalmes pueden ser utilizados para monofibras o cintas de fibras. En ciertos diseños se realiza la instalación en fábrica a fibras del extremo de un cable con el objetivo de realizar los empalmes de una manera más sencilla en la implementación de terreno.

En los extremos de la fibra puede surgir reflexiones de Fresnel las cuales pueden ser reducidas con la ayuda de materiales de adaptación óptica para los extremos de la fibra los cuales poseen un índice de refracción que depende del cambio de temperatura, entre dichos materiales se pueden encontrar geles de silicona, los adhesivos curables por rayos ultravioleta, las resinas epóxicos y las grasas ópticas, dichos materiales se deben encargar de mantener las propiedades ópticas de las fibras.

#### **2.5.4.2 Empalmes por fusión**

Los empalmes por fusión también son conocidos como fusiones de arco eléctrico los cuales hoy en día son los de mayor demanda al momento de implementarlos en el terreno y se caracterizan por la fiabilidad que presentan. Esta clase de empalmes son realizados con la ayuda de equipos de empalme que facilitan gradualmente el trabajo (ITU-T, L.12, 2008).

Cuando se implementan los empalmes por fusión se procede de la siguiente manera, primeramente, es retirado el recubrimiento de las fibras en el área que se encuentra rota, posteriormente es posicionada y alineada entre los electrodos en el equipo de empalme, después de ello el vidrio es calentado con un arco eléctrico que debe llegar hacia el punto de fusión de forma que se unan las fibras de tal manera que se obtenga empalmes óptimos (ITU-T, L.12, 2008).

Con la utilización de las máquinas de empalmes se puede obtener dos tipos de alineaciones de tipo pasiva las cuales son ranuras en V o de tipo activa es cuando existe una inyección de luz a lo largo del sistema de detección o supervisión del perfil en el núcleo/revestimiento y también en el sistema de alineación. Finalmente, se coloca en el empalme una protección con el objetivo de

mantener protegida la fibra fusionada, lo cual ayude en la manipulación garantizando el buen funcionamiento de la red.

Las pérdidas del empalme se determinan a través del análisis de distintos factores como es la calidad del corte, la intensidad y la duración que tiene el arco eléctrico, otro factor importante son las diferencias que presentan los pedazos de fibra a empalmar.

### **2.5.5 Conectores Ópticos**

Los conectores ópticos tienen la función de crear un enlace, entre dos o tramos de fibra óptica y se los conecta o desconecta de los dispositivos de una manera muy fácil. Entre los tipos de conectores más conocidos se encuentran:

#### **2.5.5.1 ST**

La férula puede ser de materiales como plástico, metal o cerámica, se los puede reconocer porque su cuerpo está recubierto por un arco y se los puede utilizar en redes de edificios o en ciertos sistemas de seguridad.

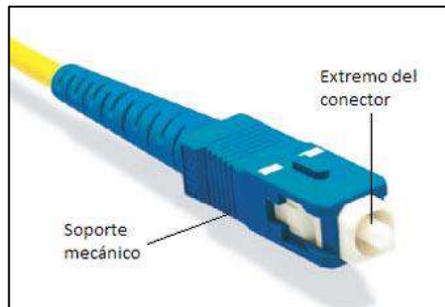


**Figura 15-2:** Conectores ST

Fuente: (SilexFIBER, 2016)

#### **2.5.5.2 SC**

Poseen forma de broche, se la utiliza en la transmisión de datos y puede estar en formatos simple o dúplex.

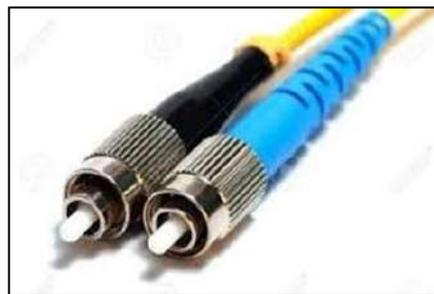


**Figura 16-2:** Conectores SC

Fuente: (SilexFIBER, 2016)

### 2.5.5.3 FC

La férula está formada por acero inoxidable, se conecta roscando el conector, se debe asegurar que la guía se haya alineado correctamente antes de roscarla, son usados principalmente para las transmisiones de datos.

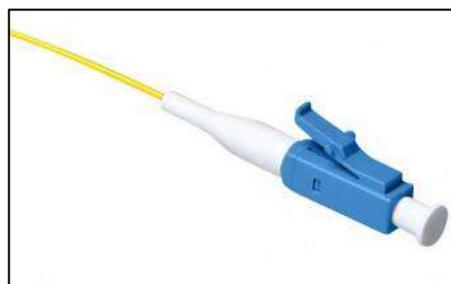


**Figura 17-2:** Conectores FC

Fuente: (SilexFIBER, 2016)

### 2.5.5.4 LC

La férula es de tipo cerámica y estos conectores son usados para transmitir datos de alta densidad.



**Figura 18-2:** Conectores LC

Fuente: (SilexFIBER, 2016)

## 2.5.6 Tipos de pulidos

### 2.5.6.1 Plano

El ferrule es pulido manualmente, se utiliza en fibra multimodo. Los conectores de la fibra originalmente se basan en conexiones de superficies planas o con la ayuda de conectores planos. En los conectores planos existirá una reflexión de retorno de alrededor de los -14dB. Plano >20Db

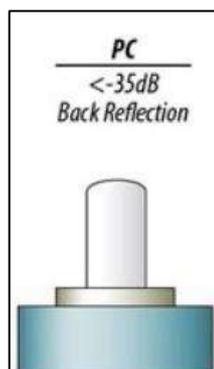


**Figura 19-2:** Pulido tipo Plano

Fuente: (Oblitas, 2014)

### 2.5.6.2 PC

Se denominan de contacto físico. El ferrule es biselado y se lo remata a una superficie plana. Dichas características ayudan a eludir espacios vacíos que se presentan entre los ferrules de cada uno de los conectores que se van acoplar y puede alcanzar unas pérdidas de retorno en el rango de los -30 dB y los -40 dB. Hoy en día ya no es muy utilizada.

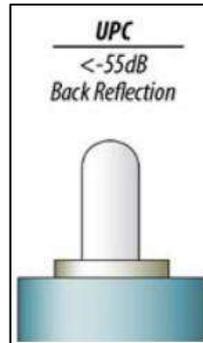


**Figura 20-2:** Pulido tipo PC

Fuente: (Oblitas, 2014)

### 2.5.6.3 UPC

Es un pulido de Ultra Contacto Físico. Posee características parecidas a las de los PC, pero tienen la capacidad de disminuir las pérdidas de retorno a un margen que puede estar entre los -40 y los -55 dB debido a que el bisel posee una curva más prominente. Hoy en día se lo utiliza en líneas muertas en las que los operadores de telecomunicaciones realicen pruebas del funcionamiento de la red entre las que pueden ser pruebas de OTDR.



**Figura 21-2:** Pulido tipo UPC

Fuente: (Oblitas, 2014)

### 2.5.6.4 APC

El pulido de Contacto Físico en Ángulo tiene el ferrule que termina en una superficie plana y a su vez inclinada 8 grados. Estos alcanzan enlaces ópticos con mejor calidad, debido a que las pérdidas de retorno pueden llegar hasta los -60 dB lo cual incrementa la cantidad de usuarios de fibras monomodo. En la actualidad los conectores APC son el tipo de pulido más utilizado ya que además brinda costos más bajos en su fabricación.



**Figura 22-2:** Pulido tipo APC

Fuente: (Oblitas, 2014)

## **2.5.7 Tipos de herrajes de fibra óptica**

En la implementación del tendido aéreo el cable óptico ADSS se sostiene mediante los herrajes, los herrajes están fabricado en base acero galvanizado los cuales sostienen el cable de fibra óptica al poste mediante una cinta acerada o collarines, la cual abraza al poste. En el mercado existen dos tipos de herrajes como se muestra a continuación (Ilbay, 2016 p. 32).

### **2.5.7.1 Herraje tipo A**

Herraje tipo A o herraje terminal se emplea cuando existe cambios de trayectoria o dirección superior a 8 grados, por ejemplos, en curvas de carreteras, de igual forma se emplea cuando existe variaciones de altitud tanto subida como bajadas de postes, así también para el cruce de quebradas y ríos. Además, el herraje terminal se emplea cada dos herrajes tipo B, de igual forma cuando el trayecto del tendido aéreo es lineal y excede este número de herrajes o la distancia es superior a 100 metros.

El herraje terminal está conformado por varios accesorios que sostienen el cable óptico ADSS como lo es el preformado, el cual envuelve al cable ADSS y aplican fricción a la chaqueta del cable, comúnmente el herraje está acompañado por dos preformados, dos thimble clevis y dos brazos extensores.

### **2.5.7.2 Herraje tipo B**

El herraje tipo B este fabricado del mismo material que el herraje tipo A, este herraje se emplea en distancias cortas. El herraje tipo B este compuesto por un núcleo de caucho en el cable ADSS se sujeta en este material

## **2.6 Especificaciones técnicas de los Equipos instalados**

En la actualidad existe una gran cantidad de empresas que comercializan equipos de Telecomunicaciones por ello en la implementación se ha seleccionado diferentes fabricantes de acuerdo con las necesidades de cada una de las secciones de la arquitectura de nuestra red.

## 2.6.1 Equipos de Planta Interna

Dentro de la planta interna se realizará toda la instalación principal de la red y está marcada como el lugar que dará inicio con la implementación, a continuación, se describen las características de cada uno de los equipos utilizados en esta sección de la red:

### 2.6.1.1 Router Mikrotik RB4011IGS+RM

El primer elemento de la planta interna es el router, dentro de él se realizan las configuraciones de la red, añadiendo diferentes parámetros de acuerdo con los requerimientos que se han acordado programar, en la figura 23-2 se observa el router Mikrotik RB4011iGS + RM el mismo que se ha utilizado en la implementación de la red, mientras que en la tabla 4-2 se ha detallado las características técnicas más importantes de este equipo.



**Figura 23-2:** Router Mikrotik RB4011iGS + RM

Fuente: (Syscom EPCOM)

**Tabla 4-2:** Parámetros técnicos Router Mikrotik RB4011iGS + RM

ESPECIFICACIONES	
Descripción	Detalle
Marca	Mikrotik
Código de producto	RB4011iGS + RM
Arquitectura	ARM 32 bits
CPU	4 núcleos, AL21400 1.4GHz
Dimensiones (An./Pr./Al.)	228x120x30mm
Sistema operativo	RouterOS
Tamaño de RAM	1 GB
Tamaño de almacenamiento	NAND 512 MB
Temperatura ambiente probada	De -40°C a +45°C
Switch chip model	RTL8367SB
Power Jack	1
PoE in	Yes (port 1), pasivo, 18 - 57 V
PoE out	Yes (port 10), pasivo, hasta 57 V

Voltaje de entrada permitido	12-57V (Jack)
Consumo máximo de energía (W)	18 W PoE out - 33 W PoE out
Puertos Ethernet 10/100/1000	10
Puertos SFP+ (Puertos de fibra)	1
Puerto serial	RJ45
Monitor de temperatura PCB	Sí
Monitor de voltaje	Si
Nivel de Licencia	5

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

**Fuente:** (Syscom EPCOM)

### 2.6.1.2 OLT Huawei-MA5608T

Dentro de la planta interna se instaló la OLT y es la encargada de convertir las señales eléctricas, también se encarga de controlar la información que se transmite en ambas direcciones a través de la ODN, en la figura 24-2 se observa la OLT Huawei-MA5608T la misma que se ha utilizado en la implementación de la red y en la tabla 5-2 se ha detallado las características técnicas más importantes de este equipo.



**Figura 24-2:** OLT Huawei-MA5608T

**Fuente:** (Thunder-Link)

**Tabla 5-2:** Parámetros técnicos OLT Huawei-MA5608T

ESPECIFICACIONES	
Descripción	Detalle
Marca	Huawei
Código de producto	MA5608T
Dimensiones (An./Pr./Al.)	442×233.5×88
Temperatura	-40°C a +65°C
Alimentación	CC: -48 V a -60 V, CA: 110 V/220 V
Puertos ascendentes GE/10GE	MCUD: 8 GE , MCUD1: 4GE+2(10GE)
Tiempo medio entre fallas ((MTBF)	45 años
Capacidad de conmutación del bus de fondo	720Gbit/s
Capacidad de intercambio del tablero de control	512Gbit/s
Puertos de acceso	8 (10G GPON), 32 (GPON), 96 (GE)

GPON	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cumplimiento estándares G.984.x</li> <li>- Compatibilidad con módulos ópticos B+ o C+ (SFP)</li> <li>- Distancia máxima de 40 km</li> </ul>
Características de servicio	G.SHDSL, PBX, VLANs, IPTV, H-QoS, QoS de 5 niveles garantiza SLA

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

**Fuente:** (Thunder-Link)

### 2.6.1.3 ODF Prisma de 24 hilos

La ODF al igual que la OLT y el Router se encuentra dentro de la planta interna y es la encargada de conectar cada uno de los hilos de la fibra seleccionada, considerando la capacidad de nuestra fibra que es de 8 hilos, todos ellos fueron fusionados con los pigtailed de este equipo, considerando que se habilitaron 5 de ellos, en la figura 25-2 se observa la ODF Prisma y en la tabla 6-2 están detalladas las principales características de este equipo.



**Figura 25-2:** ODF Prisma de 24 hilos

**Fuente:** (Giganet Communications )

**Tabla 6-2:** ODF Prisma de 24 hilos

ESPECIFICACIONES	
Descripción	Detalle
Marca	PRISMA
Código	GCF-24APC
Puertos SFP+	24
Tipo de conectores	SC/APC
Incluye Pigtail	Si
Dimensiones (An./Pr./Al.)	442×233.5×88mm

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

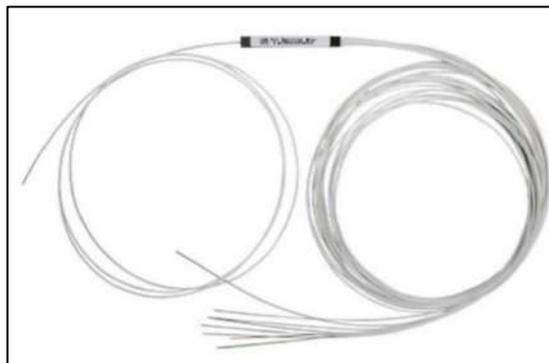
**Fuente:** (Giganet Communications )

## 2.6.2 Equipos de Planta Externa

En la planta externa se encuentra la fibra, los elementos de derivación y los equipos necesarios para realizar la instalación del cliente.

### 2.6.2.1 Splitter 1:8 Cablix OSP9-NC108

En el primer nivel de splitteo se utilizó un splitter de fusión de 1:8, el cual está encargado de alimentar a las cajas NAP, en la figura 26-2 se observa el elemento utilizado y en la tabla 7-2 están detalladas sus características.



**Figura 26-2:** Splitter 1:8 Cablix OSP9-NC108

Fuente: (Cablix, 2021)

**Tabla 7-2:** Splitter 1:8 Cablix OSP9-NC108

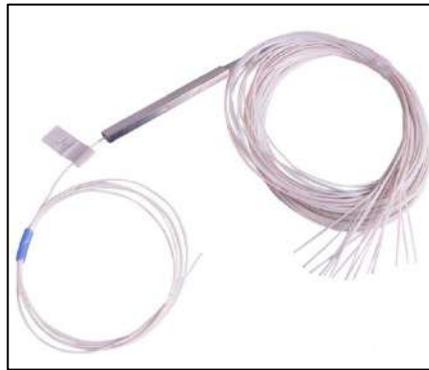
ESPECIFICACIONES	
Descripción	Detalle
Marca	Cablix
Modelo	OSP9-NC108
Longitud	1 metro por hilo
Tipo de conectores	Sin conectores
Longitud de onda operativa	1260 – 1650 nm
Pérdida de inserción versión estándar	$\leq 10.5$ dB
Uniformidad versión estándar	$\leq 1.0$ dB
Pérdida de inserción versión premium	$\leq 10.2$ dB
Uniformidad versión premium	$\leq 0.7$ dB
Pérdida dependiente de la polarización PDL	$\leq 0.3$ dB
Perdidas de retorno	$\geq 55$ dB
Directividad	$\geq 55$ dB
Temperatura	-40°C a +85°C

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

Fuente: (Cablix, 2021)

### 2.6.2.2 Splitter 1:16

En el segundo nivel de splitteo se utilizó un splitter de fusión de 1:16, el cual está encargado de brindar el servicio a los clientes, en la figura 27-2 se observa el elemento utilizado y en la tabla 8-2 están detalladas sus características.



**Figura 27-2:** Splitter 1:16 Cablix OSP9-NC108

Fuente: (Cablix, 2021)

**Tabla 8-2:** Splitter 1:16 Cablix OSP9-NC108

ESPECIFICACIONES	
Descripción	Detalle
Marca	Cablix
Modelo	OSP9-NC108
Longitud	1 metro por hilo
Tipo de conectores	Sin conectores
Longitud de onda operativa	1260 – 1650 nm
Pérdida de inserción versión estándar	$\leq 13.9$ dB
Uniformidad versión estándar	$\leq 1.5$ dB
Pérdida de inserción versión premium	$\leq 13.5$ dB
Uniformidad versión premium	$\leq 1.1$ dB
Perdida dependiente de la polarización PDL	$\leq 0.3$ dB
Perdidas de retorno	$\geq 55$ dB
Directividad	$\geq 55$ dB
Temperatura	-40°C a +85°C

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

Fuente: (Cablix, 2021)

### 2.6.2.3 Manga troncal Cablix OSCH-48

Para las derivaciones de la red Feeder se han utilizado mangas troncales del fabricante Cablix, en ellas se realizó el sangrado de la fibra principal y además contienen los splitters de primer nivel, este elemento se observa en la figura 28-2 y sus características están en la tabla 9-2.



**Figura 28-2:** Manga troncal Cablix OSCH-48

**Fuente:** (Cablix, 2021)

**Tabla 9-2:** Manga troncal Cablix OSCH-48

ESPECIFICACIONES	
Descripción	Detalle
Marca	Cablix
Modelo	OSCH-48
Dimensiones (An./Pr./Al.)	281,6 x 200,3 x 88,5 mm
Número de puertos de entrada / salida	3 puertos PCS
Diámetro del cable de fibra	12mm
Capacidad por bandeja de empalme	12 fibras
Cantidad de bandeja de empalme	4 piezas
Slots por bandeja.	6
Capacidad máxima	48 fibras
Resistencia al agua	IP65
Temperatura	-40°C a +65°C
Material	ABS

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

**Fuente:** (Cablix, 2021)

#### 2.6.2.4 Cajas de distribución óptica Cablix OTB-0616AOHK

Para realizar la red de dispersión y brindar de servicio a los clientes hemos utilizado cajas de distribución óptica de la marca Cablix, en ellas se encuentran los splitters de segundo nivel, este elemento se observa en la figura 29-2 y sus características se detallan en la tabla 10-2.



**Figura 29-2:** Caja de distribución óptica Cablix OTB-0616AOHK

Fuente: (Cablix, 2021)

**Tabla 10-2:** Caja de distribución óptica Cablix OTB-0616AOHK

ESPECIFICACIONES	
Descripción	Detalle
Marca	Cablix
Modelo	OTB-0616AOHK
Dimensiones (An./Pr./Al.)	236,5 x 218 x 83,6 mm
Adaptadores	16 SC simplex
Número de puertos de entrada/salida	2 puertos PCS
Diámetro del cable de fibra	12mm
Capacidad por bandeja de empalme	8 fibras y 16 fibras
Cantidad de bandeja de empalme	3 piezas (2 piezas 1:8) (1 pieza 1:16)
Slots por bandeja.	6
Capacidad máxima	24 fibras
Material	Plástico resistente a los rayos UV

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

Fuente: (Cablix, 2021)

### 2.6.2.5 Cajas de empalme

En diferentes tramos de la red se deben realizar empalmes debido a diferentes situaciones, para ello se han utilizado cajas de empalme de la marca Cablix, en la figura 30-2 se observa la caja utilizada y en la tabla 11-2 se muestran sus características.



**Figura 30-2:** Caja de empalme Cablix OSCH-12

Fuente: (Cablix, 2020)

**Tabla 11-2:** Caja de empalme Cablix OSCH-12

ESPECIFICACIONES	
Descripción	Detalle
Marca	Cablix
Modelo	OSCH-12
Dimensiones (An./Pr./Al.)	276 X 171.8 X 75.7 mm
Número de puertos de entrada / salida	2 puertos PCS
Diámetro del cable de fibra	12mm
Capacidad por bandeja de empalme	12 fibras
Cantidad de bandeja de empalme	2 piezas
Slots por bandeja.	24
Capacidad máxima	48 fibras
Material	ABS
Resistencia al agua	IP65

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

Fuente: (Cablix, 2020)

### 2.6.2.6 Fibra Óptica Monomodo SMF – G.657.A2

Para la implementación de la red se ha utilizado la fibra óptica G.657.A2, que posee mayores beneficios en la actualidad como: insensibilidad a las curvaturas, proporciona gran resistencia a las pérdidas adicionales debidas a macrocurvaturas. Tanto para la red Feeder y de distribución se utilizó el cable de 8 hilos mientras que para la de dispersión el de 2 hilos, en la tabla 12-2 observamos las principales características que representa este cable.

**Tabla 12-2:** Fibra Óptica Monomodo SMF – G657.A2

ESPECIFICACIONES	
Descripción	Detalle
Marca	RoHS
Diámetro Revestimiento	125 ± 0.7 μm
Concentricidad Núcleo / Revestimiento	≤ 0.5 μm
No Circularidad Revestimiento	≤ 0.7 %
Diámetro Recubrimiento Primario	242 ± 0.7 μm
Concentricidad Recubrimiento Primario/Revestimiento	≤ 10 μm
No Circularidad Recubrimiento Primario	≤ 5 %
Coeficiente de Atenuación	1310nm: ≤0.35dB/km 1550nm: ≤0.21dB/km
Atenuación con Curvatura	1 vuelta / Mandril 10mm: ≤ 0.10 10 vueltas / Mandril 15mm: ≤ 0.03
Diámetro Campo Modal	1310nm: 8.5 – 9.3 μm 1550nm: 9.4 – 10.4 μm
Dispersión Cromática	1310nm: ≤  3  (ps/nm.Km) 1550nm: ≤ 22 (ps/nm.Km)
Longitud Onda Cero Dispersión	1300 – 1324 nm
Pendiente Dispersión Cero	≤ 0.092 ps / nm <sup>2</sup> Km
Longitud Onda Corte Cable	≤ 1260 nm
PMD	1550nm: ≤ 0.1 (ps / (ps/ <sup>√</sup> Km))
Temperatura	-40°C a +60°C

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

**Fuente:** (OPTRAL)

### 2.6.3 Equipos en el hogar del cliente

Para realizar la instalación del servicio al cliente se han utilizado diferentes equipos los mismos que detallaremos a continuación:

#### 2.6.3.1 Roseta óptica Cablix OTB-0602AIW

Al hogar llega el cable de fibra proveniente de la NAP y este es fusionado a un pigtail, se la utiliza para proteger los cables, en la figura 31-2 observamos el elemento utilizado y en la tabla 13-2 especificamos sus características:



**Figura 31-2:** Roseta óptica Cablix OTB-0602AIW

Fuente: (Cablix, 2020)

**Tabla 13-2:** Caja de empalme Cablix OSCH-12

ESPECIFICACIONES	
Descripción	Detalle
Marca	Cablix
Modelo	OTB-0602AIW
Dimensiones (An./Pr./Al.)	164X102.8X20 mm
Diámetro del cable de fibra	12mm
Módulos de empalme	Máximo 2 piezas
Cantidad de bandeja de empalme	6 fibras
Capacidad máxima	12 fibras
Material	plástico ABS + UV

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

Fuente: (Cablix, 2020)

### 2.6.3.2 ONU Huawei HG8310M

Dentro del hogar de cada cliente se colocó una ONU que se encarga de convertir las señales ópticas recibidas en señales eléctricas, este equipo reemplaza a las ONT comúnmente utilizadas y se la colocó con la finalidad de brindar un mejor servicio a los usuarios, el dispositivo utilizado se observa en la figura 32-2 y sus características se detallan en la tabla 14-2.



**Figura 32-2:** ONU Huawei HG8310M

Fuente: (Batna24 )

**Tabla 14-2:** ONU Huawei HG8310M

ESPECIFICACIONES	
Descripción	Detalle
Marca	Huawei
Modelo	HG8310M
Número de puertos LAN	1x 10/100/1000BaseTX (RJ45)
GPON	Puerto GPON: 1 puerto clase B+ Recepción sensible: ~-27 dBm Longitud de onda: US 1310 nm, DS 1490 nm
Recepción sensible	~ -27 dBm
Longitud de onda	US 1310 nm, DS 1490 nm
FEC	bidireccional
Informe de estado	SR-DBA y NSR-DBA
Dimensiones	82x90x27mm
Temperatura	0°C a 40°C
Consumo máximo de energía	3W
Fuente de alimentación	100 - 240 V CA, 50 - 60 Hz y 12 V, 0,5 A CC

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

**Fuente:** (Batna24 )

### 2.6.3.3 Router TL-WR840N

El ultimo equipo utilizado en la instalación de los clientes es un router, este equipo se puede utilizar ya que previamente se conectó una ONU la cual entrega señales eléctricas al router que nosotros hemos seleccionado y este a la vez brinda la conexión a internet a cada uno de los clientes. El router que se utilizo es el que se observa en la figura 33-2, mientras que las características que nos brinda se encuentran detalladas en la tabla 15-2.



**Figura 33-2:** Router TL-WR840N

**Fuente:** (Tp-Link)

**Tabla 15-2:** Router TL-WR840N

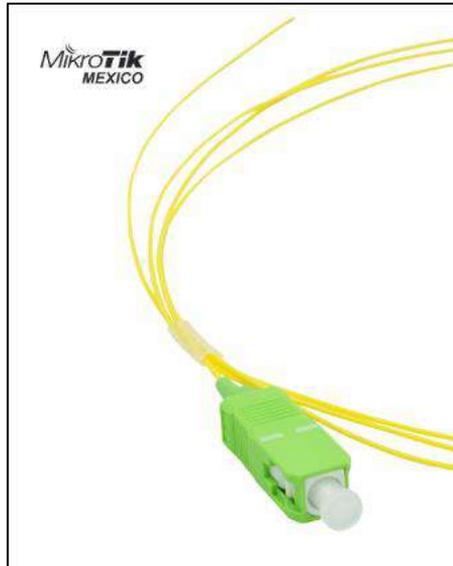
ESPECIFICACIONES	
Descripción	Detalle
Marca	TP-Link
Modelo	TL-WR840N
Procesador	Single-Core CPU
Puertos ethernet	1× 10/100 Mbps WAN Port; 4× 10/100 Mbps LAN Ports
Alimentación	9 V - 0.6 A
Estándar	WiFi 4: IEEE 802.11n/b/g 2.4 GHz
Velocidad Wifi	N300 2.4 GHz: 300 Mbps (802.11n)
Modos de operación	Router - Access Point - Range Extender – WISP
Encriptación Wifi	WEP – WPA - WPA2 - WPA/WPA2-Enterprise (802.1x)
Seguridad de red	SPI Firewall – Control de Acceso - IP & MAC Binding
Protocolos	IPv4 - IPv6
Tipos WAN	IP Dinámica - IP Estática – PPPoE – PPTP - L2TP
QoS	QoS por dispositivo
NAT Forwarding	Puerto Forwarding – Puerto Triggering – DMZ - UPnP
IPTV	IGMP Proxy - IGMP Snooping
DHCP	Reserva de direcciones - Lista de clientes DHCP - Servidor
DDNS	NO-IP – Comex – DynDNS
Dimensiones	182 × 128 × 35 mm
Temperatura	0°C a 40°C
Potencia de transmisión WiFi	CE: <20dBm(2.4GHz); FCC: <30dBm

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

**Fuente:** (Tp-Link)

#### 2.6.3.4 Pigtail Cablix OT9-0615A

Para realizar las conexiones de los clientes se utilizan pigtails de la marca Cablix, este material permite conectar la fibra que llega de la caja de distribución hacia la ONU y su fusión se coloca dentro de una roseta óptica, está instalado dentro del hogar del cliente, el cable utilizado se observa en la figura 34-2 y sus características se las detalla en la tabla 16-2.



**Figura 34-2:** Pigtail Cablix OT9-0615A

Fuente: (Cablix, 2020)

**Tabla 16-2:** Pigtail Cablix OT9-0615A

ESPECIFICACIONES	
Descripción	Detalle
Marca	Cablix
Modelo	OT9-0615A
Pérdidas de inserción	$\leq 0,3$ dB (PC/UPC/APC)
Pérdidas de retorno	$\geq 45$ dB (PC/UPC) $\geq 55$ dB (APC)
Temperatura	-10°C a 70°C
Intercambiabilidad	$\leq 0,2$ dB
Tipo de fibra	Monomodo G.652D
Conector tipo	SC/LC
Férula	Cerámica
Longitudes de onda	1310 $\pm$ 30/1550 $\pm$ 30 nm

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

Fuente: (Cablix, 2020)

### 2.6.3.5 Conector SC/UPC

Son conectores utilizados para enlazar la fibra desde las cajas de distribución hacia el domicilio de los clientes, comúnmente se los utiliza en la caja. En la figura 35-2 se puede observar este tipo de conectores y en la tabla 17-2 se detallan sus características.



**Figura 35-2:** Conector SC/UPC  
Fuente: (Cablix, 2020)

**Tabla 17-2:** Conector SC/UPC

ESPECIFICACIONES	
Descripción	Detalle
Marca	Cablix
Modelo	OCF9SC-SA
Pérdida de inserción	$\leq 0,3$ dB
Pérdida de retorno	$\geq 55$ dB
Temperatura	-40°C a 85°C
Dimensiones Cable de fibra de caída	2.0*3.0*0.9 mm
Férula	Cerámica de tres círculos

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

**Fuente:** (Cablix, 2020)

### 2.6.3.6 Conector SC/APC

Los conectores de este tipo son utilizados en el lado de la ONU es decir dentro del domicilio del cliente, en la figura 36-2 observamos este tipo de conectares mientras que en la tabla 18-2 se detallan sus características.



**Figura 36-2:** Conector SC/APC

**Fuente:** (Cablix, 2020)

**Tabla 18-2:** Conector SC/APC

ESPECIFICACIONES	
Descripción	Detalle
Marca	Cablrix
Modelo	OCF9SC-SA
Pérdida de inserción	$\leq 0,3$ dB
Pérdida de retorno	$\geq 55$ dB
Temperatura	-40°C a 85°C
Dimensiones Cable de fibra de caída	2.0*3.0*0.9 mm
Férula	Cerámica de tres círculos

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

**Fuente:** (Cablrix, 2020)

## 2.6.4 Otros equipos y materiales

La implementación de la red necesita otros equipos que ayuden a garantizar un trabajo de calidad, es por ello por lo que en este apartado describiremos aquellos dispositivos que sirvieron de gran ayuda.

### 2.6.4.1 OTDR TMO 350

Para reconocer problemas en la fibra ya sea por rotura, curvaturas, o quizás para medir las potencias se ha utilizado un reflectómetro, el cual fue adquirido por la empresa para este proyecto, el equipo se puede observar en la figura 37-2 y sus características se detallan en la tabla 19-2.



**Figura 37-2:** OTDR TMO 350

**Fuente** (AliExpress)

**Tabla 19-2: OTDR TMO 350**

ESPECIFICACIONES	
Descripción	Detalle
Marca	red-dk
Modelo	TMO350
Origen	CN(Origen)
Fibra tipo	Monomodo
Dimensiones	230x185x70mm
Tipo	OTDR – Reflectómetro
Idioma	Menú en Ingles
Conector	Adaptador FC/SC – Tipo Hybrid
Certificación	CE
Aplicación	FTTH FTTB FTTX FTTC Óptica
Longitud de onda	1310/1550/1625 nm
Pantalla	Pantalla táctil capacitiva de 7 pulgadas
Memoria	8Gb
Distancia de prueba	500m, 2km, 5km, 10km, 20km, 40km, 80km, 120km, 160km
Precisión de distancia	$\pm(1m + \text{distancia de medición} \times 3 \times 10^{-5} + \text{RESOLUCIÓN DE MUESTREO})$
Temperatura	Trabajo: -10 °C ~ + 50 °C Almacenamiento: -20 °C ~ + 75 °C
Alimentación	Batería de litio de 7,4 V/AH, 8-10 horas continuas

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

**Fuente:** (AliExpress)

#### 2.6.4.2 Pocketsize Optical Power Meter (OPM) S300

Este equipo es utilizado para realizar las mediciones de las potencias como la que se transmite a la red o la que se recibe en el hogar de los clientes, el modelo del equipo utilizado se observa en la figura 38-2 y las principales características las presentamos a continuación en la tabla 20-2.



**Figura 38-2: OPM S300**

**Fuente:** (Seikofire Technology)

**Tabla 20-2: OPM S300**

ESPECIFICACIONES	
Descripción	Detalle
Rango de onda	800nm~1700nm
Conectores ópticos	FC/SC/ST
Rango de medición	-70dBm~+10dBm o -50dBm~+26dBm
Exactitud	±5%
Longitudes de onda	850/980/1300/1310/1490/1550/1625/1650nm
Resolución de pantalla	mw: 0,1 %, dBm: 0,01
VFL de 650 nm (opcional)	2mw/5mw/10mw/20mw/30mw/50mw
Fuente láser (opcional)	850/1300/1310/1490/1550/1625/1650nm
Estabilidad de la fuente láser	0.02dB
Temperatura	Trabajo: -10~+60°C Almacenamiento: -30~+70°C
Energía	Tres baterías de sección 5/batería de litio (opcional)
Dimensiones	186 mm * 100 mm * 50 mm

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

**Fuente:** (Seikofire Technology)

### 2.6.4.3 Empalmadora de Fibra Óptica AI-9

Es un equipo esencial en la implementación de la red, es por ello que la empresa lo adquirió, aparte de realizar empalmes nos ayuda como un medidor de potencia OPM, de esa manera reducimos los tiempos de trabajo, la empalmadora utilizada se observa en la figura 39-2 y sus características se especifican en la tabla 21-2.



**Figura 39-2: OTDR TMO 350**

**Fuente:** (Shop Delta)

**Tabla 21-2: OTDR TMO 350**

ESPECIFICACIONES	
Descripción	Detalle
Marca	Delta
Modelo	AI-9
Tipo de Fibra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• multimodo (MM) - G.651,</li> <li>• monomodo (SM) - G.652 &amp; G.657,</li> <li>• monomodo (DS / NZDS) (G.655)</li> </ul>
Dimensiones	200 x 143 x 122 mm
Diámetro del revestimiento	80 a 150 $\mu$ m
Diámetro del revestimiento exterior	0.1 a 1 mm
Longitud de la fibra recortada	16mm
Método de centrado	alineación por núcleo, alineación por revestimiento, manual
Parámetros de soldadura ajustables	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prueba del ángulo de cara extrema de las fibras soldadas</li> <li>• distancia de aproximación durante la soldadura</li> <li>• corriente de pre-soldadura</li> <li>• tiempo de pre-soldadura</li> <li>• corriente de soldadura</li> <li>• tiempo de soldadura, etc.</li> </ul>
Atenuación media	0.01 dB (MM); 0.025 dB (SM); 0.04 dB DS / NZDS
Tiempo medio de soldadura	5s
Tiempo medio de calentamiento	15s
Programas de soldadura	(aplicaciones de fábrica) + (aplicaciones de usuario)
Iluminación interior	Si
Calentamiento interno	Si
Almacenamiento de soldaduras	Si
Medidor de potencia óptica	<p>Longitud de onda óptica: 850 nm, 1300 nm, 1310 nm, 1490 nm, 1550 nm, 1625 nm</p> <p>Rango de medición: -70 dBm a +6 dBm</p> <p>Precisión: &lt; 0.3 dB</p>
VLS (VFL) - localizador visual de fallos para fibra óptica	<p>Longitud de onda óptica: 650 nm</p> <p>Potencia de salida óptica: 15 mW</p> <p>Modos de funcionamiento: continuo, intermitente - 2 Hz</p>
Pantalla	<p>5.1 " de cristal líquido (LCD), 800 x 480 px</p> <p>Imagen: visualización simultánea de dos planos (X-Y)</p>
Vida útil de los electrodos	3000 soldaduras
Temperatura	-15 °C a 50 °C
Alimentación	<p>13.5 V DC / 4.8 A (fuente de alimentación incluida)</p> <p>11 V DC Batería Li-Ion, 7800 mAh</p>

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

**Fuente:** (Shop Delta)

## **2.7 Redes FTTH**

Las redes FTTH son una tecnología que brinda un ancho de banda elevado y además ofrece una alta calidad en la conexión para los usuarios, hoy en día es la más utilizada por los proveedores, ya que les permite posicionarse de mejor manera en el mercado (Castro, 2019). Estas redes son sistemas formados por fibra óptica que poseen la capacidad de garantizar las peticiones de mayor ancho de banda que solicitan los clientes.

A las redes FTTH se la puede clasificar en dos categorías: activas y pasivas.

### **2.7.1 Redes ópticas activas (AON)**

Las redes ópticas activas utilizan una topología tradicional basada en Ethernet punto a punto, y la fibra óptica dedicada es usada desde la central hasta el punto de recepción del servicio, brindan grandes velocidades, incluso puede llegar a superar 1Gbps por puerto en una única fibra utilizando dos longitudes de onda multiplexadas y diferenciadas sobre cada fibra óptica (Castro, 2019).

### **2.7.2 Redes ópticas pasiva (PON).**

Las redes PON utilizan la comunicación punto a multipunto a través de fibra óptica, se encarga de reemplazar los componentes activos entre la Unidad Óptica de Red (ONU) con el Terminal de Línea Óptica (OLT) que posea elementos ópticos pasivos entre los cuales puede ser el Divisor Óptico y el Multiplexor Óptico que pueden ser utilizados para el direccionamiento del tráfico (Juma, et al., 2021).

#### **2.7.2.1 Tipo de Redes PON.**

Las redes PON se pueden dividir en varias tecnologías las que revisaremos a continuación:

#### **2.7.2.2 APON**

La tecnología APON centra su transmisión a través del canal descendente por medio de ráfagas de celdas ATM alcanzando como máximo una velocidad de 155Mbps, dicha velocidad se puede dividir con el número de ONU que se han enlazado. A causa del tamaño reducido de la longitud de onda se provoca la denegación del manejo de video (Arias, 2015).

### **2.7.2.3 BPON**

La tecnología BPON se refiere a las redes ópticas pasivas de banda ancha, es considerada una versión superior en comparación con las redes APON, tiene la facultad de ofrecer acceso a una mayor cantidad de servicios como Ethernet, VPL, distribución de video y multiplicación de longitud de onda, a través del uso de dichos parámetros se logra alcanzar un mejor ancho de banda.

Sus tasas de transmisión en descenso alcanzan los 622 Mbps y en ascenso llega a los 155 Mbps, mientras que cuando existe simetría en el tráfico puede ser de 622 Mbps. El uso del puerto BPON permite alcanzar unos 64 afiliados y unos 20km de alcance.

### **2.7.2.4 EPON**

La tecnología EPON utiliza el estándar 8b/10b definido por la IEEE, la cual es una codificación de línea, en las formas de acceso al medio tiene la posibilidad de utilizar la opción de full dúplex. Este tipo de redes transporta tráfico Ethernet y no celdas ATM.

El uso de las redes EPON ofrece grandes beneficios entre los cuales podemos puntuar una excelente calidad de servicio en forma ascendente y descendente, también ayuda a los clientes de fibra obtener el servicio una forma más sencilla, y además se encarga en disminuir la dificultad que presentan los sistemas de gestión.

### **2.7.2.5 GPON**

La tecnología GPON posee un ancho de banda mucho mayor que las otras tecnologías mencionadas anteriormente, llegando a garantizar una gran efectividad de transporte de los servicios que ofrece basados en IP (Chauca, 2020).

GPON ofrece una velocidad de transmisión muy elevada que puede alcanzar los 2.4888 Gbps en la transmisión descendente y los 1.244 Gbps en la transmisión ascendente, a través de esto se garantiza que sus clientes tengan una buena calidad de servicio logrando obtener 100 Mbps para cada usuario cuando se realizan correctamente las configuraciones. La arquitectura de esta red se basa en la de BPON, posee un alcance máximo de 20 Km y además se encarga de brindar una buena seguridad a nivel de protocolo.

### **2.7.2.6 GEPON**

La tecnología GEPON es una combinación de las tecnologías Gigabit Ethernet y PON, con el uso de las redes GEPON el trabajo de conexión de fibra a los clientes es más simplificado, además el valor por la instalación se reduce gracias al uso de interfaces de los equipos Ethernet (Sánchez, 2021).

La utilización de esta tecnología puede brindar muchos beneficios entre los que se pueden detallar están, que su ancho de banda brinda más seguridad a los servicios que utiliza, las conexiones hacia los clientes pueden alcanzar hasta los 20Km, el uso de una sola fibra puede reducir los costos de implementación.

## **2.8 Red óptica pasiva con capacidad Gigabit.**

Es una tecnología de acceso mediante el uso de fibra óptica con arquitectura punto multipunto, los usuarios reciben la misma información, pero solo demodula la que le corresponde a cada uno, esta tecnología abastece ampliamente a las necesidades de cada usuario, gracias a las velocidades de transmisión de datos en downstream y upstream de 2.4 Gbps (la velocidad de transmisión de datos en upstream es escalable (Sánchez, 2021).

### **2.8.1 Normativas técnicas ITU-T G.984.x**

La norma ITU-T G.984.x es una serie de recomendaciones extensa y compleja en la cual está basada el diseño y certificación de topologías GPON, además busca la optimización de los recursos como los elementos pasivos y proporciona diseños óptimos para minimizar trabajos después de su implementación.

#### **2.8.1.1 Norma UIT-T G.984.1**

En la recomendación UIT-T G.984.1 esta descrita una red de acceso flexible de fibra óptica que puede sobrellevar los requerimientos de ancho de banda de los servicios que sean solicitados por los usuarios, contiene sistemas con velocidades de transmisión de datos de 2.4 Gbps en downstream y 1.2 Gbps en upstream. Además, se detallan sistemas de redes ópticas simétricos y asimétricos.

### **2.8.1.2 Norma UIT-T G.984.2**

En la recomendación UIT-T G.984.2 trata acerca de una red de acceso flexible basado en fibra óptica que posee la capacidad de sobrellevar las exigencias de ancho de banda de los servicios solicitados por parte de los usuarios, contiene sistemas con velocidades de 1.244 Gbps y 2.488 Gbps en downstream y 155.52 Mbps, 622.08 Mbps, 1.244 Gbps y 2.488 Gbps en upstream, además describe los requerimientos de la capa física y las características de la capa dependiente de los medios físicos (PDM).

### **2.8.1.3 Norma UIT-T G.984.3**

En la recomendación UIT-T G.984.3 se describe la capa de convergencia de transmisión de GPON, un conjunto de redes de acceso flexible aptas de proporcionar una gama de servicios de banda estrecha y de banda ancha a velocidades de transmisión de datos en downstream de 2.488 Gbps y en upstream de 1.244 o 2.488 Gbps. Además, se especifica lo siguiente:

- Mecanismo de acceso múltiple por división de tiempo en upstream.
- Canal de mensajería de OAM de capa física.
- Principios y mecanismo de señalización de la asignación de banda dinámica en upstream.
- Método de activación de la ONU.
- Corrección de errores en recepción.
- Seguridad.

### **2.8.1.4 Norma UIT-T G.984.4**

En la recomendación UIT-T G.984.4 se formula la OMCI de la ONT para los sistemas GPON como se define en las recomendaciones UIT-T G.984.2 y UIT-T G.984.3. Además, se especifican las entidades gestionadas MIB libre del protocolo que determina el intercambio de información entre la OLT y la ONT. También, se detalla el canal, el protocolo y los mensajes de gestión y control de la ONT.

### **2.8.1.5 Norma UIT-T G.984.5**

En la recomendación UIT-T G.984.5 se precisan las escalas de la longitud de onda que está reservada para las señales de servicio adicionales que son sumadas a la multiplexación por

división de longitud de onda (WDM) que tendrán las futuras redes PON con la finalidad de maximizar el valor de las redes ODN.

#### 2.8.1.6 Norma UIT-T G.984.6

En la Recomendación UIT-T G.984.6 se muestran la construcción y medidas de interfaz de los sistemas GPON con alcance prolongado gracias a un dispositivo de ampliación de alcance de capa física, como un amplificador óptico en el enlace de fibra entre la OLT (Terminación de Línea Óptica) y ONT (Terminación de Red Óptica). El alcance máximo se sitúa en 60 km con presupuestos de pérdida superiores a 27,5 dB en los dos sentidos.

#### 2.8.2 Características de GPON

- Ofrece velocidades de transmisión de datos en downstream de 1.2 Gbps o 2.4 Gbps, y velocidades de transmisión escalables en upstream desde 155 Mbps hasta 2.5 Gbps. GPON considera 7 combinaciones de velocidades de transmisión que se detallan a continuación:

**Tabla 22-2:** Velocidades de transmisión en GPON

Upstream	Downstream
155 Mbps	1.2 Gbps
622 Mbps	1.2 Gbps
1.2 Gbps	1.2 Gbps
155 Mbps	2.4 Gbps
622 Mbps	2.4 Gbps
1.2 Gbps	2.4 Gbps
2.4 Gbps	2.4 Gbps

Fuente: (López, y otros, 2009)

- Utiliza un código de línea NRZ
- Puede ser desmultiplexada hasta para 64 usuarios.
- La distancia es hasta los 20 Km
- El protocolo básico es el ATM (protocolo de capa 2 del modelo OSI)

- Esta tecnología está basada en los estándares de la Serie ITU-T G.984.X
- La tecnología de acceso al medio es TDMA
- La seguridad en downstream es AES
- En downstream las tramas tienen una duración de 125 $\mu$ s para los sistemas de 2.48832 Gbps y 1.24416 Gbps, con una longitud de 38880 Bytes y 19440 Bytes respectivamente, lo mismo sucede en upstream.
- El modo de encapsulamiento GEM permite mayor transmisión y flexibilidad de paquete IP de tamaño variable a lo largo de los enlaces TDM.

### **2.8.3 Protocolos utilizados en GPON**

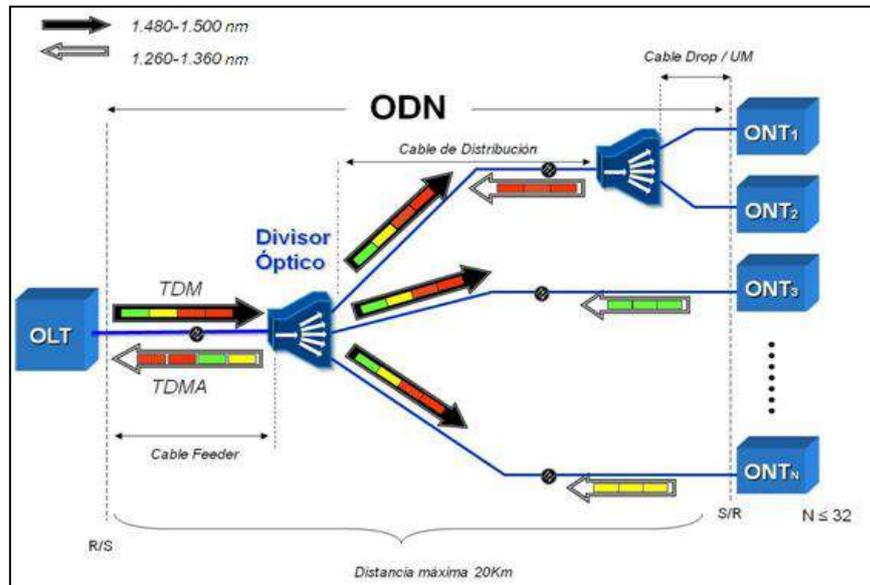
GPON ofrece redes complejas de la capa 2 en estructura de árbol, basadas en el protocolo ATM y diversos protocolos que hacen viable soportar la estructura de la tecnología. Ese tipo de transporte expone un servicio de alta calidad. Los circuitos virtuales son originados para cada tipo de servicio ofrecido en la red. La estructura de la red GPON se basa en varias redes de la capa 2 sobre la misma física. Cada red tiene un protocolo diferente. En la transmisión de la información se usa la tecnología Multiplexación por División de Tiempo (TDM) y en la recepción se hace el uso de la tecnología Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA) (Iibay, 2016).

La red GPON cuanto con una topología en árbol, lo cual provoca que se deba utilizar broadcasting para el envío de la señal a todos los miembros de la red, los cuales poseen el aforo de separar los datos hacia la ONT respectiva, además utiliza técnicas de seguridad como el AES, ofreciendo una mayor confiabilidad. Asimismo, utiliza de forma eficiente el ancho de banda al disponer de éste en los instantes en el cual hay tráfico y ampliando la capacidad de los usuarios en forma individual gracias a DBA En el transporte de datos, se ha optado por el uso de protocolos como lo es ATM y GEM.

### **2.8.4 Arquitectura de GPON**

La red GPON está conformada por:

- OLT: Equipo que administra el tráfico desde el MPLS con los equipos terminales.
- ODN: Está conformada por el cable Feeder, cable de Distribución, cable Drop o de dispersión y los divisores ópticos.
- ONT: Equipo terminal del usuario.



**Figura 40-2:** Arquitectura de GPON

Fuente: (Benavides, 2016)

#### 2.8.4.1 Equipo Terminal Óptico (OLT)

Es uno de los equipos más importantes de GPON, por lo general está ubicado en la planta interna, es un elemento activo, en la OLT tiene la función de convertir las señales eléctricas utilizadas por los equipos del ISP con las de fibra óptica, además por cada puerto tienen la capacidad de brindar a un gran número de usuarios (128 usuarios por lo general).

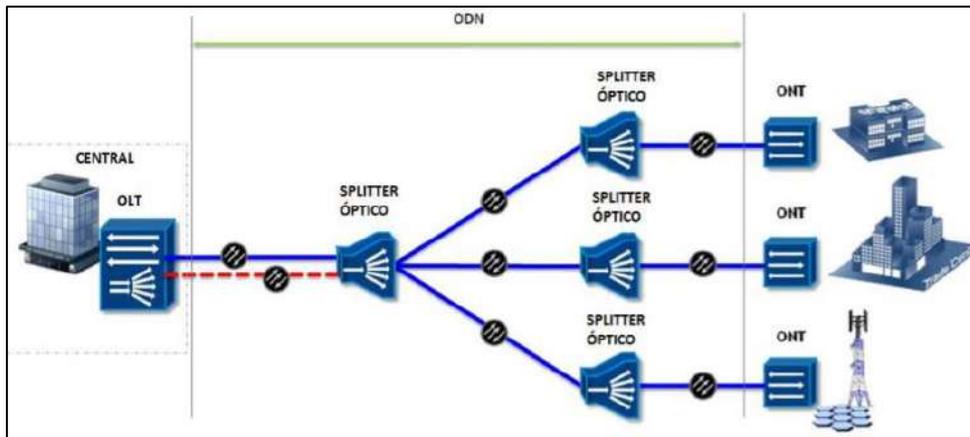


**Figura 41-2:** OLT

Fuente: (Thunder-Link)

#### 2.8.4.2 Red de Distribución Óptica (ODN)

Permite la conexión física entre la OLT y la ONT; esta red está constituida por el cable Feeder (conecta el puerto del ODF y la entrada principal del divisor óptico), cable de Distribución (conecta la salida del divisor óptico primario con la entrada del divisor óptico secundario) y cable Drop (conecta la salida del divisor óptico secundario con los equipos terminales).



**Figura 42-2:** Red de Distribución Óptica

Fuente: (Sánchez, 2021)

### 2.8.4.3 Terminal de Red Óptico (ONT)

Es el equipo que se coloca en el domicilio del usuario, su función principal es convertir la señal óptica procedente de la OLT en una señal de banda ancha Gigabit Ethernet con la que pueda trabajar el router y permite al usuario tener acceso a Internet.



**Figura 43-2:** Terminal de Red Óptico

Fuente: (Batna24 )

## 2.9 Calidad de Servicio (QoS)

Se refiere a la variedad de mecanismo destinados a garantizar el flujo de los datos en la red, valiéndose de políticas para priorizar los diferentes tipos de tráfico, ya sea por IPs o por servicios.

Los IPS miden la QoS en términos de rendimiento y escalabilidad para proporcionar una conexión confiable y en tiempo real, como VoIP, Video Streaming y entre otros servicios. Según la

REC.UIT-T. Y.1541 especifica QoS basadas en aplicaciones basadas en aplicaciones para definir objetivos de rendimiento en redes IP (Juma, et al., 2021).

**Tabla 23-2:** Parámetros QoS

PARAMETRO	DESCRIPCIÓN
IPTD	Latencia de extremo a extremo
IPDV	Jitter, variación de retraso de paquete
IPLR	Relación entre tramas enviadas y tramas de respuesta perdidas
IPER	Relación de error de bit en la recepción
IPRR	La proporción de paquetes entrantes estaba fuera de servicio

Fuente: (Juma, et al., 2021)

### 2.9.1 Modelos de Calidad de Servicio

El manejo del tráfico con prioridades es de gran importancia en la red de datos donde el objetivo es asegurar el acceso a los servicios críticos y además asegura que los mismo no sean interrumpidos debido a la saturación o demoras del medio, la misma se genera cuando hay un exceso de suscriptores en la red y luego, cuando los dispositivos desarrollan un volumen de tráfico superior a la capacidad del enlaces, cabe recalcar que QoS no genera ancho de banda sino administra para distribuirlo según las políticas y sus prioridades.

Con el establecimiento de una política de QoS en la red del ISP, se consigue definir reglas para los distintos tipos de tráfico y además se evita la congestión de la red. Para la implementación de QoS se definen las siguientes actividades:

1. Reconocer el tipo de tráfico que circula por la red.
2. Clasificar el tráfico capturado en el punto anterior.
3. Preferir el tráfico según las prioridades ejecutadas en la clasificación.

### 2.9.2 Mangle

El router Mikrotik con su sistema operativo RouterOS permite el marcado de paquetes con marcas especiales, estas marcas son utilizadas por otros recursos como administración de ancho de banda y ruteo para identificar los paquetes. Además, el Mangle se utiliza para cambiar varios campos de la cabecera IP, como los campos TOS(DSCP) y TTL.

### 2.9.2.1 Estructura del Mangle

Las reglas del Mangle están organizadas en cadenas y hay 5 cadenas por default, a continuación, se detallan cada una de estas cadenas:

- Prerouting: realiza el marcado de paquetes antes del Queue Global-In
- Postrouting: realiza el marcado de paquetes antes del Queue Global-Out
- Input: realiza el marcado de paquetes antes del filtro Input
- Output: realiza el marcado de paquetes antes del filtro Output
- Forward: realiza el marcado de paquetes antes del filtro Forward

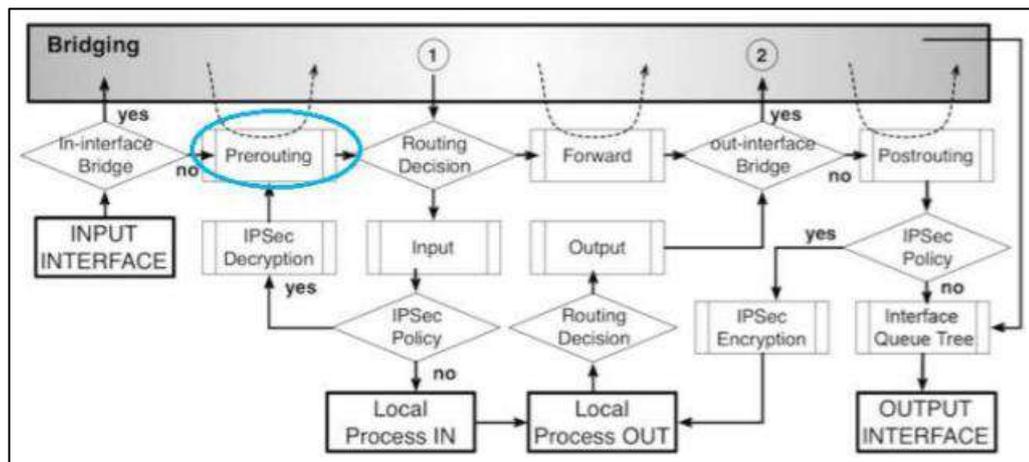


Figura 44-2: Diagrama de Mangle y Queue

Fuente: (Muñiz, s.f. p. 11)

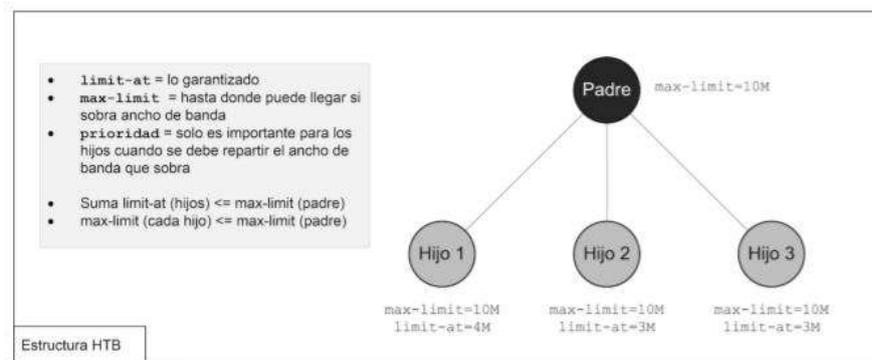
### 2.9.2.2 Acciones del Mangle

- **Mark-connection:** realiza el marcado de la conexión (solo el primer paquete), se usa para identificar uno o más grupo de conexiones, las mismas son almacenadas en tabla connection tracking, además solo puede haber una marca de conexión para una conexión
- **Mark-packet:** realiza el marcado de un flujo (todos los paquetes), los paquetes pueden ser marcados como: indirectamente (usando el recurso Connection Tracking) y directamente (el router compara cada paquete en base a una conexión dada)
- **Mark-routing:** realiza el marcado de los paquetes para políticas de ruteo
- **Change MSS:** reemplaza el máximo tamaño del segmento del paquete
- **Change TOS:** reemplaza el tipo de servicio
- **Change TTL:** reemplaza el time-to-live

### 2.9.3 Hierarchical Token Bucket (HTB)

La implementación de QoS (Calidad de servicio) en RouterOS está centrado en Hierarchical Token Bucket (HTB), el cual permite formar una estructura de cola jerárquica y establece relaciones entre colas padres e hijos y la relación entre las colas hijas.

Una cola se transforma en cola Padre cuando tiene al menos una cola hija, las colas hijas son las que utilizan el ancho de banda y los padres distribuyen el ancho de banda a las colas hijas, satisfaciendo primero el limit-at y luego los padres distribuyen el tráfico restante.



**Figura 45-2:** Estructura HTB

Fuente (Escalante, s.f.)

Para cada cola se pueden determinar dos límites de tasa:

- CIR (Velocidad de información comprometida)-(limit-at en RouterOS): En el peor escenario, el flujo recibirá esta cantidad de tasa de tráfico es decir la tasa garantizada la cual en ninguno de los casos debe caer por debajo de esta tasa comprometida.
- MIR (Máxima velocidad de información)-(max-limit en RouterOS): En el mejor escenario, el flujo recibirá todo el ancho de banda que esté disponible cuando el servicio así lo requiera, esta asignación de ancho de banda dependerá de las prioridades que tengan.

#### 2.9.3.1 Algoritmos para encolamiento de tráfico

RouterOS tiene 4 tipos de algoritmos para encolamiento de tráfico, los cuales se detallan a continuación:

- FIFO (Primero en entrar, primero en salir): El primer paquete en llegar es procesado con la máxima prioridad, lo que llega después espera hasta que el primer paquete haya sido finalizado. El número de unidades de espera para paquetes o bytes es limitado por la opción queue-size que significa el tamaño de la cola. Si la cola o queue está llena las siguientes unidades son descartadas (Zamora, 2014).
- RED (Descarte aleatorio temprano): Es parecido a la cola FIFO, pero en la cola RED hay la probabilidad de colar un paquete aun cuando la cola no esté llena. La probabilidad está fundamentada en la comparación del promedio de la longitud de la cola entorno algún periodo de tiempo para el umbral mínimo o máximo, mientras más próximo este al máximo umbral, la probabilidad de que se descarte el paquete crece exponencialmente (Zamora, 2014).
- SFQ (Stochastic Fairness Queuing): Fundamentado en el valor hash de las direcciones de origen y destino, el SFQ particiona el tráfico en 1024 sub-streams, entonces el algoritmo de round-robin repartirá igual cantidad de tráfico a cada sub-stream (Zamora, 2014).
- PCQ (Per Connection Queuing): El tráfico se particiona en sub-streams, cada sub-stream puede ser considerado una cola FIFO con un tamaño de cola especificado por la opción limit que representa el límite (Zamora, 2014).

### **2.9.3.2 Configuración de colas en RouterOS**

Hay dos formas distintas de configurar colas en RouterOS:

#### **2.9.3.2.1 Colas simples (Queue Simple)**

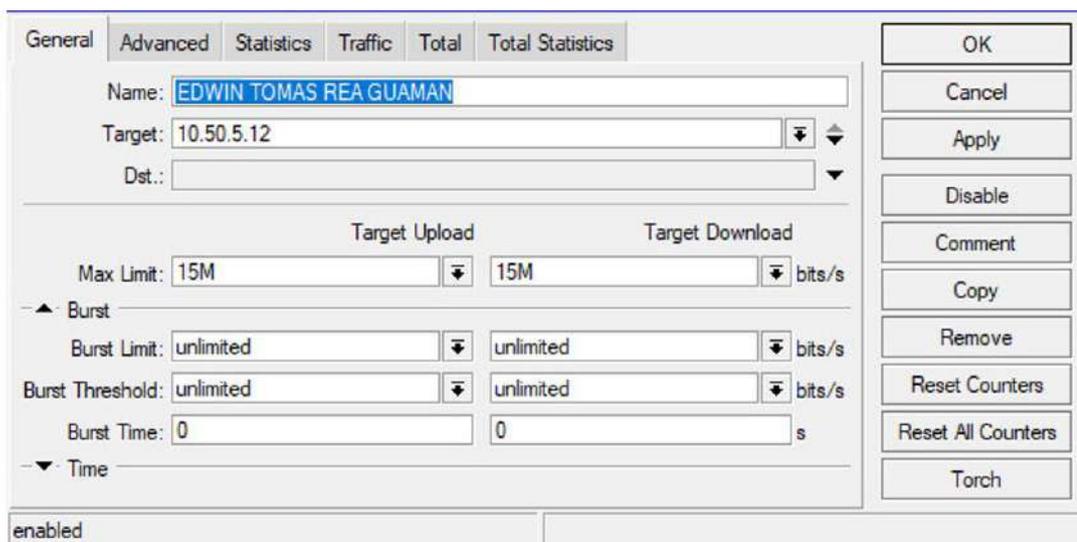
Creado para suministrar la configuración de las tareas de gestión de Queue simple y cotidianas. Limitando así el consumo de la red discriminando por direcciones IP o redes (Concha, 2020).

#### **Propiedades**

A continuación, se detallaron cada uno de los parámetros a configurar de la pestaña General en las colas simples.

- Target: Lista de rangos de direcciones IP que serán restringidas por esta cola.
- Name: Identificador de cola.

- Max Limit: Tasa de datos normal de upload/download que se asegura al target es decir a la cola.
- Burst Limit: Tasa de datos máxima de upload/download que se puede alcanzar mientras el Burst esté funcionando.
- Burst Threshold: Cuando la tasa de datos promedio se encuentra por debajo de este valor, el burst se activa, cuando la tasa promedio de datos alcanza este valor el burst se desactiva (es decir funciona como un switch de accionamiento). Para un óptimo funcionamiento del burst, es valor debe estar sobre el valor del limit-at y bajo el valor de max-limit.
- Burst Time: Periodo de tiempo sobre el cual se determina la tasa de datos upload/download. Cabe recalcar la unidad de este valor se encuentra en segundos.

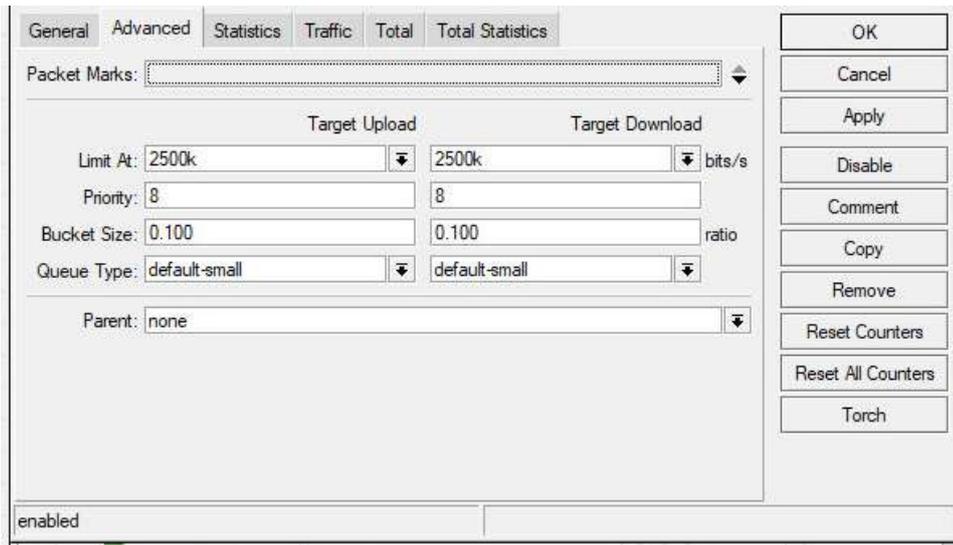


**Figura 46-2:** Pestaña General de la configuración de Simple Queue

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

A continuación, se detallaron cada uno de los parámetros a configurar de la pestaña Advanced en las colas simples.

- Limit At: Muestra la tasa de datos que se garantiza al target
- Priority: Prioriza una cola hijo respecto a otra cola, teniendo en cuenta que 1 es la prioridad más alta y 8 es la prioridad más baja.



**Figura 47-2:** Pestaña Advanced de la configuración de Simple Queue

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

### 2.9.3.2.2 Árbol de colas (Queue Tree)

Está basada en HTB que permite diseñar estructuras jerárquicas de colas y determinar las relaciones entre colas, padres e hijos y entre colas e hijos, lo cual controla el tráfico de la red de datos, estableciendo prioridades por servicio, además estas reglas permiten establecer un límite de ancho de banda (dependiendo de las necesidades).

Por ejemplo, se puede asignar un máximo de consumo para el tráfico SMTP, HTTPS y HTTP, pero establecer como prioridad al tráfico RDP (las configuraciones se realizan en el tráfico uplink y downlink). Se recomienda establecer como prioridad al tráfico DNS e ICMP, debido a que son muy livianos y los retardos en este tipo de comunicación son muy importantes.

### 2.9.4 Lista de control de Acceso

Es una serie de instrucciones que maneja un router, que permite el paso o se bloqueen los paquetes IP de datos, que administra el equipo según la información que se encuentran en el encabezado (Escalante, s.f.).

Las ACL configuradas realizan las siguientes acciones:

- Restringen el tráfico de la red para elevar su rendimiento.
- Permite que host tenga acceso a una parte de la red y así restringe el acceso a áreas

privadas del ISP.

- Separan el tráfico según su tipo.
- Separan a los hosts para permitirles o negarles el acceso a los servicios de red.

## 2.10 Softwares de Simulación

Para realizar las simulaciones de una red se pueden utilizar distintos softwares, a continuación, se presenta un análisis de algunos de los que pueden ser utilizados en el desarrollo del presente trabajo:

### 2.10.1 OptiSystem

OptiSystem es un software de diseño muy potente, innovador y de rápida evolución creado para planificar, probar y simular una gran cantidad de enlaces ópticos ubicados en la capa de transmisión, cuenta con un amplio espectro de redes ópticas desde LAN, SAN, MAN hasta el transporte de redes ultra largas. Otra utilidad que ofrece es el diseño y la planificación de sistemas de comunicación óptica de capa de transmisión en distintos niveles como de nivel de componente, nivel de sistema, entre otros, presenta análisis y escenarios de forma visual (OPTIWAVE, s.f.),.

Presenta diferentes características como: Capacidad de diseño y simulación de redes ópticas. En la simulación tiene la capacidad de mezclar 4 longitudes de onda, posee modulación cruzada de fase o de auto-fase

Entre los resultados que se pueden obtener se encuentran distintos diagramas como por ejemplo el factor de calidad Q-factor, diagramas de constelación, analizador de espectro óptico, analizador de diagrama de ojo, analizador de tasa de error (BER).



**Figura 48-2:** Interfaz de OptiSystem

Fuente: (OPTIWAVE SYSTEM INC. )

## 2.10.2 OpNet Modeler

Es una herramienta de software usada para simular sistemas de comunicaciones dentro del cual se pueden evaluar los parámetros de la red, considerando diversas condiciones de simulación como: los flujos variables del tráfico, las pérdidas de los paquetes o de las conexiones entre los terminales con la estación base, las caídas de los enlaces, etc., (ECURED, s.f.).

Entre las características más destacadas se puede observar que posee varias librerías de modelados que facilita el diseño y el estudio de redes, brinda una escalabilidad y flexibilidad, posee una interfaz sencilla e intuitiva, finalmente tiene la capacidad para acceder al código fuente.

Entre los modelos jerárquicos que tiene OpNet Modeler se pueden encontrar distintos niveles que son el de red, el de nodo o el de proceso, garantizando una comunicación de manera jerárquica (ECURED, s.f.).



**Figura 49-2:** Interfaz OpNet Modeler

Fuente: (ECURED, s.f.)

## 2.11 Análisis de Software de Diseño

A continuación, se menciona algunos de los softwares que se pueden utilizar para crear el diseño de la red:

### 2.11.1 AUTOCAD

Es un software de diseño que permite crear y editar de manera profesional la geometría 2D y modelos 3D con sólidos, superficies y objetos. Es muy reconocido internacionalmente por las distintas opciones de edición que se pueden encontrar. Es muy utilizado por arquitectos, ingenieros y diseñadores industriales, etc. La compañía Autodesk es quien lo desarrolla y se lo comercializa, se considera como líder en diseño, ingeniería y software de entretenimiento, (Autodesk LAM, 2021).

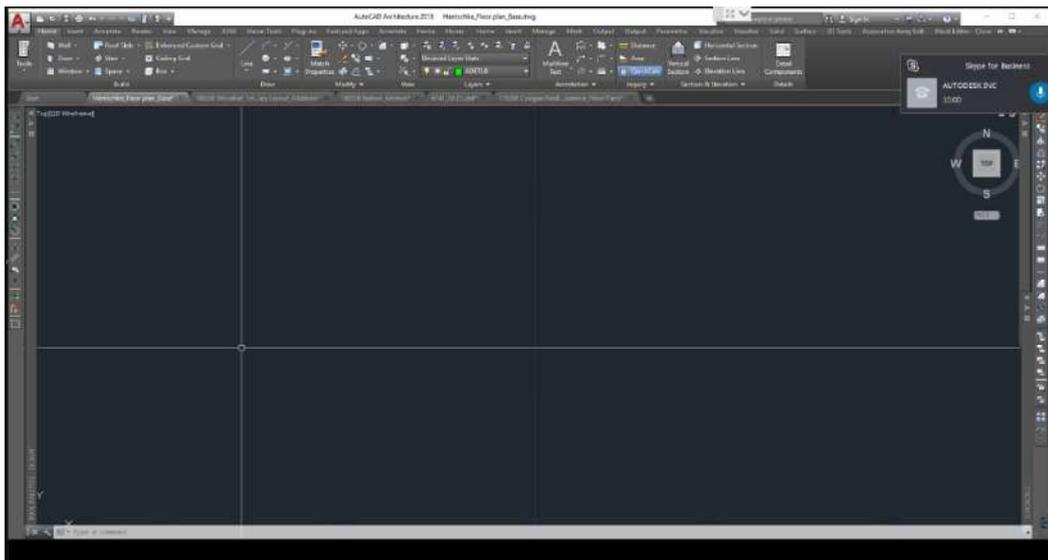
Se pueden encontrar distintas características, entre las que podemos destacar tenemos:

- Realizar todo tipo de diseños de planos, bocetos, dibujos, piezas y estructuras.
- Posee una interfaz de fácil acceso y uso.
- Está destinado para profesionales de diseño, arquitectura e ingeniería.
- Permite visualizar los diseños desde todos los ángulos.
- Elimina trabajo manual optimizando el tiempo de entrega de los proyectos.
- Los diseños realizados adquieren mayor precisión.

Otras funciones que posee este software son:

- Crear planos de estructuras de edificaciones.
- Llevar registros cartográficos de rutas en mapas.
- Diseñar piezas mecánicas e industriales.
- Realizar dibujos propios del autor.

En la figura 50-2 se puede observar la pantalla principal del software AutoCAD dentro de la cual se realizará los diferentes trabajos.



**Figura 50-2:** Pantalla principal, Software AutoCAD

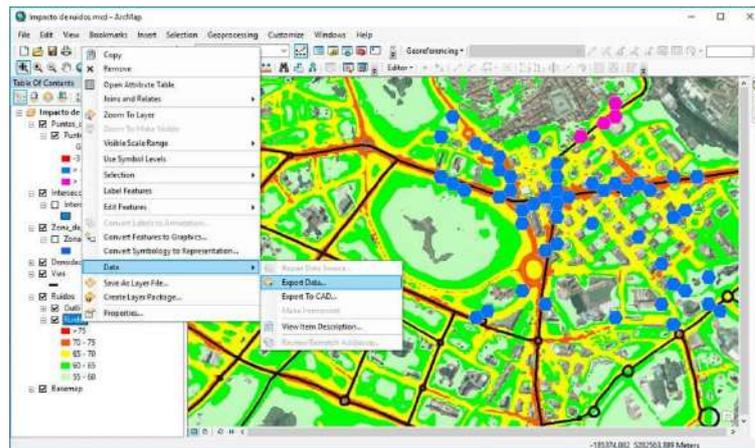
**Fuente:** (Autodesk LAM, 2021)

### 2.11.2 ArcGIS

ArcGIS es un sistema que entre sus principales funciones tiene: recopilación, organización, administración, análisis, compartir y distribuir información geográfica. Se la considera como la

plataforma líder mundial en la creación y uso de sistemas de información geográfica (SIG). ArcGis es una herramienta utilizada a nivel mundial para adquirir el conocimiento geográfico que está al servicio de los sectores gubernamentales, empresas, científicos, en la educación y en otros medios. Se puede realizar el intercambio de datos en la suite de productos ArcGIS como ArcGIS Online y ArcGIS Enterprise, y además permite trabajar en plataformas a través de Web GIS (AeroTerra - Esri, s.f.).

En la figura 51-2 se observa la pantalla principal del software ArcGIS y nos brinda una estimación del área de trabajo.



**Figura 51-2:** Pantalla principal, Software ArcGIS

**Fuente:** (AeroTerra - Esri, s.f.).

Según el sitio web ArcGISPro las características más relevantes que se pueden considerar son:

- Crear, compartir y utilizar mapas inteligentes
- Compilar información geográfica
- Crear y administrar bases de datos geográficas
- Resolver problemas con análisis espacial
- Crear aplicaciones basadas en mapas
- Conocer y compartir información mediante la Geografía y la visualización

## **2.12 Análisis de Software para monitoreo de la Red Local**

Para verificar el correcto funcionamiento interno de la red existen diferentes aplicaciones, en el desarrollo de nuestro trabajo hemos utilizado Iperf3, sus características podemos observarlas a continuación:

### **2.12.1 Iperf3**

Iperf es una herramienta de prueba de rendimiento de redes de código abierto desarrollada por la Universidad de Illinois. Se puede utilizar para probar el rendimiento de las conexiones TCP o UDP entre los nodos de red (incluido el bucle invertido), incluido el ancho de banda, la fluctuación y la tasa de pérdida de paquetes. La fluctuación y la tasa de pérdida de paquetes son adecuadas para las pruebas UDP, y las pruebas de ancho de banda son adecuadas para TCP y UDP.

Iperf es una herramienta de prueba de rendimiento de red basada en TCP / IP y UDP / IP. Se puede utilizar para medir el ancho de banda y la calidad de la red, y proporcionar información estadística como la fluctuación de retardo de la red, la tasa de pérdida de paquetes y la unidad máxima de transmisión. Los administradores de red pueden comprender y juzgar los problemas de rendimiento de la red basándose en esta información, para localizar cuellos de botella y resolver fallas de red.

Iperf es una herramienta de prueba de rendimiento de red basada en el modo de línea de comandos. Es multiplataforma y proporciona compatibilidad con todas las plataformas en Windows, Linux y Mac. Iperf utiliza la memoria como búfer de envío / recepción durante todo el proceso, que no se ve afectado por el rendimiento del disco y tiene pocos requisitos para la configuración de la máquina. Pero debido a que es una herramienta de línea de comandos, Iperf no admite la salida de patrones de prueba.

Iperf puede probar la calidad del ancho de banda de TCP y UDP, con una variedad de parámetros y características UDP, y se puede utilizar para probar el rendimiento de algunos dispositivos de red como enrutadores, firewalls, conmutadores, etc.

## CAPÍTULO III

### 3 MARCO METODOLÓGICO

En el tercer capítulo se presenta la descripción de los tipos de investigación, las técnicas y los métodos usados, además se va a especificar los requerimientos que se emplea en el diseño, así también como en la implementación de la red. En el desarrollo del presente trabajo de integración curricular se siguieron seis etapas, la primera consistió en la planimetría de campo, en la segunda se realizó el monitoreo de la red, en la tercera elaboramos el diseño de la red FTTH en el software AutoCAD, en la cuarta etapa se implementó la red basada en el diseño elaborado, en la quinta etapa se aplicó las configuraciones de Queue-Tree y reglas de firewall en el router de la empresa y finalmente en la sexta etapa se realizó la evaluación del rendimiento de la red.

#### 3.1 Metodología de la investigación

Con la ayuda de esta metodología se pudo recapitular la información necesaria y determinar los aspectos importantes para el desarrollo del diseño de una red FTTx de tipo FTTH, para proveer el servicio de internet al sector de Tolloloma y sus alrededores partiendo el recorrido desde la zona urbana de la parroquia Cajabamba perteneciente al cantón Colta.

##### 3.1.1 Tipos de investigación

En este trabajo fueron utilizados diferentes tipos de investigación entre las que se detallan a continuación:

###### 3.1.1.1 Investigación bibliográfica

La investigación bibliográfica se la ha realizado utilizando distintas fuentes como libros, sitios web que brinden confianza a los lectores y además en distintos documentos como tesis, artículos científicos y otros informes; dentro de los que se obtuvo información varios temas de las redes de fibra óptica como el estándar G.984.x, especificaciones y parámetros que se deben tomar en cuenta para realizar correctamente el diseño y para posteriormente ser implementado, además se muestra el contenido necesario del área de implementación.

### 3.1.1.2 Investigación de campo

La investigación de campo fue llevada a cabo por medio de la visitar de todo el recorrido de implementación para realizar una correcta planimetría, tomando en cuenta los distintos factores que van a influir y además se deben tomar en cuenta al momento de implementar la red para que de esta manera se pueda garantizar un correcto funcionamiento y además se obtengan los beneficios esperados para los usuarios que van a adquirir el servicio.

### 3.1.1.3 Investigación experimental

El proveedor de servicio de internet Mundo-Tronic, abastece de internet a distintos sectores de la provincia de Chimborazo y después de evidenciar que el servicio prestado a través de radio enlaces es deficiente y no cumple con las necesidades de los clientes se ha visto la necesidad de emigrar hacia la tecnología GPON, esto ha mostrado beneficios en las áreas ya implementadas, basado en ello se toma como decisión que en el sector escogido se debe realizar la misma implementación en busca de obtener resultados beneficiosos para los usuarios.

## 3.1.2 Técnicas

En el presente trabajo de integración curricular se tomaron en cuenta dos tipos de fuentes que son primarias y secundarias:

### 3.1.2.1 Fuentes primarias

Se utilizó documentos, manuales técnicos, internet y trabajos de titulación.

- **Documentos:** Fueron tomados los estándares y normativas técnicas, creados y aprobados por parte de empresas y organismos nacionales e internacionales de telecomunicaciones.
- **Software Autocad:** El diseño de la red se realizará utilizando el software Autocad, tomando en cuenta todos los parámetros necesarios que garanticen un trabajo de calidad.
- **Software Iperf3:** Con la ayuda de este software se realizó las mediciones de distintos parámetros que garantizaran la calidad del funcionamiento interno de nuestra red implementada y también del servicio brindado a los clientes de la empresa.

### 3.1.2.2 Fuentes secundarias

- **Encuestas:** Esta técnica fue escogida con la finalidad de verificar la calidad de servicio de internet que existe en el sector y además para analizar las necesidades de los habitantes.
- **Observación:** Fue utilizada con el propósito de determinar los factores que se deben tomar en cuenta para el diseño y la posterior implementación de la red.

## 3.2 Requerimientos técnicos de diseño

Para realizar el presente proyecto técnico se van a tomar en cuenta ciertos requerimientos que se deben considerar tanto para la etapa de diseño como para la etapa de implementación, las cuales detallamos a continuación:

- Descripción del área de trabajo.
- Tipo de arquitectura de la red.
- Topología de la red.
- Tipo de fibra.
- Tipo de cable aéreo.
- Distribución geográfica de equipos.
- Determinación del ancho de banda.
- Evaluación del funcionamiento de la red.

### 3.2.1 Descripción del área de trabajo.

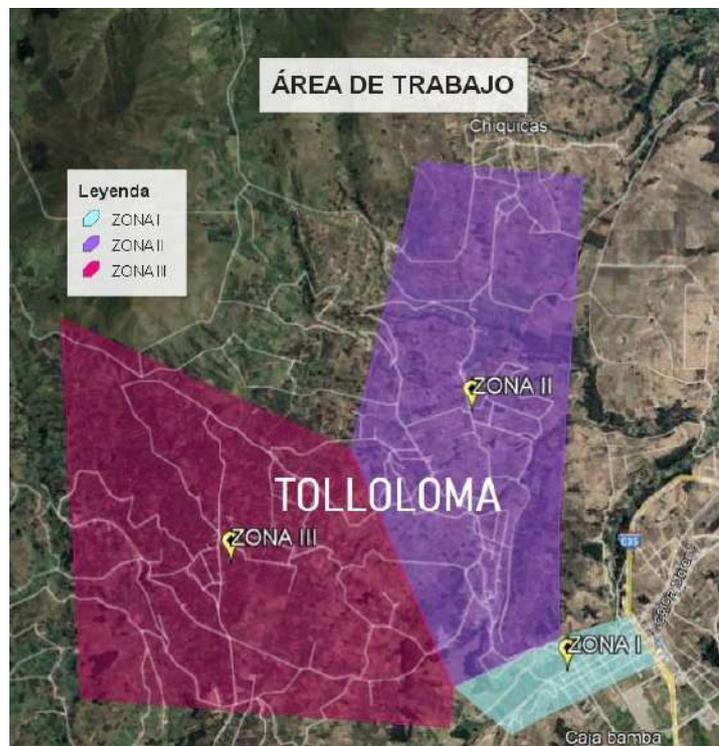
El área que se escogió para realizar el trabajo pertenece al sector Tolloloma y sus alrededores los cuales abarcan las parroquias urbanas de Cajabamba y Sicalpa, para el análisis de la cantidad de habitantes se han tomado los datos de la parroquia rural “Villa La Unión” la cual cuenta con un total de 5794 hogares y se estima una población de 18561 habitantes aproximadamente, la mayor concentración de la población se registra en las partes altas del sector las cuales poseen instituciones educativas, organizaciones y otros (Contrato Social por la Educación; Cooperación Belga al Desarrollo; Plan International, 2016) (Jarrin, 2021).

Para un mejor rendimiento de la red se ha dividido el área de trabajo en tres zonas, las mismas que se pueden observar en la figura 1-3 al igual que en la figura 2-3 representada en el mapa.



**Figura 1-3:** Distribución del área de trabajo por zonas

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)



**Figura 2-3:** Distribución del área de trabajo

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

### 3.2.2 Estudio de demanda

Se ejecutará una encuesta con la finalidad de determinar la calidad de servicio de internet de los habitantes del sector, la muestra escogida de la población será tomada sin ninguna restricción.

### 3.2.2.1 Tamaño de la muestra poblacional

El presente proyecto técnico será ejecutado en la mayor parte de la Parroquia Villa La Unión teniendo como objetivo fundamental brindar de servicio al sector Tolloloma, el territorio escogido se puede observar en la figura 1-3, considerando la cantidad de hogares que existen en dicha porción de territorio se escogerá el tamaño de la muestra poblacional, de acuerdo al método aleatorio simple se aplica la siguiente ecuación:

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

Dónde:

n= Número de encuestas a realizar

N= Número de viviendas

e= Error muestral 95%.

Valores utilizados

N= 5794 hogares

e= 0.05

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

$$n = \frac{5794}{(0.05)^2(5794 - 1) + 1}$$

$$n = 374.23 \cong 374 \text{ encuestas}$$

Se ejecutaron 374 encuestas con la finalidad de analizar las necesidades de los habitantes del sector y comprobar la factibilidad de implementar la red FTTH.

### 3.2.2.2 Análisis de los resultados obtenidos

De acuerdo a la ecuación aplicada se estimó que se deben realizar 374 encuestas en el sector escogido, dicha encuesta que puede ser observada en el **Anexo A** consta de 10 preguntas, entre los aspectos que serán evaluados esta la utilidad de servicio de internet en los habitantes, la calidad de servicio que les ofrecen, el tipo de conexión, la cantidad de clientes que existan en el sector,

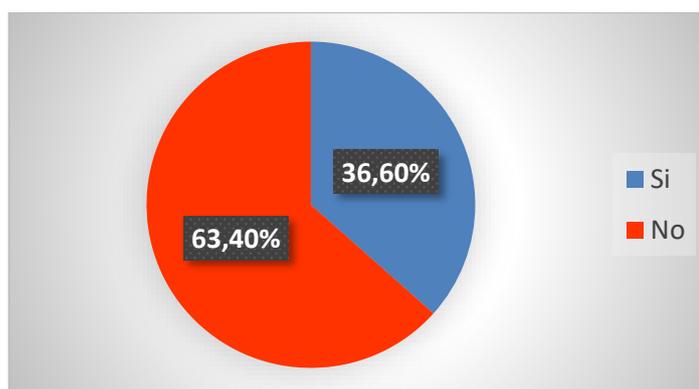
los planes que serán ofertados y el valor que consideran justo por el servicio. Los resultados que se obtuvieron serán analizados a continuación:

**Pregunta 1: En la actualidad, ¿Cuenta con el servicio de internet en su hogar?**

**Tabla 1-3:** Habitantes con servicio de internet

Respuesta	N° de encuestados	Porcentaje
Si	137	36.60 %
No	237	63.40 %
<b>Total</b>	<b>374</b>	<b>100 %</b>

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)



**Gráfico 1-3:** Habitantes con servicio de internet

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

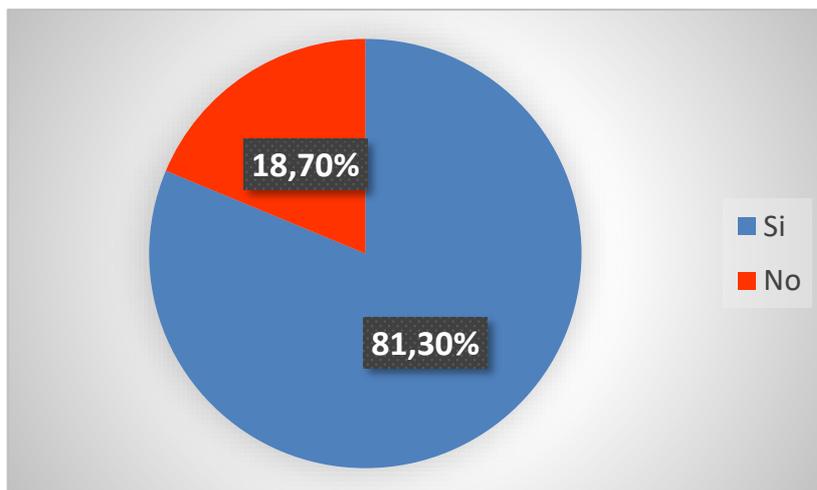
En el gráfico 1-3, se puede determinar que un 63.40% de los encuestados no cuentan con el servicio de internet, mientras que el 36.60% respondieron afirmativamente. Se puede deducir que la mayor parte de las personas encuestadas no cuentan con el servicio por lo que se debe tomar en cuenta las características de los otros proveedores.

**Pregunta 2: ¿Usted estaría dispuesto a adquirir el servicio de internet en su hogar con fibra óptica?**

**Tabla 2-3:** Habitantes que desean un servicio de internet con fibra óptica

Respuesta	N° de encuestados	Porcentaje
Si	304	81.30 %
No	70	18.70 %
<b>Total</b>	<b>374</b>	<b>100 %</b>

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)



**Gráfico 2-3:** Habitantes que desean un servicio de internet con fibra óptica

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

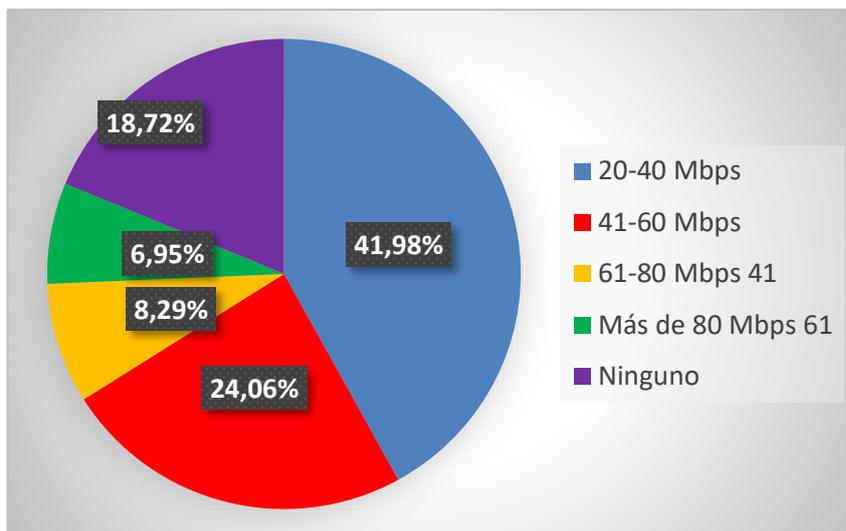
La pregunta dos presenta como resultados que un 81.30 % de los encuestados están dispuestos a adquirir un servicio de internet por medio de fibra óptica, mientras que el 18.70% no lo desean, dichos resultados se pueden observar en el gráfico 2-3 al igual que en la tabla 2-3. Se puede concluir que existe una mayor parte de personas a las que le interesa adquirir el servicio de internet con mejores características como las que ofrecemos en este proyecto.

**Pregunta 3: ¿Cuál sería su plan ideal para el servicio de internet?**

**Tabla 3-3:** Planes Ofertados

Planes Ofertados	N° de encuestados	Porcentaje
20-40 Mbps	157	41.98 %
41-60 Mbps	90	24.06 %
61-80 Mbps	31	8.29 %
Más de 80 Mbps	26	6.95 %
Ninguno	70	18.72%
<b>Total</b>	374	100 %

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)



**Gráfico 3-3: Planes Ofertados**

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

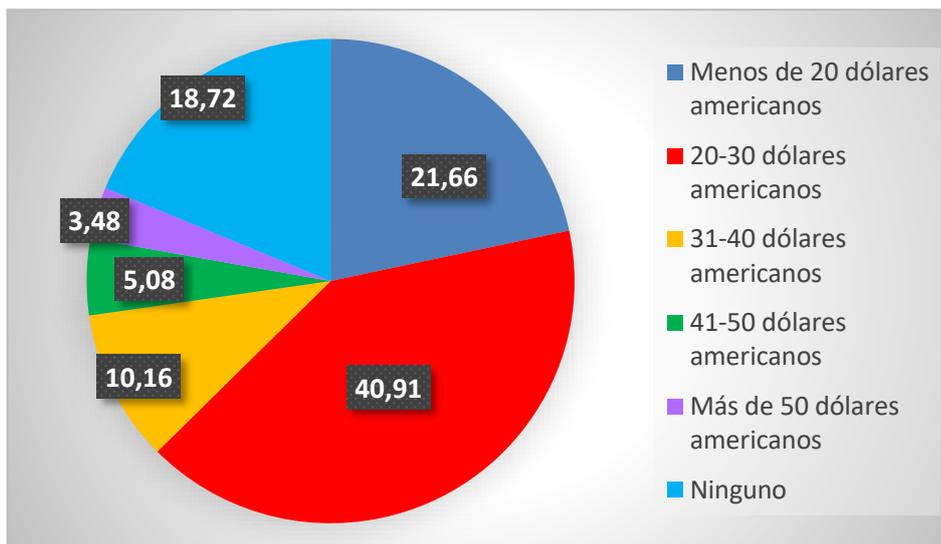
Al analizar los resultados de la tercera pregunta, en el gráfico 3-3 y en la tabla 3-3, se puede observar que la mayor parte de usuarios desearían adquirir el plan mínimo que se encuentra en el rango de 20 a 40 Mbps. El sector cuenta con pocas personas que desean adquirir planes de grandes velocidades, debido a que no existe un elevado número de empresas, locales comerciales, instituciones, entre otros, pero si existe una gran cantidad de usuarios que tienen la necesidad de adquirir el servicio que ofertamos.

**Pregunta 4: ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el plan escogido?**

**Tabla 4-3: Precios ofertados**

Costos del servicio	N° de encuestados	Porcentaje
Menos de 20 dólares americanos	81	21.66 %
20-30 dólares americanos	153	40.91 %
31-40 dólares americanos	38	10.16 %
41-50 dólares americanos	19	5.08 %
Más de 50 dólares americanos	13	3.48 %
Ninguno	70	18.72 %
<b>Total</b>	374	100 %

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)



**Gráfico 4-3:** Precios ofertados

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

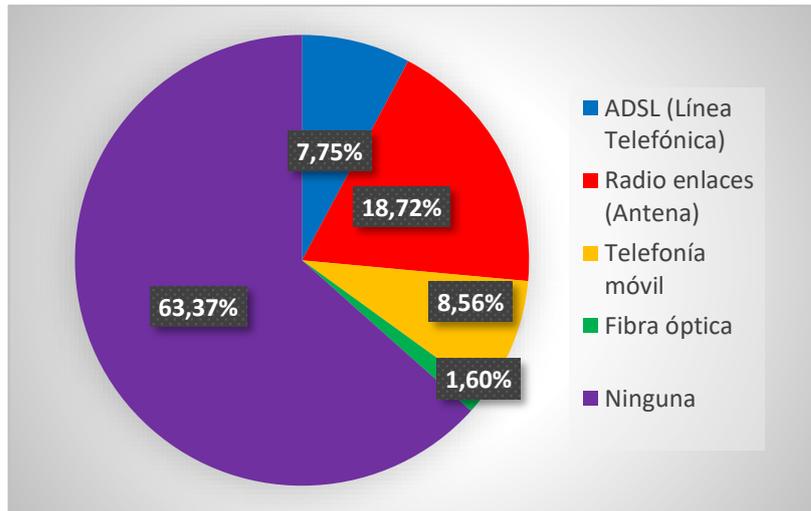
En la tabla 4-3 se puede encontrar un resumen de los valores que estarían dispuestos a cancelar los usuarios por la adquisición del servicio, se puede concluir en que los usuarios desean cancelar en su mayor parte hasta un máximo de treinta dólares americanos, por motivos de la baja economía que existe en el sector y la dificultad que les causaría cancelar precios más elevados. La pregunta 3 y 4 están relacionadas directamente es por ello que coinciden en que los usuarios desearían un plan de menor velocidad para poder cancelar una menor cantidad de dinero por el servicio de internet.

**Pregunta 5: ¿Qué tipo de conexión a internet le brinda su actual proveedor de servicio de internet?**

**Tabla 5-3:** Tipo de conexión a internet

Tecnología	Nº de encuestados	Porcentaje
ADSL (Línea Telefónica)	29	7.75 %
Radio enlaces (Antena)	70	18.72 %
Telefonía móvil	32	8.56 %
Fibra óptica	6	1.60 %
Ninguna	237	63.37 %
<b>Total</b>	<b>374</b>	<b>100 %</b>

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

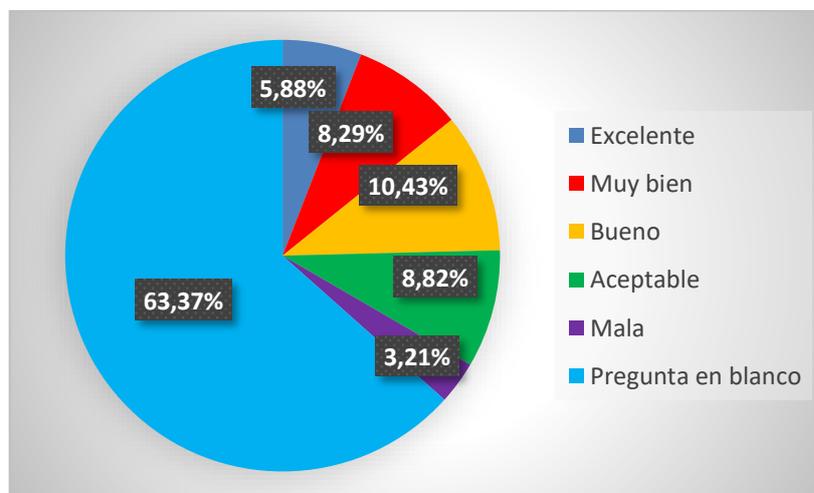


**Gráfico 5-3:** Tipo de conexión a internet

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

Se puede analizar que hay una alta competencia con otros proveedores de internet, una de las tecnologías más utilizadas pertenece a radio enlaces que era la tecnología que estaba posesionada en el mercado anteriormente. Para tener éxito en el proyecto se debe tomar en cuenta técnicas para poder sobresalir ante nuestros competidores.

**Pregunta 6: En general, ¿Cómo se siente acerca de su experiencia con su actual proveedor de servicios de Internet?**



**Gráfico 6-3:** Calidad del servicio

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

**Tabla 6-3:** Calidad del servicio

Calidad	Nº de encuestados	Porcentaje
Excelente	22	5.88 %
Muy bien	31	8.29 %
Bueno	39	10.43 %
Aceptable	33	8.82 %
Mala	12	3.21 %
Pregunta en blanco	237	63.37 %
<b>Total</b>	<b>374</b>	<b>100 %</b>

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

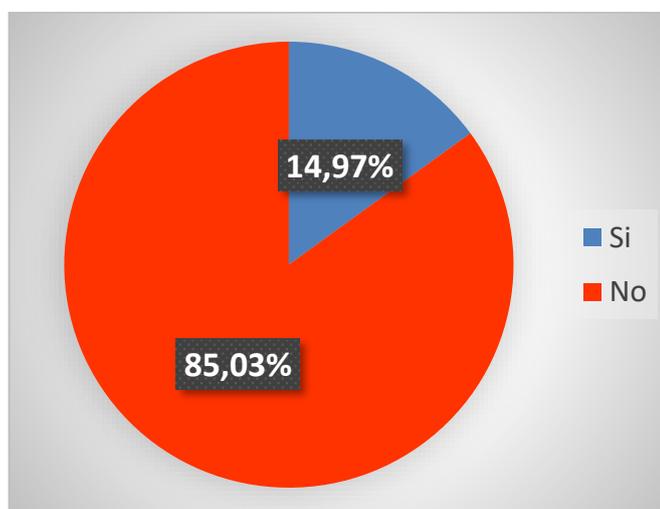
De acuerdo a los datos recolectados a las personas encuestadas principalmente a quienes cuentan actualmente con un servicio de internet se puede observar que el nivel de satisfacción que han alcanzado otros proveedores ha sido calificado como bueno o muy bueno en su mayor parte, de acuerdo a lo que se puede observar en el gráfico 6-3, este indicativo es un aspecto que se debe tomar en cuenta ya que se puede entrar a la competencia ofertando mejores servicios que mantengan una alta satisfacción en los usuarios.

**Pregunta 7: ¿Es cliente de la empresa Mundo-Tronic?**

**Tabla 7-3:** Clientes de la empresa Mundo-Tronic

Respuesta	Nº de encuestados	Porcentaje
Si	56	14.97 %
No	318	85.03 %
<b>Total</b>	<b>374</b>	<b>100 %</b>

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)



**Gráfico 7-3:** Clientes de la empresa Mundo-Tronic

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

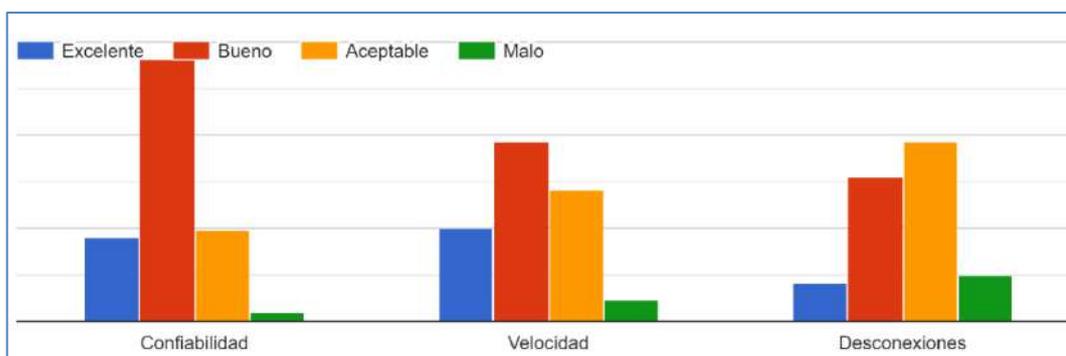
En el gráfico 7-3, se observa que el 85.03% de los encuestados no son clientes de Mundo-Tronic entre los cuales pueden ser clientes de otros proveedores o personas que no cuenten con servicio de internet, mientras tanto que un 14.97% de los encuestados son clientes de la empresa los mismos que desean migrar su tecnología de radio enlace para adquirir una conexión a través de fibra óptica, entendiendo los beneficios que pueden obtener.

**Pregunta 8: De acuerdo a su experiencia con su actual proveedor de servicio a Internet, califique los siguientes parámetros:**

**Tabla 8-3: Parámetros de Calidad**

<b>Confiabilidad</b>		
<b>Calidad</b>	<b>N° de encuestados</b>	<b>Porcentaje</b>
Excelente	42	11,23 %
Bueno	38	10,16 %
Aceptable	32	8,56 %
Mala	25	6,68 %
Pregunta en blanco	237	63,27 %
<b>Total</b>	<b>374</b>	<b>100 %</b>
<b>Velocidad</b>		
<b>Calidad</b>	<b>N° de encuestados</b>	<b>Porcentaje</b>
Excelente	32	8,56 %
Bueno	30	8,02 %
Aceptable	42	11,23 %
Malo	33	8,82 %
Pregunta en blanco	237	63,37 %
<b>Total</b>	<b>374</b>	<b>100 %</b>
<b>Cantidad de Desconexiones</b>		
<b>Calidad</b>	<b>N° de encuestados</b>	<b>Porcentaje</b>
Excelente	38	10,16 %
Bueno	35	9,36 %
Aceptable	42	11,23 %
Malo	22	5,88 %
Pregunta en blanco	237	63,37 %
<b>Total</b>	<b>374</b>	<b>100 %</b>

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)



**Gráfico 8-3:** Parámetros de calidad

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

En la pregunta 8 se hizo un análisis de la calidad del servicio de internet de algunos de los encuestados, para ello se seleccionaron ciertos parámetros que se encuentran detallados en la tabla 8-3 en donde además se observan los resultados obtenidos.

Primeramente, se analizó la **Confiabilidad** en la que se puede observar que los clientes consideran que esta en un buen nivel, pocos consideran que el servicio es excelente en este aspecto, pero tampoco la califican en un mal nivel.

El segundo parámetro analizado es la **Velocidad** con la que permite navegar en la web, los encuestados la ponen en un nivel bueno o aceptable, concluyendo que los servicios actuales pueden presentar intermitencias en el momento que el cliente tienen la necesidad de navegar.

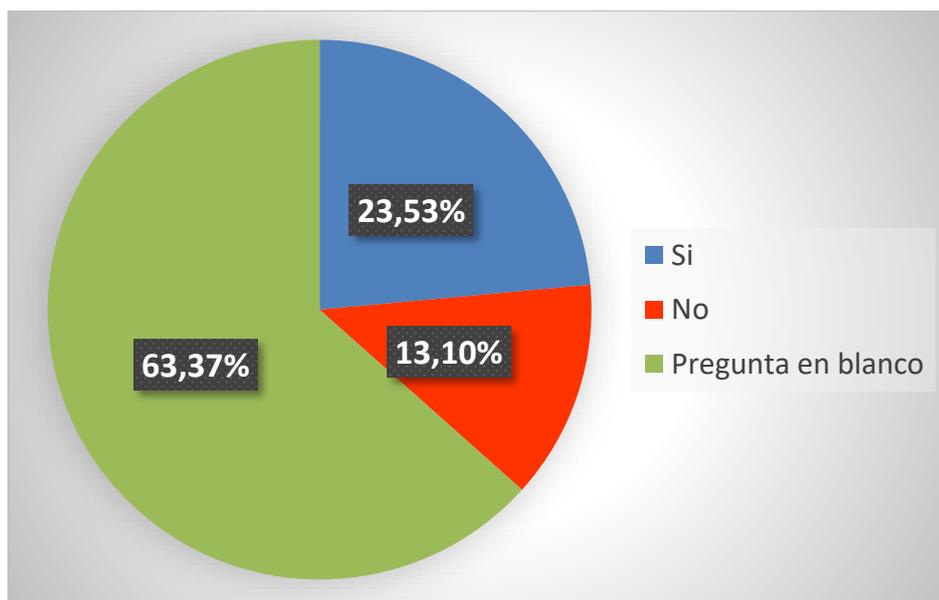
Finalmente, el último parámetro que se analizó fue las **Desconexiones** o caídas del servicio, en donde se deduce que la mayor cantidad de clientes tienen un servicio aceptable, eso indica que existe un cierto nivel de inconformidad por parte de los usuarios, este factor es muy importante considerarlo ya que nuestro objetivo es presentar una mejora con respecto a este parámetro para de esa manera garantizar una mejor calidad de servicio.

**Pregunta 9: ¿Considera justo el precio que cancela por su servicio de internet?**

**Tabla 9-3:** Satisfacción con el precio

Respuesta	N° de encuestados	Porcentaje
Si	88	23.53 %
No	49	13.10 %
Pregunta en blanco	237	63.37 %
<b>Total</b>	374	100 %

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)



**Gráfico 9-3:** Satisfacción con el precio

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

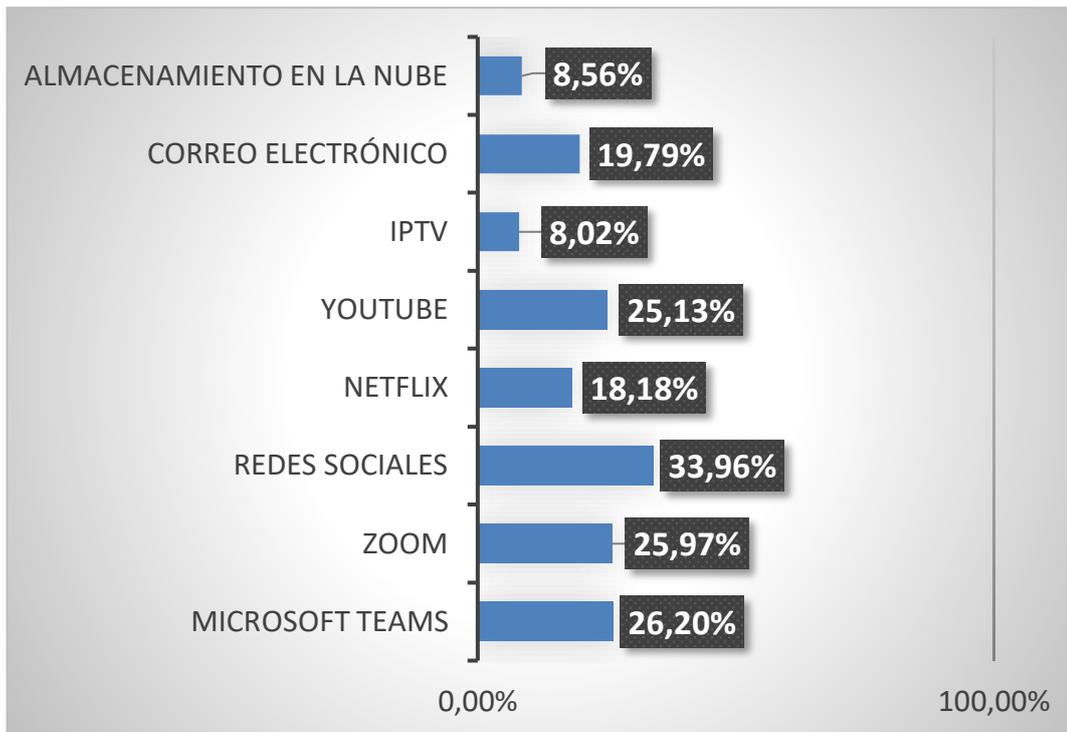
Las personas encuestadas que poseen actualmente el servicio de internet en un 66.5% consideran que el precio que cancelan es el adecuado mientras que un 33.5 no están de acuerdo y les gustaría tener un servicio que cumpla las expectativas y además sea acorde al pago que realizan, dichos datos se pueden observar en el gráfico 9-3. Se puede aprovechar a los clientes que no están de acuerdo con el precio para ofrecerles un mejor servicio y además se puede presentar mejoras para llamar la atención de los que sí lo están y de esa forma obtener una mayor demanda de usuarios.

**Pregunta 10: Seleccione las aplicaciones que más utiliza:**

**Tabla 10-3:** Aplicaciones utilizadas

Aplicación	N° de encuestados	Porcentaje
Microsoft Teams	98	26.20 %
Zoom	96	25.97 %
Redes Sociales	127	33.96 %
Netflix	68	18.18 %
YouTube	94	25.13 %
IPTV	30	8.02 %
Correo Electrónico	74	19.79 %
Almacenamiento en la nube	32	8.56 %
<b>Total</b>	-	-

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)



**Gráfico 10-3:** Aplicaciones utilizadas

**Realizado por:** (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

Para finalizar la encuesta se hizo un análisis de las aplicaciones más utilizadas por los habitantes del sector entre las cuales se puede observar que las aplicaciones con mayor demanda son las que pertenecen al grupo de las Redes Sociales seguidas de la plataforma Youtube, y finalmente entre las de mayor demanda se encuentran las plataformas de Microsoft Teams y Zoom que son las de mayor uso al momento de realizar una llamada virtual o video conferencia.

En un balance general se puede encontrar que los datos estadísticos obtenidos a través de la encuesta nos permiten interpretar que la instalación del servicio de internet a través de fibra óptica en el sector Tolloloma es un proyecto factible y que producirá buenos resultados para los habitantes del sector al igual que a la empresa Mundo-Tronic. Para que el proyecto tenga un mayor impacto se deben tomar en cuenta diversos factores como son:

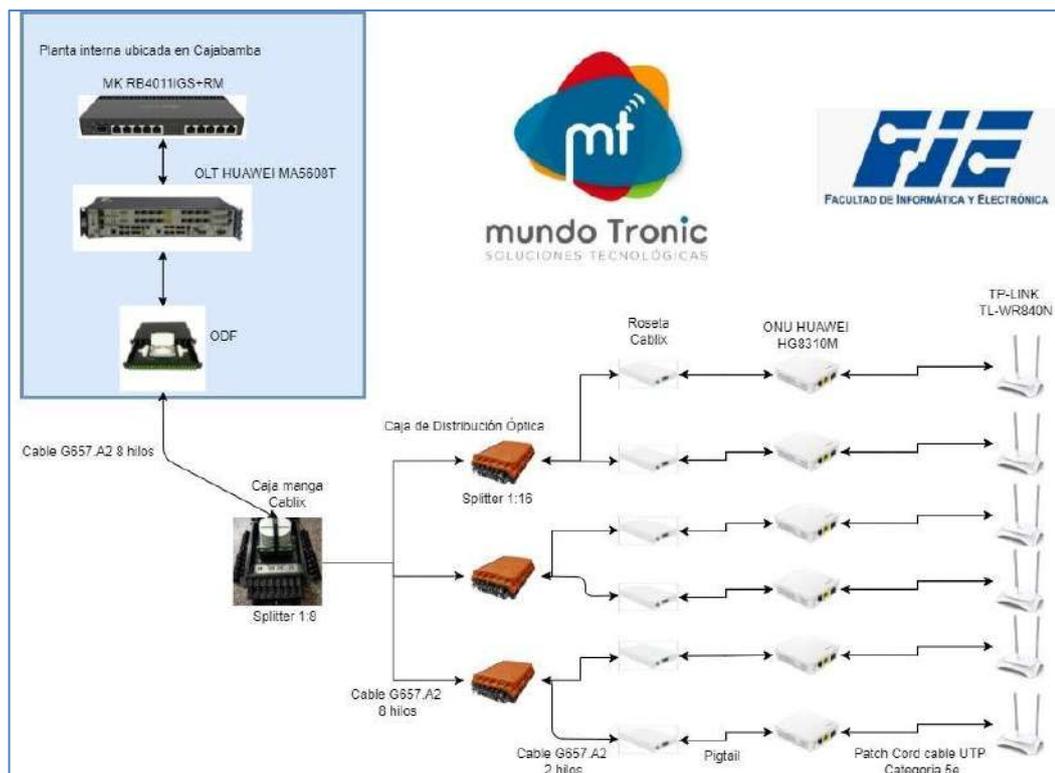
- Llegar a ciertas partes del sector a donde no llegan otros proveedores.
- Ofrecer planes de internet que estén dentro de las posibilidades de los futuros clientes.
- Presentar mejoras en la red ofreciendo distintas mejoras en los parámetros que presentan problemas los competidores.
- Ofrecer una mejor estabilidad en la red y priorizar las necesidades de los usuarios, que garanticen la satisfacción de los clientes al utilizar nuestro servicio.

### 3.2.3 Tipo de arquitectura de la red.

En la implementación del proyecto se necesita escoger la forma en cómo se va a distribuir la información a través de la red, en el capítulo anterior se realizó la explicación de las redes FTTH, fue seleccionado de acuerdo a la distribución geográfica del área de implementación la misma que en la mayor parte de su territorio cuenta con un gran número de viviendas, es un territorio perteneciente al área rural y se tiene como finalidad llegar hacia los hogares de los clientes. La tecnología FTTH presenta mayores beneficios en comparación a otras, porque brinda a los usuarios altas velocidades de transmisión y por ende una mayor estabilidad en la red al momento de navegar en la web.

### 3.2.4 Topología de la red.

Para realizar el diseño y su posterior implementación se ha seleccionado una Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (GPON), se la ha seleccionado por poseer una topología de tipo árbol que es la ideal para la ejecución del proyecto, además otorga beneficios como el bajo costo y mayor flexibilidad, el esquema de la red se puede observar en la figura 3-3.



**Figura 3-3:** Topología de la red

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

En la figura 3-3 se puede observar que dentro de la Estación Base estarán conectados el router, la OLT y la ODF, posteriormente se formará la ODN, en la que constara los dos niveles de splitteo primario y secundario, se ha seleccionado un divisor óptico de 1:8 para el primer nivel, mientras que en el segundo nivel se ha seleccionado un divisor de 1:16. Finalmente después de los dos niveles de splitteo se encuentra la red de dispersión que será la encargada de brindar el servicio a los clientes.

### 3.2.5 Tipo de fibra.

Para realizar la implementación de la red, fue seleccionado el cable de fibra óptica tipo monomodo, la fibra óptica monomodo seleccionado se encuentra especificada en la recomendación ITU-T G.657. Las características más importantes que presenta este tipo de fibra son: una alta resistencia a la pérdida por reflexión, es compatible con todas las fibras G652, posee una baja atenuación, tiene una baja pérdida por flexión, entre otras.

### 3.2.6 Tipo de cable aéreo.

En la tabla 11-3 se realiza una comparación de los diferentes tipos de cables aéreos donde se elegirá el adecuado.

**Tabla 11-3:** Cuadro comparativo de los tipos de cable de fibra óptica

Características	Cable figure 8	Cable OPGW	Cable ADSS
<b>Confiabilidad</b>	Alta	Alta	Alta
<b>Mantenimiento</b>	Fácil	Difícil	Fácil
<b>Acceso a fibras ópticas</b>	Fácil	Difícil	Fácil
<b>Costo de instalación</b>	Bajo	Alto	Bajo
<b>Costo del cable</b>	Medio	Alto	Bajo

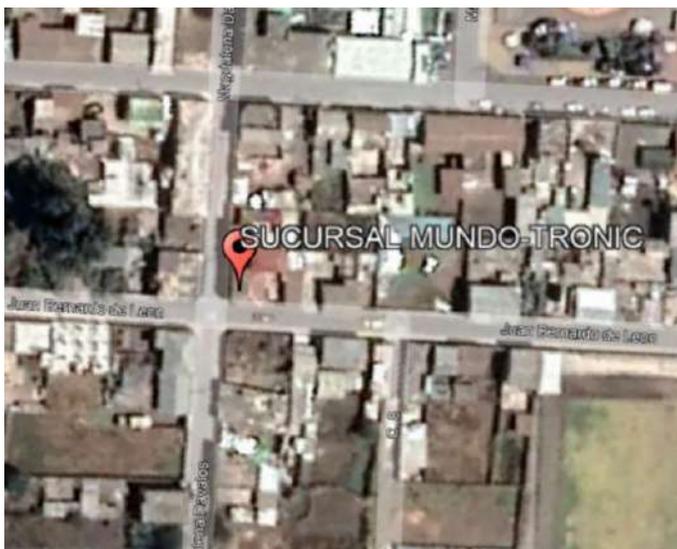
Fuente: (Cruz, 2019)

Realizando el análisis de la Tabla 11-3, se ha tomado la decisión de seleccionar el Cable figure 8 G657A2 de 8 hilos para realizar el tendido de la red Feeder y de la red de Distribución, dicho cable posee características ideales a nuestra situación para realizar la implementación del proyecto, entre las características más destacadas podemos anotar que presenta una alta confiabilidad, tiene facilidad de comunicarse con otros tipos de fibra, así como también es fácil de realizar su mantenimiento, en la parte económica presentan bajos valores resultando accesible para la ejecución del proyecto.

### 3.2.7 Distribución geográfica de equipos.

#### 3.2.7.1 Ubicación de OLT

La empresa Mundo-Tronic cuenta con su sucursal en Cajabamba en las calles Magdalena Dávalos y Juan Bernardo de León, tiene una longitud de  $1^{\circ}42'10.3''$  al Sur y una latitud de  $78^{\circ}46'25.6''$  al Oeste. Dicha sucursal será utilizada como la estación base de la red, dentro de ello estarán colocados la OLT, el router Mikrotik RB4011iGS+RM y también la ODF, la ubicación de la sucursal se puede observar en la figura 4-3:



**Figura 4-3:** Ubicación geográfica Sucursal Mundo-Tronic en Cajabamba

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

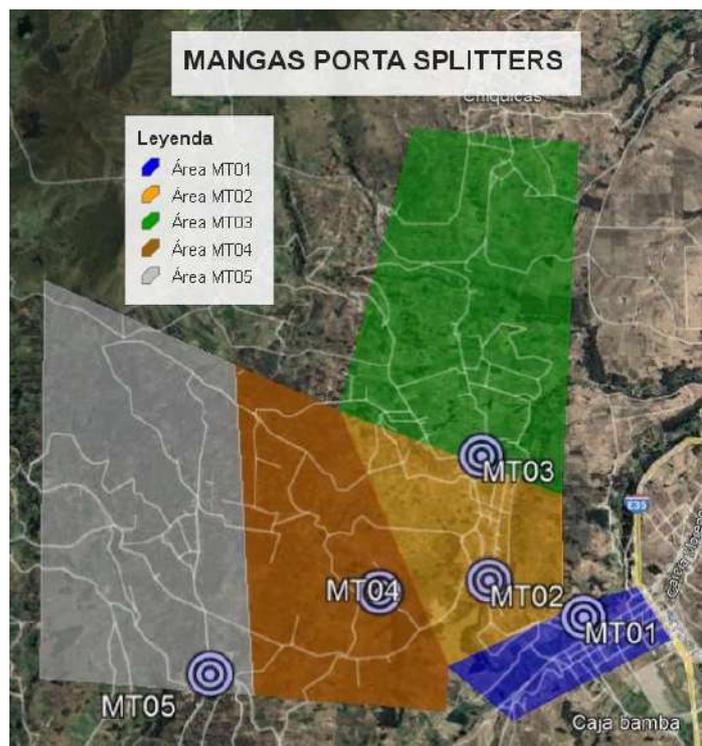
#### 3.2.7.2 Ubicación de las mangas Porta Splitters

El sector ha sido dividido en tres zonas, en la primera se utilizará una manga porta splitters mientras que en la segunda y tercera zona estarán localizadas dos mangas en cada una. Las mangas porta splitters se han codifican como MT0x, donde x es el número de manga, cada una de ellas constara de un splitter de 1:8 que representara al primer nivel. En la tabla 12-3 se indican algunas características de las mangas entre las que se detallan la zona a la que pertenece cada una, su código de identificación y su ubicación geográfica en latitud y longitud, mientras que en la figura 5-3 se puede observar el área de cobertura de cada una de las mangas porta splitters:

**Tabla 12-3:** Mangas Porta Splitters – Distribución Geográfica

Zonas	Codificación de las Mangas Porta Splitters	Coordenadas geográficas	
		Latitud	Longitud
1	MT01	1°42'6.80"S	78°46'32.81"O
2	MT02	1°41'57.81"S	78°46'55.81"O
	MT03	1°41'26.37"S	78°46'57.47"O
3	MT04	1°42'0.67"S	78°47'22.85"O
	MT05	1°42'20.54"S	78°48'3.80"O

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)



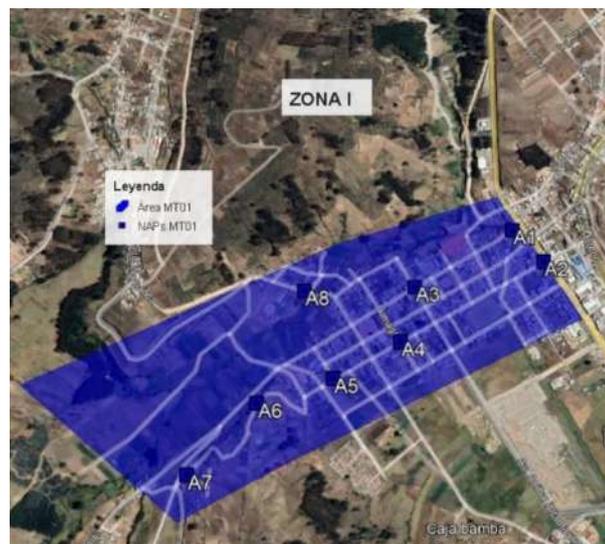
**Figura 5-3:** Ubicación geográfica de las Mangas Porta Splitters

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

### 3.2.7.3 Ubicación de las cajas de distribución óptica

En el segundo nivel se ha seleccionado un splitteo de 1:16, los empalmes de la red de distribución con los splitters serán realizados dentro de las cajas NAPs que serán colocadas en los postes del recorrido establecido, estos postes pueden ser de tipo eléctrico, telefónico o plantados por la empresa. La codificación de las NAPs será realizada de forma ascendente partiendo desde la más cercana a cada caja manga de acuerdo a lo establecido por la normativa de la CNT EP.

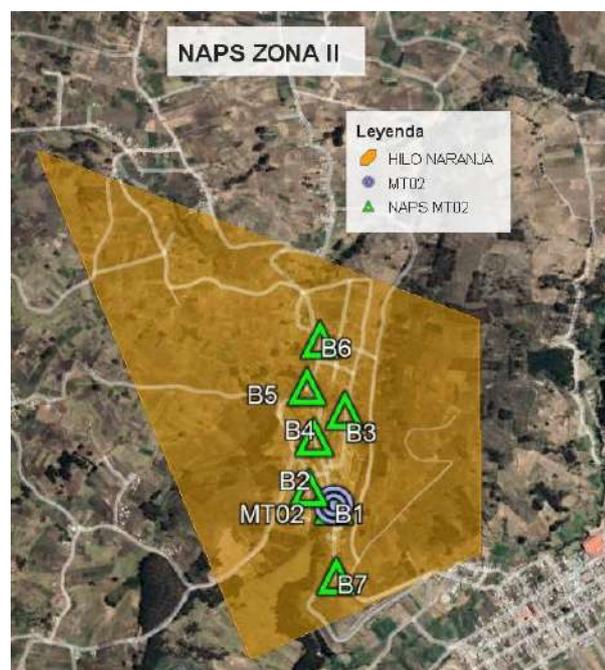
**Cajas de distribución óptica zona I:** En la figura 6-3 se indica la ubicación geográfica de las NAPs de la Zona I, se encuentran codificadas desde la A1 hasta la A8.



**Figura 6-3:** Ubicación geográfica – NAPs MT01 Zona I

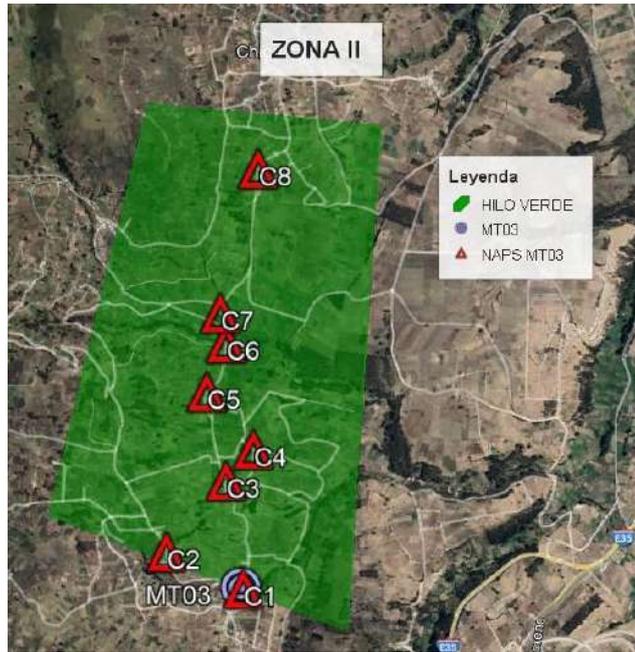
Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

**Cajas de distribución óptica Zona II:** dentro de esta zona se encuentran localizadas dos mangas troncales, en la figura 7-3 se muestra la ubicación geográfica de las NAPs de la MT02 que se han codificado con la serie B, mientras tanto en la figura 8-3 se observa la distribución de las NAPs de la MT03 codificadas con la serie C.



**Figura 7-3::** Ubicación geográfica - NAPs MT02 Zona II

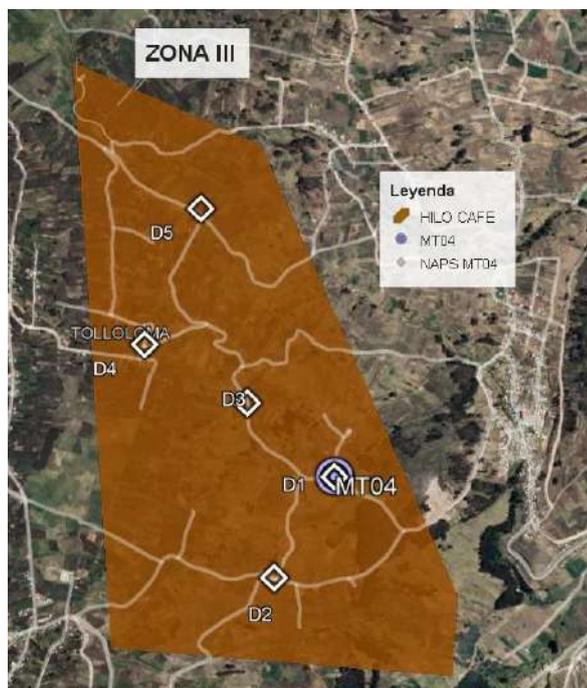
Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)



**Figura 8-3:** Ubicación geográfica - NAPs MT03 Zona II

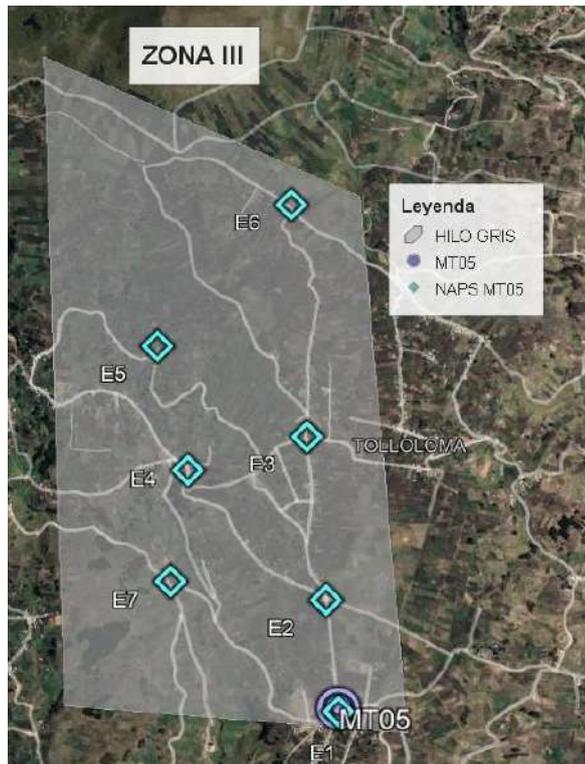
Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

**Cajas de distribución óptica Zona III:** en esta zona se han distribuido dos mangas troncales, en la figura 9-3 se puede observar la ubicación geográfica de las NAPs de la MT04 que han sido codificadas con la serie D y en la figura 10-3 se representa la distribución de las NAPs de la MT05 que se han codificado con la serie E.



**Figura 9-3:** Ubicación geográfica - NAPs MT04 Zona III

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)



**Figura 10-3:** Ubicación geográfica - NAPs MT05 Zona III

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

### 3.2.8 Determinación del ancho de banda

La normativa ITU-T G.984.2 Clase B+ establece que las velocidades nominales que tienen los canales de downlink es de 2.488Gbps, mientras que en los canales uplink es de 1.244Gbps. Es necesario calcular el ancho de banda que tendrá la red al llegar al cliente, para ello se debe considerar el primer nivel de splitteo que será de 1:8 y el segundo que será de 1:16.

#### Primer nivel

$$\textit{Velocidad Máxima Downlink} = \frac{2.488 \text{ Gbps}}{8 \text{ clientes}}$$

$$\textit{Velocidad Máxima Downlink} = 311 \text{ Mbps}$$

$$\textit{Velocidad Máxima Uplink} = \frac{2.488 \text{ Gbps}}{8 \text{ clientes}}$$

$$\textit{Velocidad Máxima Uplink} = 311 \text{ Mbps}$$

## Segundo nivel

$$\textit{Velocidad Máxima Downlink} = \frac{311 \textit{ Mbps}}{16 \textit{ clientes}}$$

$$\textit{Velocidad Máxima Downlink} = 19.4375 \textit{ Mbps}$$

$$\textit{Velocidad Máxima Uplink} = \frac{311 \textit{ Mbps}}{16 \textit{ clientes}}$$

$$\textit{Velocidad Máxima Uplink} = 19.4375 \textit{ Mbps}$$

Realizados los cculos se estima que para cada cliente habrá un ancho de banda máximo de 19.4375 Mbps en downlink y en uplink.

### 3.3 Diseño de la red

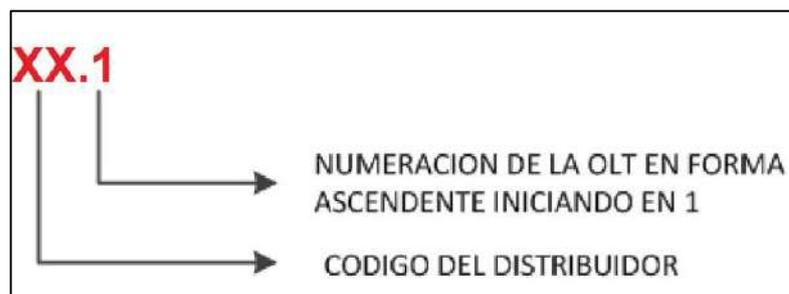
Cumpliendo con los objetivos de nuestro proyecto técnico se ha desarrollado el diseño de una red FTTH en el sector Tolloloma y sus alrededores, con la finalidad de brindar el servicio de internet a los habitantes del sector, para certificar nuestro trabajo hemos seleccionado el estandar G.984.x, que servirá para garantizar un trabajo de calidad, además se ha realizado el estudio y análisis de diferentes estandares, recomendaciones o normativas de diferentes instituciones y organismos, tanto nacionales como internacionales, que se encuentren vigentes en el campo de las telecomunicaciones.

El diseño se lo ha realizado en el software AutoCAD 2021, dentro de él se encuentra la distribución de: red, cajas manga, cajas NAP, empales y la ubicación de los clientes.

#### 3.3.1 Diseño de la Red Feeder

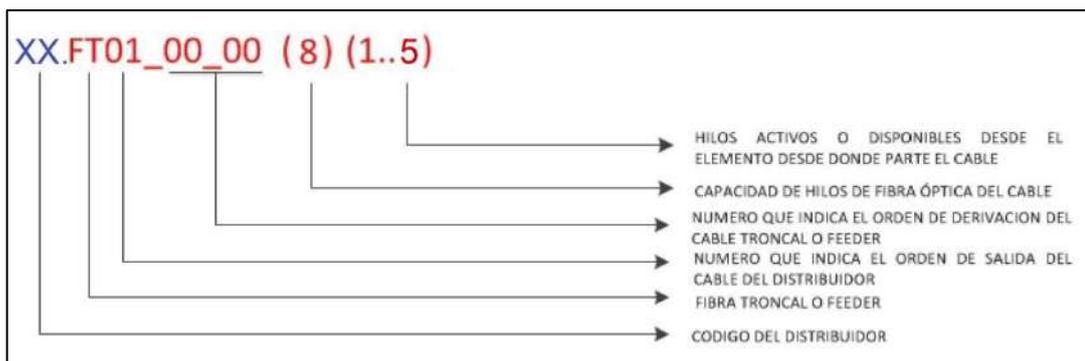
En el diseño de la Red Feeder o Red Troncal se ha usado el cable de fibra óptica de tipo figure 8 que se encuentra calificado por el estandar G.657.A2, posee una capacidad de 8 hilos, el recorrido más óptimo se lo ha escogido tomando en cuenta distintos factores que pueden ser beneficiosos o perjudiciales al momento de la implementación. Todo el tendido de la Red Feeder se lo hará de forma aérea por medio de postes en su mayor parte de la EERSA, algunos pertenecen a la CNT-EP y en ciertos tramos se han debido plantar postes para llegar al destino.

La Red Feeder va a partir de la Planta Interna instalada en la Sucursal localizada en Cajabamba, dentro de ella se encuentran la OLT y la ODF, de esta última saldrá el cable Feeder hacia el poste P01 en donde se da el inicio el tendido de la fibra para posteriormente distribuirla a cada una de las mangas troncales. Se ha escogido solamente cinco cables de la Fibra Troncal que serán los encargados de otorgar el servicio a los usuarios, posteriormente se podrá utilizar los demás de acuerdo a la demanda de clientes que exista. La distribución de la fibra troncal a las mangas se lo hace por medio del sangrado o derivación del Feeder principal. La codificación de los elementos está basada en la normativa de la CNT-EP. La nomenclatura de la OLT será XX.1, mientras tanto que la red troncal estará codificada como FT\_01\_00\_00(8)(1..5), en las figuras 11-3 y 12-3, se describe el significado de cada una de las codificaciones asignadas:



**Figura 11-3:** Código OLT

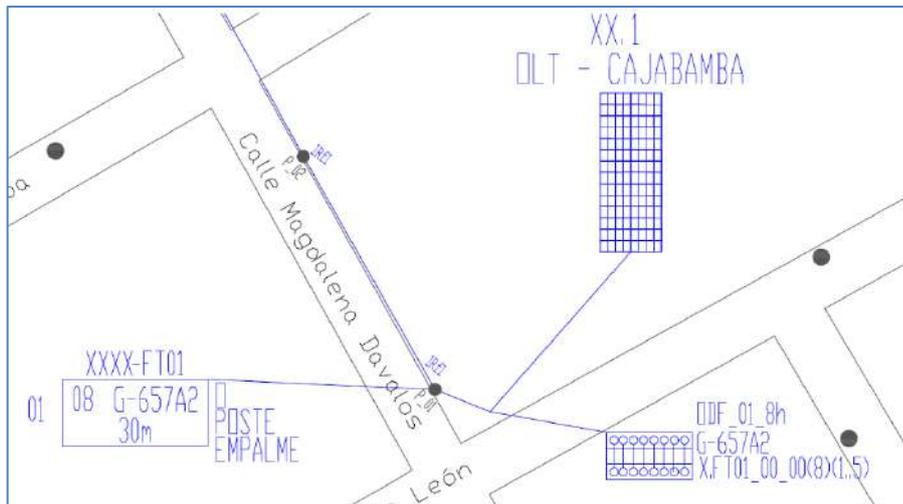
Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)



**Figura 12-3:**Código Cable Feeder

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

En la figura 13-3 se observa la ubicación de la OLT y la ODF que se encuentran dentro de la planta interna de la red, dando inicio al tendido de la fibra troncal y sus posteriores derivaciones.

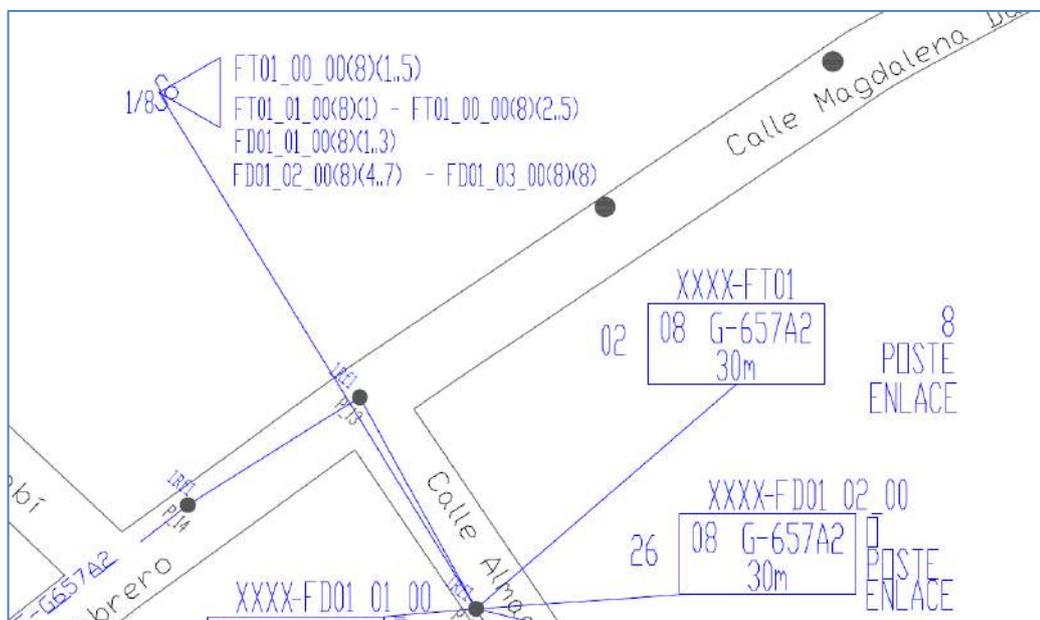


**Figura 13-3: Planta Interna Cajabamba**

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

### 3.3.1.1 Derivación de la Fibra Troncal en la Zona I

La fibra troncal en la primera zona será derivada para una manga troncal denominada como MT01 ubicada en el poste P12, en ella ingresa el cable Feeder FT01\_00\_00(8)(1.5), el primer hilo de la derivación es el FT01\_01\_00 (8)(1) y se quedará en Cajabamba para su posterior distribución. Después de haber realizado la primera derivación, el cable Feeder va a continuar el tendido con el FT01\_00\_00(8)(2..5). La caja manga MT01 y lo explicado anteriormente se puede observar en la figura 14-3:



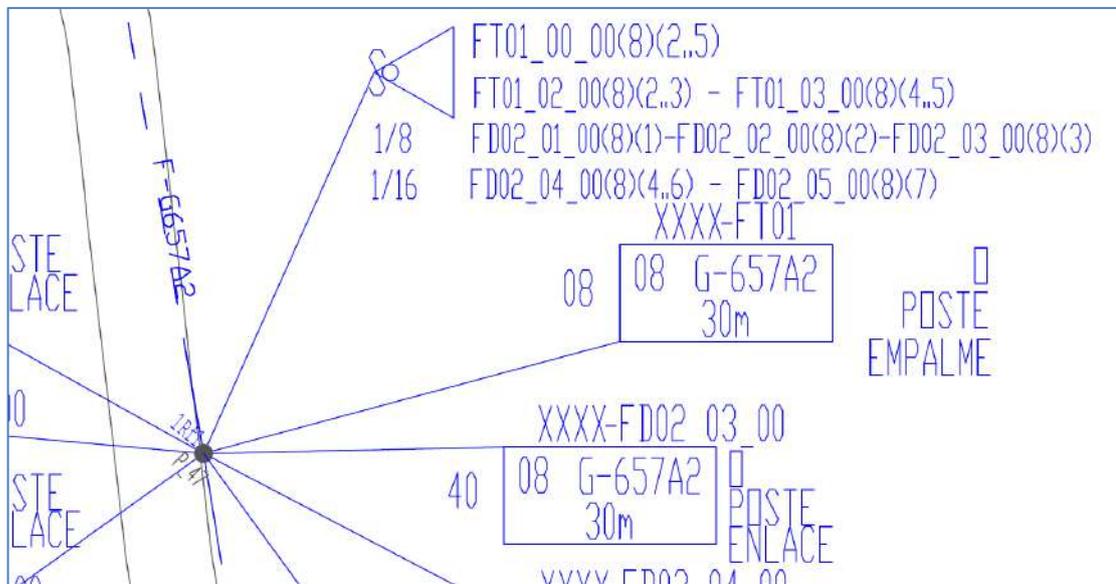
**Figura 14-3: MT01**

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

### 3.3.1.2 Derivación de la Fibra Troncal en la Zona II

El cable Feeder FT01\_00\_00(8)(2..5) llega al poste P47 que se encuentra en el sector de Sicalpa Viejo, en este punto se realizan dos derivaciones. La derivación FT01\_02\_00(8)(2..3) será para la segunda zona y la derivación FT01\_03\_00(8)(4..5) pertenece a la tercera zona. La fibra troncal FT01\_02\_00(8)(2..3) tiene dos derivaciones codificadas como FT01\_02\_01(8)(2) y FT01\_02\_02(8)(3).

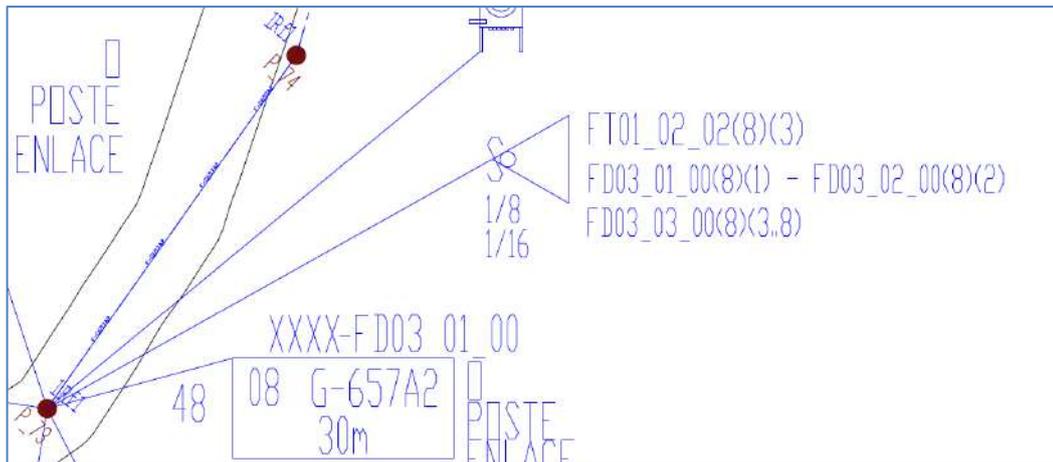
En el sector de Sicalpa Viejo se realiza la derivación FT01\_02\_01(8)(2) que pertenece al segundo hilo de la red troncal que llega desde la MT01, se la ubica en el poste P47 dentro de la MT02 en donde posteriormente se hará la distribución a las cajas NAP respectivas, esto lo observamos en la figura 15-3:



**Figura 15-3:** MT02

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

La derivación FT\_01\_02\_02(8)(3) es realizada en el sector del Resen, el cable Feeder que llega a este lugar es el tercer hilo de la red troncal y se lo coloca en el poste P73 dentro de la MT03, posteriormente dentro de la manga troncal se hará la distribución para las cajas NAP, en la figura 16-3 se observa esta derivación:

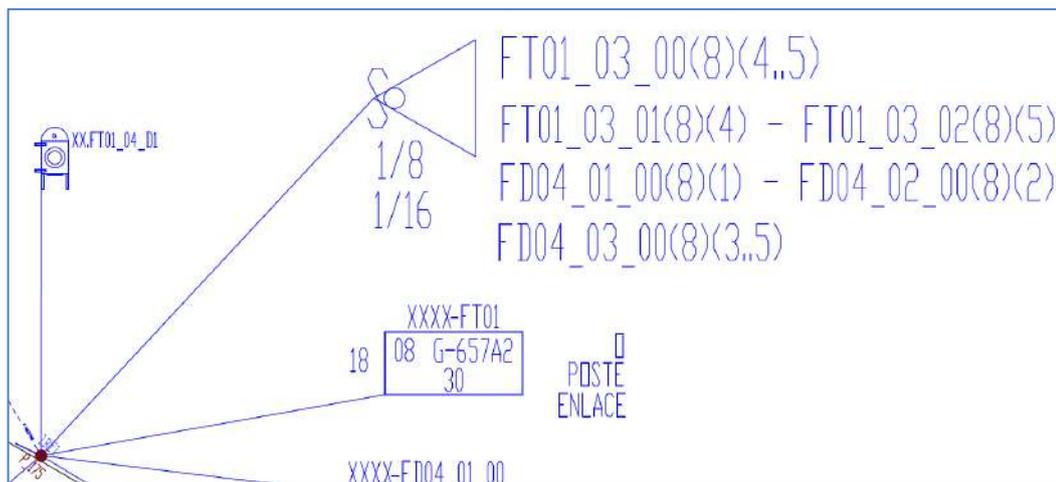


**Figura 16-3: MT03**

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

### 3.3.1.3 Derivación de la Fibra Troncal en la Zona III

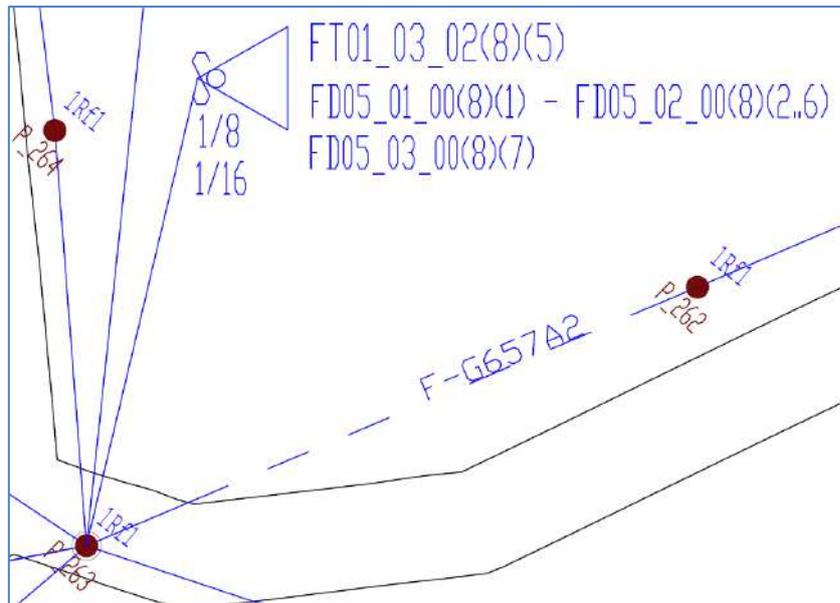
De acuerdo a lo planificado el cable Feeder FT01\_03\_00(8)(4..5) llega al sector de Tolloloma y se lo ubica en el poste P175 dentro de la manga troncal MT04, se produce la derivación del cuarto hilo de la red troncal, identificándose como FT01\_03\_01(8)(4), este proceso puede ser analizado en la figura 17-3.



**Figura 17-3: MT04**

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

El quinto hilo de la red troncal identificado como FT01\_03\_00 (8)(5) llega al poste P263 en donde se coloca la MT05, en donde realizamos su derivación para obtener el cable FT01\_03\_02(8)(5), el mismo que se distribuirá a las cajas NAP en el último tramo de la tercera zona, en la figura 18-3 se representa la quinta manga troncal.



**Figura 18-3: MT05**

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

### 3.3.2 Diseño de la Red de distribución

En la red de distribución se ha seleccionado el mismo cable de la red Feeder. Esta red inicia en las mangas troncales que se formaron de las distintas derivaciones de la red Feeder, cada hilo de la red troncal permitirá conectar 8 cajas NAP cumpliendo con el primer nivel de splitteo.

#### 3.3.2.1 Red de distribución Zona I

En la Zona I esta una manga troncal la MT01 con un solo hilo de la red troncal específicamente el de color azul denominado como FT01\_01\_00 (8)(1) del cual se obtendrán 8 cajas NAP las mismas que se han distribuido estratégicamente en Cajabamba. En la MT01 se hace la distribución de la red, la misma que cuenta con tres derivaciones con el objetivo de conectar correctamente las cajas NAP del sector, los hilos de distribución se pueden observar en la figura 14-3 y se los ha denominado como:

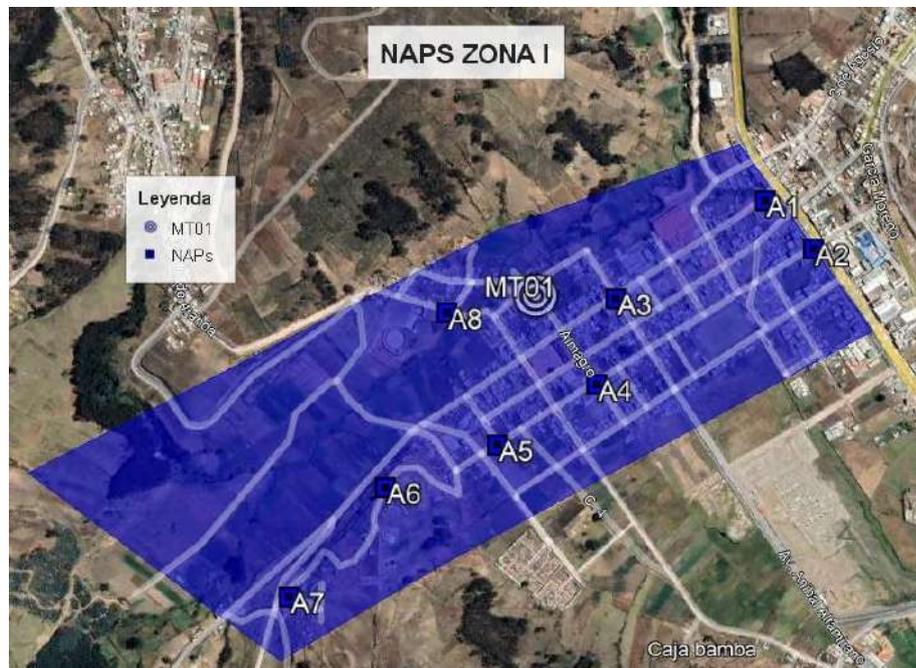
- FD01\_01\_00(8)(1..3)
- FD01\_02\_00(8)(4..7)
- FD01\_03\_00(8)(8)

En la tabla 13-3 se encuentra detallado la codificación y ubicación de cada una de las cajas NAP de la primera zona, mientras que en la figura 19-3 observaremos la manga troncal y la distribución de sus cajas NAP.

**Tabla 13-3:** Cajas NAP MT01

CAJAS NAP MT01				
Hilo de Distribución	Color de Hilo	Coordenadas geográficas		Codificación
		Latitud	Longitud	
FD01_01_01(8)(1)	AZUL	1°42'1.21"S	78°46'17.65"O	XX.FT01_01_A1
FD01_01_02(8)(2)	NARANJA	1°42'4.50"S	78°46'14.67"O	XX.FT01_01_A2
FD01_01_03(8)(3)	VERDE	1°42'7.12"S	78°46'27.57"O	XX.FT01_01_A3
FD01_02_01(8)(4)	CAFÉ	1°42'12.62"S	78°46'29.08"O	XX.FT01_01_A4
FD01_02_02(8)(5)	GRIS	1°42'16.24"S	78°46'35.68"O	XX.FT01_01_A5
FD01_02_03(8)(6)	BLANCO	1°42'18.65"S	78°46'43.05"O	XX.FT01_01_A6
FD01_02_04(8)(7)	ROJO	1°42'25.46"S	78°46'49.61"O	XX.FT01_01_A7
FD01_03_00(8)(8)	NEGRO	1°42'7.49"S	78°46'38.53"O	XX.FT01_01_A8

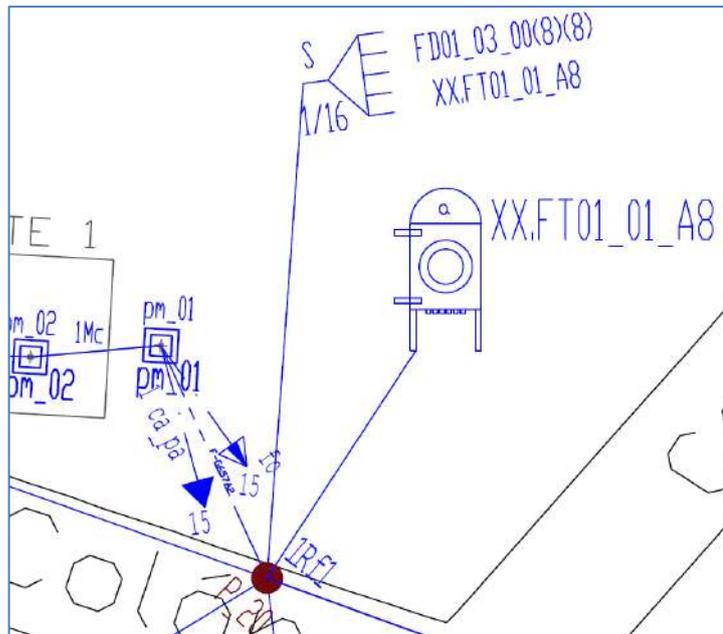
Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)



**Figura 19-3:** NAPS MT01

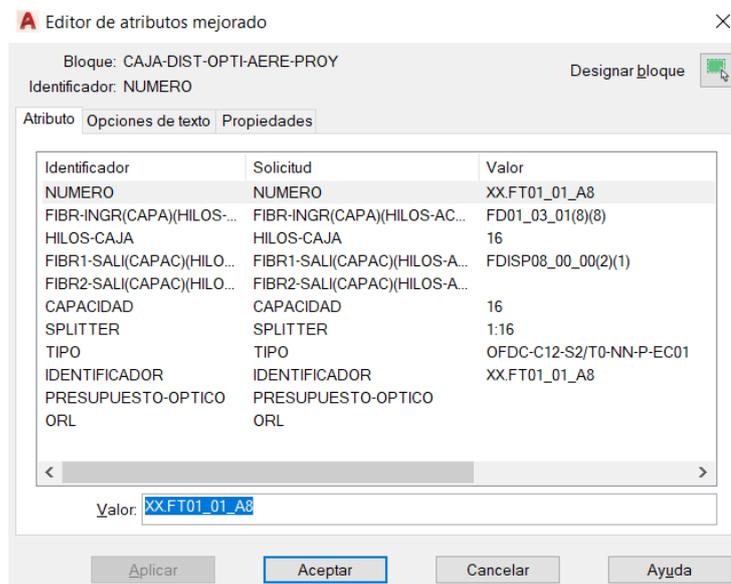
Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

En cada una de las cajas NAP se fusionará el hilo proveniente de la caja manga con un splitter de 1:16 correspondiente al segundo nivel de splitteo, en este caso se utilizan todos los hilos del primer nivel de splitteo, en la figura 20-3 observamos la representación de la caja NAP más cercana de la MT01 las misma que está representada como XX.FT01\_01\_A8, y en la figura 21-3 se especifican los atributos que se le ha entregado:



**Figura 20-3:** NAP MT01 más cercana

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)



**Figura 21-3:** Atributos NAP MT01 más cercana

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

### 3.3.2.2 Red de distribución Zona II

En la segunda zona están distribuidas dos cajas manga MT02 y la MT03, cada una tiene un solo hilo de la red troncal, en la primera el hilo naranja codificado como FT\_01\_02\_01(8)(2), mientras que en la segunda el hilo verde FT\_01\_02\_02(8)(3).

De la MT02 se obtendrán 7 cajas NAP considerando que la zona cuenta con habitantes que no desean contar del servicio por el momento y queda pendiente una caja como reserva para cuando la demanda aumente, estas cajas serán distribuidas en los siguientes sectores: Sicalpa Viejo Barrio Central, Sicalpa Huiñatuz, Sicalpa LigLig, Sicalpa Anita, Sicalpa San Francisco y Sicalpito.

La distribución de MT02 cuenta con cinco derivaciones con el objetivo de conectar correctamente las cajas NAP, las derivaciones de los hilos de distribución se observan en la figura 15-3, y se las ha identificado como:

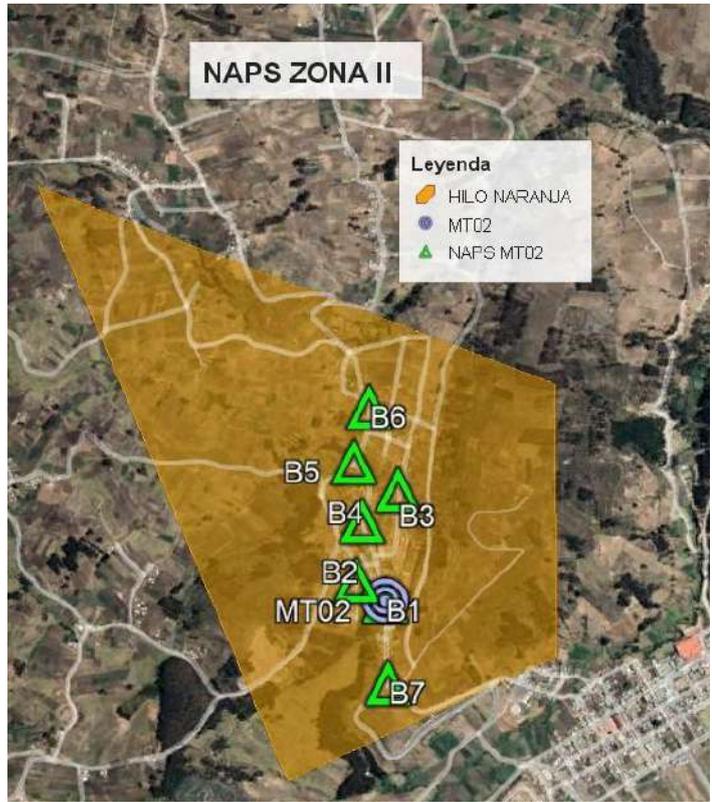
- FD02\_01\_00(8)(1)
- FD02\_02\_00(8)(2)
- FD02\_03\_00(8)(3)
- FD02\_04\_00(8)(4..6)
- FD02\_05\_00(8)(7)

En la tabla 14-3 se encuentra detallado la codificación y ubicación de cada una de las cajas NAP de la MT02 correspondiente a la Zona II, mientras que en la figura 22-3 observaremos la manga troncal y la distribución de sus cajas NAP.

**Tabla 14-3:** Cajas NAP MT02

<b>CAJAS NAP MT02</b>				
<b>Hilo de Distribución</b>	<b>Color de Hilo</b>	<b>Coordenadas geográficas</b>		<b>Codificación</b>
		<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	
FD02_01_00(8)(1)	AZUL	1°41'57.78"S	78°46'55.81"O	XX.FT01_02_B1
FD02_02_00(8)(2)	NARANJA	1°41'55.63"S	78°46'58.89"O	XX.FT01_02_B2
FD02_03_00(8)(3)	VERDE	1°41'45.96"S	78°46'54.44"O	XX.FT01_02_B3
FD02_04_01(8)(4)	CAFÉ	1°41'49.32"S	78°46'58.25"O	XX.FT01_02_B4
FD02_04_02(8)(5)	GRIS	1°41'42.97"S	78°46'59.16"O	XX.FT01_02_B5
FD02_04_03(8)(6)	BLANCO	1°41'37.08"S	78°46'57.55"O	XX.FT01_02_B6
FD02_05_00(8)(7)	ROJO	1°42'6.53"S	78°46'55.51"O	XX.FT01_02_B7

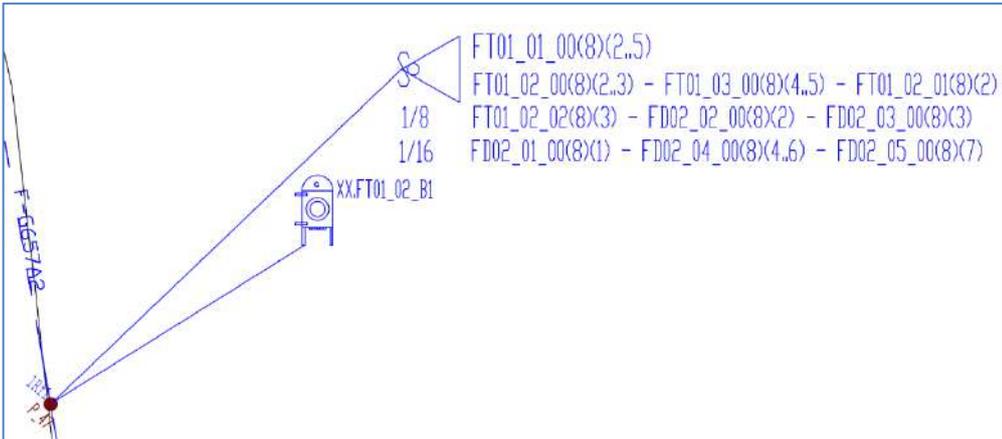
Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)



**Figura 22-3: NAPS MT02**

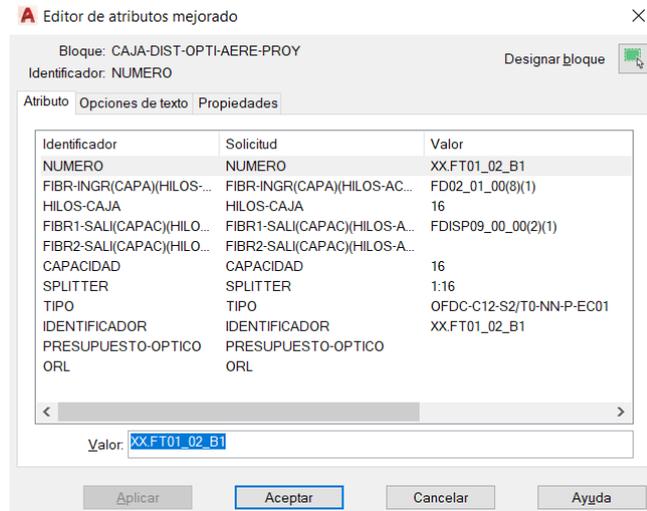
Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

En cada una de las cajas NAP se fusionará el hilo proveniente de la caja manga MT02 con un splitter de 1:16 correspondiente al segundo nivel de splitteo, en este caso se utilizaran siete hilos de la manga correspondiente, en la figura 23-3 podemos observar la caja NAP más cercana de la manga correspondiente, en la figura 23-3 podemos observar la caja NAP más cercana de la MT02 la misma que está representada como XX.FT01\_02\_B1, y en la figura 24-3 se especifican los atributos que se le ha entregado:



**Figura 23-3: NAP MT02 más cercana**

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)



**Figura 24-3:** Atributos NAP MT02 más cercana

**Realizado por:** (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

De la MT03 se han obtenido 8 cajas NAP que fueron distribuidas en los sectores de Guerra Loma, Rayo Loma, Cruz Loma, El Resen y Chiquicas, el área de cobertura es superior a la anterior por lo que se ha considerado dejar ocupadas todas las cajas NAP posibles. La red de distribución de la MT03 tiene tres derivaciones principales, esto se ha realizado con el objetivo de conectar correctamente las cajas NAP, las derivaciones de los hilos de distribución se pueden observar en la figura 16-3 y se las ha codificado como:

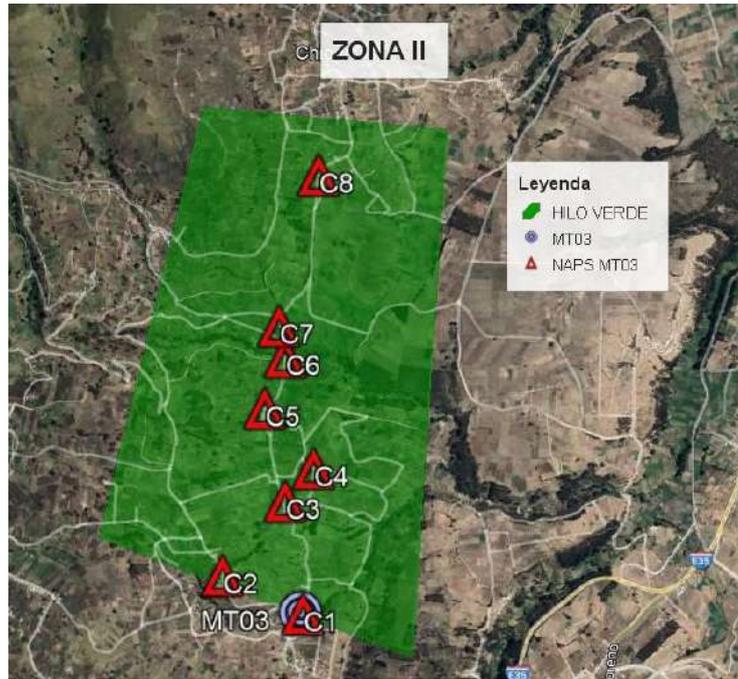
- FD03\_01\_00(8)(1)
- FD03\_02\_00(8)(2)
- FD03\_03\_00(8)(3..8)

En la tabla 15-3 se encuentra detallado la codificación y ubicación de cada una de las cajas NAP de la MT03 correspondiente a la Zona II, mientras que en la figura 25-3 observaremos la manga troncal y la distribución de sus cajas NAP.

**Tabla 15-3:** Cajas NAP MT03

CAJAS NAP MT03				
Hilo de Distribución	Color de Hilo	Coordenadas geográficas		Codificación
		Latitud	Longitud	
FD03_01_00(8)(1)	AZUL	1°41'26.60"S	78°46'57.01"O	XX.FT01_03_C1
FD03_02_00(8)(2)	NARANJA	1°41'19.71"S	78°47'11.32"O	XX.FT01_03_C2
FD03_03_01(8)(3)	VERDE	1°41'6.42"S	78°47'0.21"O	XX.FT01_03_C3
FD03_03_02(8)(4)	CAFÉ	1°41'0.53"S	78°46'55.14"O	XX.FT01_03_C4
FD03_03_03(8)(5)	GRIS	1°40'49.76"S	78°47'3.82"O	XX.FT01_03_C5
FD03_03_04(8)(6)	BLANCO	1°40'40.58"S	78°47'0.20"O	XX.FT01_03_C6
FD03_03_05(8)(7)	ROJO	1°40'34.99"S	78°47'1.28"O	XX.FT01_03_C7
FD03_03_06(8)(8)	NEGRO	1°40'7.93"S	78°46'54.26"O	XX.FT01_03_C8

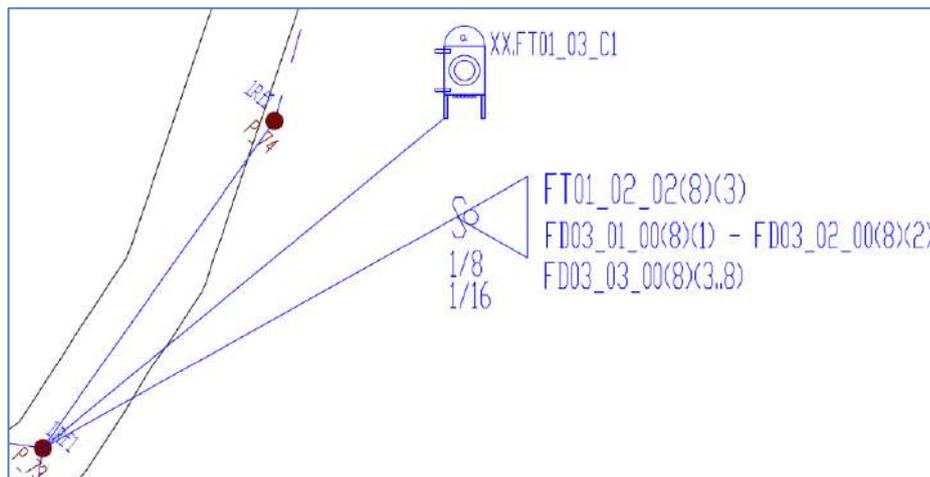
**Realizado por:** (Sánchez D.; Colcha L. 2021)



**Figura 25-3: NAPS MT03**

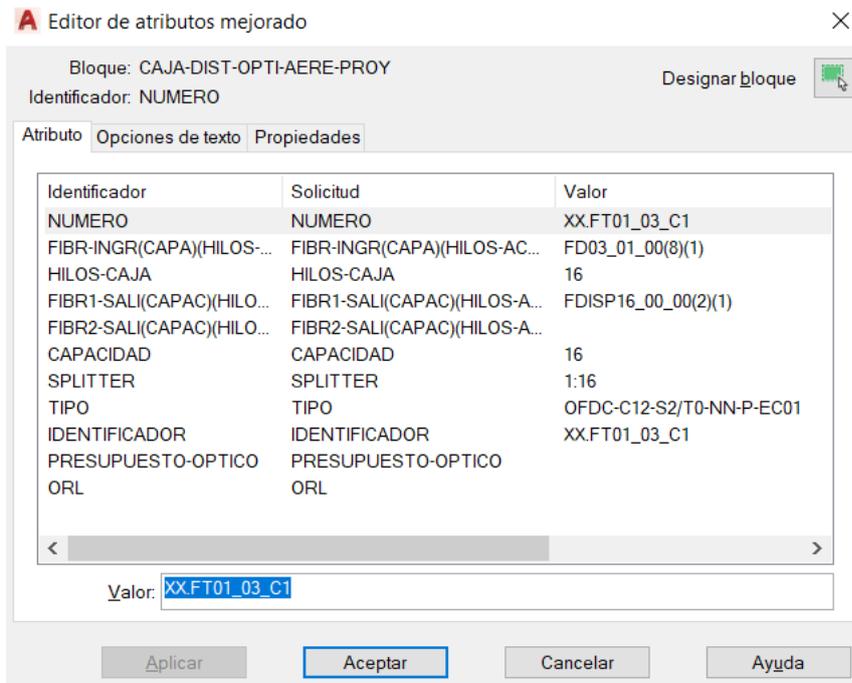
Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

En todas las cajas NAP estarán fusionados un hilo proveniente de la caja manga MT03 con un splitter de 1:16 correspondiente al segundo nivel de splitteo, en la figura 26-3 se muestra la NAP XX.FT01\_03\_C1 que fue instalada conjuntamente con la MT03 con el objetivo de reducir costos de instalación, y en la figura 27-3 se especifican los atributos que se le ha entregado:



**Figura 26-3: NAP MT03 más cercana**

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)



**Figura 27-3:** Atributos NAP MT03 más cercana

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

### 3.3.2.3 Red de distribución Zona III

La tercera zona cuenta con dos cajas manga MT04 y MT05, cada una tiene un solo hilo de la red troncal, en la primera el hilo café codificado como FT\_01\_03\_01(8)(4), mientras que en la segunda el hilo gris denominado FT01\_03\_02(8)(5).

De la MT04 se obtendrán 5 cajas NAP considerando que la zona cuenta con un número reducido de habitantes y además cierto porcentaje no desean contar del servicio por el momento, debido a ello quedan pendiente tres cajas de reserva para cuando la demanda de clientes aumente.

La distribución de MT04 cuenta con tres derivaciones, para que la red se pueda distribuir de mejor forma. Las derivaciones de los hilos de distribución se observan en la figura 17-3, y se las ha identificado como:

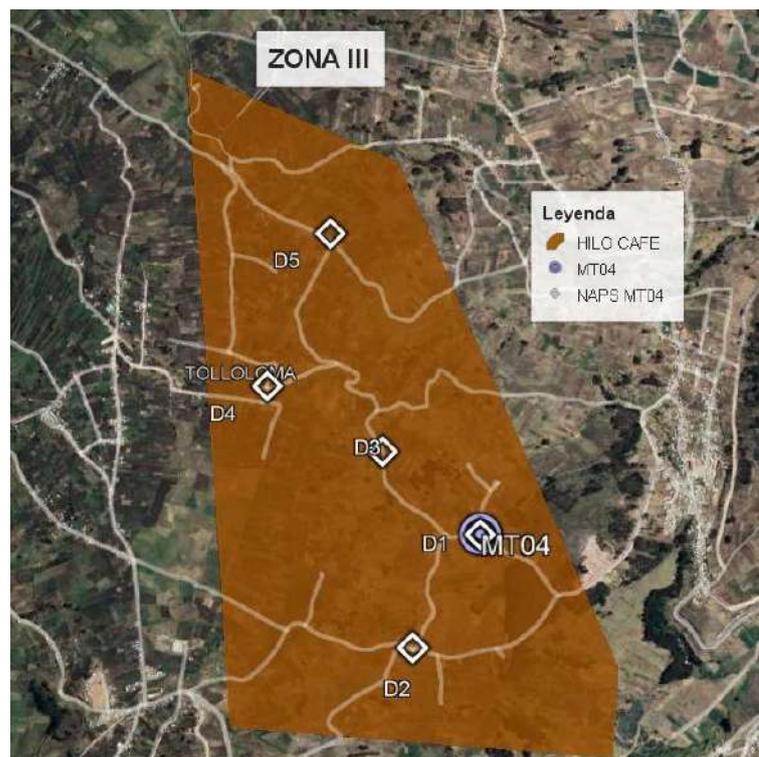
- FD04\_01\_00(8)(1)
- FD04\_02\_00(8)(2)
- FD04\_03\_00(8)(3..5)

En la tabla 16-3 se encuentra detallado la codificación y ubicación de cada una de las cajas NAP de la MT04 correspondiente a la Zona III, mientras que en la figura 28-3 observaremos la manga troncal y la distribución de sus cajas NAP.

**Tabla 16-3:** Cajas NAP MT04

CAJAS NAP MT04				
Hilo de Distribución	Color de Hilo	Coordenadas geográficas		Codificación
		Latitud	Longitud	
FD04_01_00(8)(1)	AZUL	1°42'0.67"S	78°47'22.85"O	XX.FT01_04_D1
FD04_02_00(8)(2)	NARANJA	1°42'14.54"S	78°47'31.18"O	XX.FT01_04_D2
FD04_03_01(8)(3)	VERDE	1°41'50.33"S	78°47'34.99"O	XX.FT01_04_D3
FD04_03_02(8)(4)	CAFÉ	1°41'42.08"S	78°47'49.42"O	XX.FT01_04_D4
FD04_03_03(8)(5)	GRIS	1°41'22.55"S	78°47'41.72"O	XX.FT01_04_D5

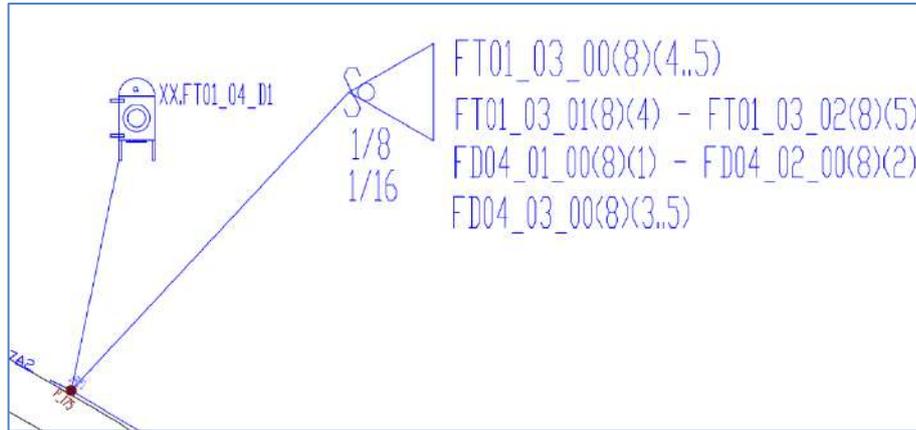
Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)



**Figura 28-3:** NAPS MT04

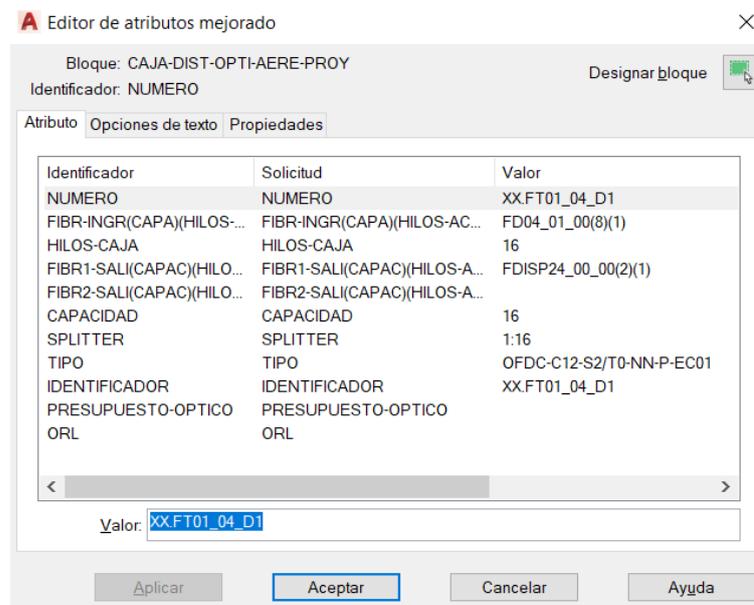
Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

En cada una de las cinco cajas NAP activas se ha fusionado un hilo proveniente de la caja manga MT04 con un splitter de 1:16 correspondiente al segundo nivel de splitteo, en la figura 29-3 se muestra la NAP XX.FT01\_04\_D1 que se la instaló conjuntamente con la MT04 para reducir costos de instalación, y en la figura 30-3 se especifican los atributos que se le ha entregado:



**Figura 29-3:** NAP MT04 más cercana

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)



**Figura 30-3:** Atributos NAP MT04 más cercana

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

Finalmente, en la MT05 se han distribuido 7 cajas NAP que se colocaron principalmente en la parte central del sector Tolloloma, en esta manga troncal se ha dejado una caja de reserva debido a que con la instalación de las 7 es suficiente para cubrir esta zona y la restante pueda servir a futuro la demanda de clientes aumente. La red de distribución de la MT05 cuenta con tres derivaciones principales, esto se ha realizado con el objetivo de conectar correctamente las cajas NAP, las derivaciones de los hilos de distribución se pueden observar en la figura 18-3 y se las ha codificado como:

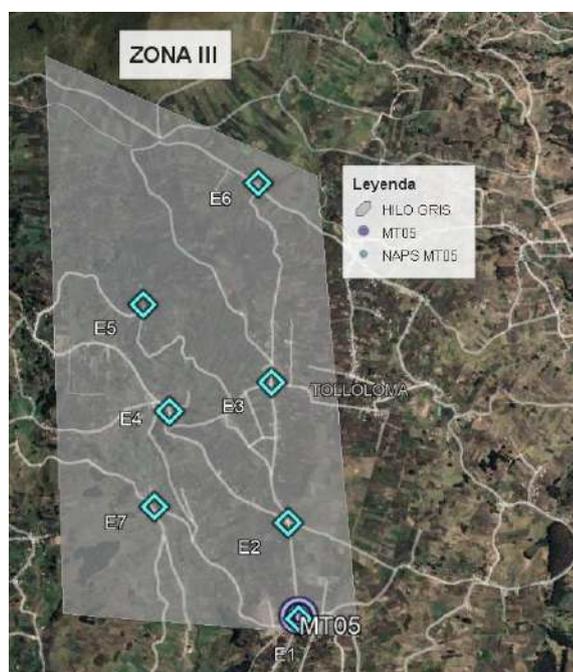
- FD05\_01\_00(8)(1)
- FD05\_02\_00(8)(2)
- FD05\_03\_00(8)(3..7)

En la tabla 17-3 se encuentra detallado la codificación y ubicación de cada una de las cajas NAP de la MT03 correspondiente a la Zona II, mientras que en la figura 31-3 observaremos la manga troncal y la distribución de sus cajas NAP.

**Tabla 17-3:** Cajas NAP MT05

CAJAS NAP MT05				
Hilo de Distribución	Color de Hilo	Coordenadas geográficas		Codificación
		Latitud	Longitud	
FD05_01_00(8)(1)	AZUL	1°42'20.96"S	78°48'3.77"O	XX.FT01_05_E1
FD05_02_00(8)(2)	NARANJA	1°42'4.20"S	78°48'5.63"O	XX.FT01_05_E2
FD05_03_01(8)(3)	VERDE	1°41'39.15"S	78°48'8.57"O	XX.FT01_05_E3
FD05_03_02(8)(4)	CAFÉ	1°41'44.34"S	78°48'26.84"O	XX.FT01_05_E4
FD05_03_03(8)(5)	GRIS	1°41'24.98"S	78°48'31.78"O	XX.FT01_05_E5
FD05_03_04(8)(6)	BLANCO	1°41'2.44"S	78°48'11.07"O	XX.FT01_05_E6
FD05_03_05(8)(7)	ROJO	1°42'1.37"S	78°48'29.31"O	XX.FT01_05_E7

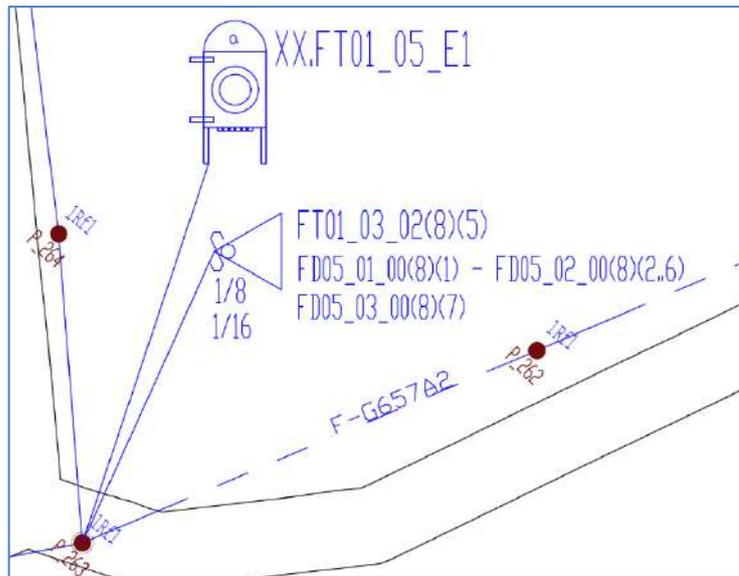
Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)



**Figura 31-3:** NAPS MT05

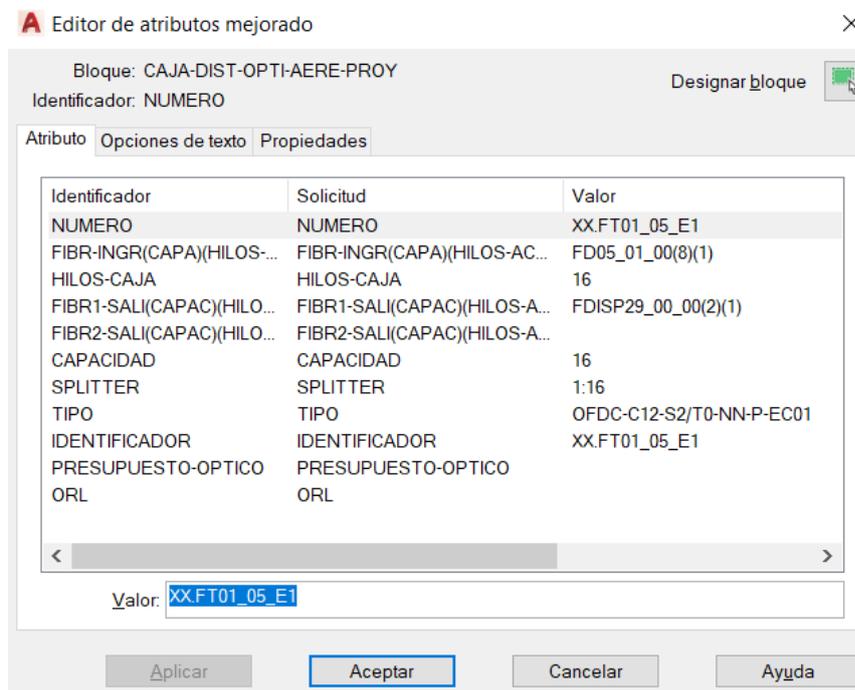
Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

Las siete cajas NAP activas en su interior tendrán la fusión de un hilo proveniente de la caja manga MT05 con un splitter de 1:16 completando el segundo nivel de splitteo, en la figura 32-3 se muestra la NAP XX.FT01\_05\_E1 que fue instalada conjuntamente con la MT03 con la finalidad de disminuir los costos de instalación, mientras que en la figura 33-3 se especifican los atributos que se le ha entregado:



**Figura 32-3:** NAP MT05 más cercana

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)



**Figura 33-3:** Atributos NAP MT05 más cercana

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

### 3.3.3 Red de Dispersión

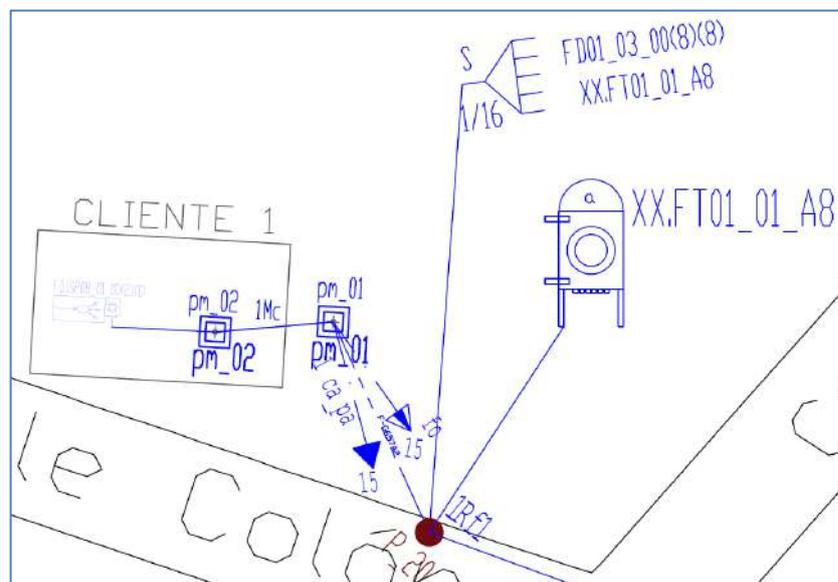
La red de dispersión se realizó con cable figure 8 G.657.A de dos hilos, esta porción de red inicia en cada una de las cajas NAP o cajas de distribución donde cada una permitirá brindar el servicio a un máximo de 16 clientes. El cable que sale desde la caja llega hacia la ubicación del cliente e

ingresa al hogar en su mayoría por medio de postes de mano para cuidar el cable, dentro de la edificación se fusionará con el pigtail de la roseta óptica y finalmente el pigtail será conectado a la ONT del abonado. Con el objetivo de garantizar un servicio eficiente y de calidad, guiándonos en los estándares vigentes de los diferentes institutos y organismos de telecomunicaciones se ha utilizado acopladores, conectores, pigtails y splitters tipo SC/APC.

A continuación, se hará una descripción del cliente más cercano de cada una de las cajas manga:

### 3.3.3.1 Red de dispersión Zona I

En la primera zona se encuentra instalada una sola caja manga, de la que se han obtenido 8 cajas de distribución, la más cercana es la XX.FT01\_01\_A8 y de esta se ha designado el cable FDISP\_8\_01\_00(2)(1) para brindar de servicio al cliente más cercano a la caja NAP, al que lo hemos llamado como Cliente 1 y se puede observar en la figura 34-3:

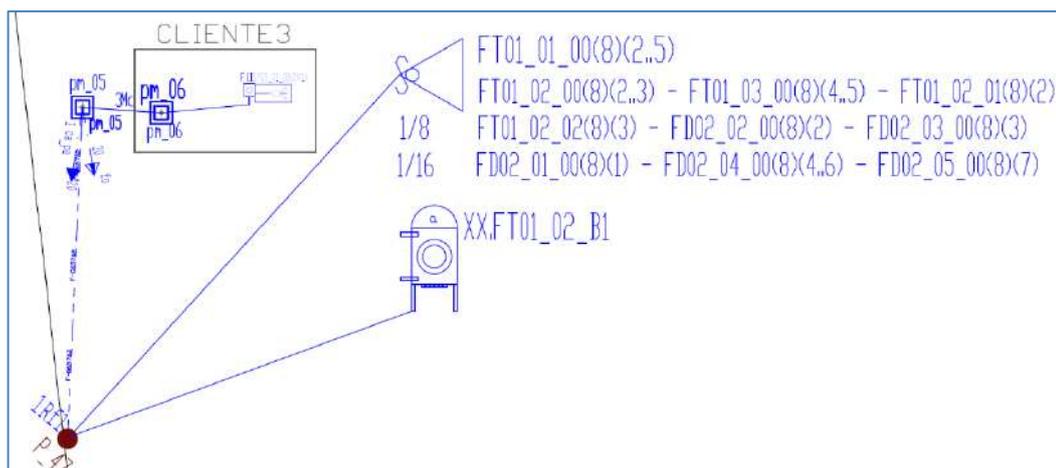


**Figura 34-3:** Cliente más cercano MT01

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

### 3.3.3.2 Red de dispersión Zona II

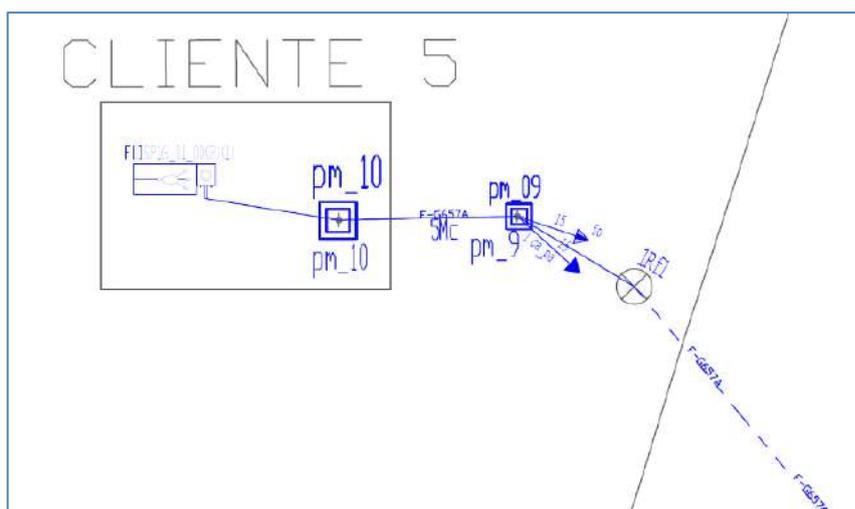
La zona II cuenta con dos mangas troncales, la primera es la MT02 de la que se han obtenido 7 cajas de distribución, la más cercana es la XX.FT01\_02\_B1 de la que se ha designado el cable FDISP09\_01\_00(2)(1) para brindar de servicio al cliente más cercano de esa NAP, al cual lo hemos llamado como Cliente 3 y se lo puede observar en la figura 35-3:



**Figura 35-3:** Cliente más cercano MT02

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

La segunda caja manga es la MT03 de la que se han obtenido 8 cajas de distribución, la más cercana es la XX.FT01\_03\_C1 de la que se ha designado el cable FDISP16\_01\_00(2)(1) para brindar de servicio al cliente más cercano de esa NAP, al cual lo hemos llamado como Cliente 5 y se lo puede observar en la figura 36-3:



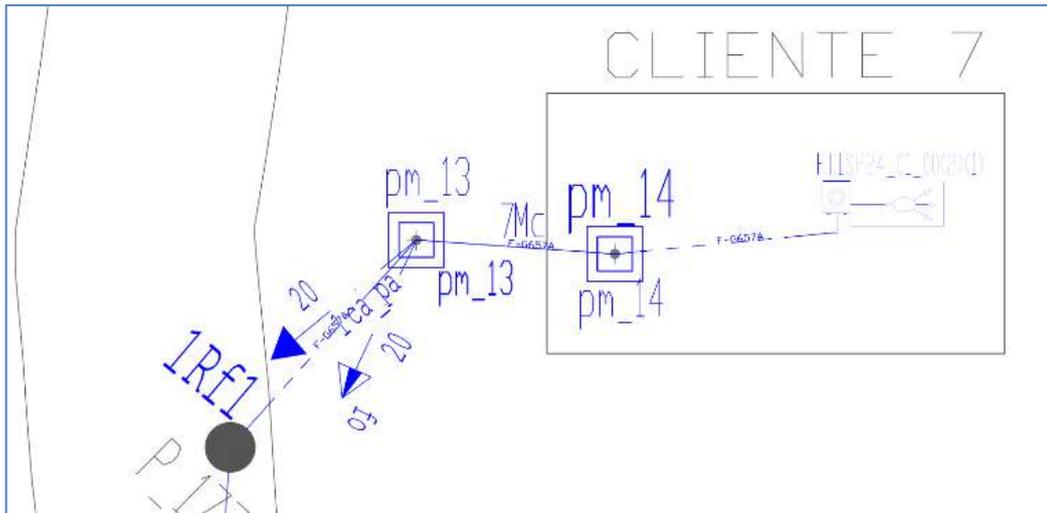
**Figura 36-3:** Cliente más cercano MT03

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

### 3.3.3.3 Red de dispersión Zona III

La tercera zona cuenta con dos mangas troncales, la primera es la MT04 de la que se han obtenido 5 cajas de distribución, la más cercana es la XX.FT01\_04\_D1 de la que se ha designado el cable

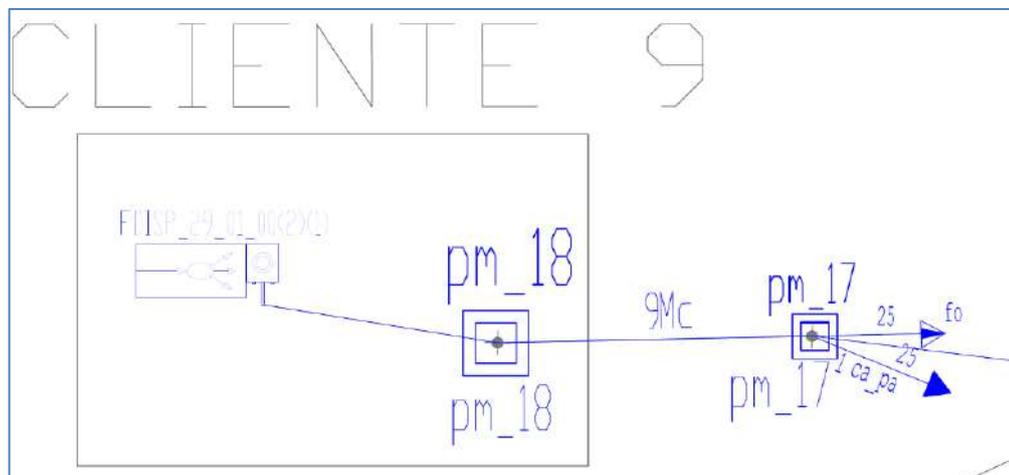
FDISP24\_01\_00(2)(1) para brindar de servicio al cliente más cercano de esa NAP, al cual lo hemos llamado como Cliente 7 y se lo puede observar en la figura 37-3:



**Figura 37-3:** Cliente más cercano MT04

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

La segunda caja manga de la tercera zona es la MT05 y de esta se han obtenido 7 cajas de distribución, la más cercana es la XX.FT01\_05\_E1 de la que se ha designado el cable FDISP29\_01\_00(2)(1) para brindar de servicio al cliente más cercano de esa NAP, al cual lo hemos llamado como Cliente 9 y se lo puede observar en la figura 38-3:

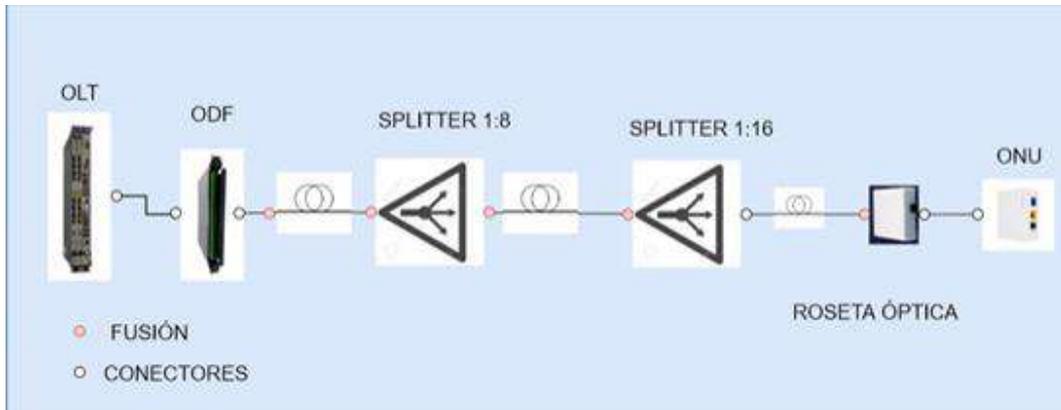


**Figura 38-3:** Cliente más cercano MT05

Realizado por: (Sánchez D.; Colcha L. 2021)

### 3.4 Presupuesto óptico

Para la elaboración del presupuesto óptico de la red GPON basada en el estándar ITU-T G.984.x, se empleará el modelo masivo/casas como se observa en la Figura 39-3 que esta creado por CNT.



**Figura 39-3:** Modelo masivos/casa

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

Se ha determinado un margen de seguridad de 2dB, en lo cual, la atenuación de la red ODN aumente, a causa de los cambios que se presenten en una futura expansión de la red, así mismo, la atenuación máxima de la red GPON no debe sobrepasar los 28dB, este valor está determinado en la normativa ITU-T G.984.2 la misma que limita los umbrales de la OLT y de la ONU.

En la tabla 18-3 se muestra los valores de atenuación de los elementos que se han utilizado en el diseño y la implementación de la red GPON, los mismos que serán utilizados para realizar los cálculos.

**Tabla 18-3:** Valores de atenuación de GPON

Elementos de la red	Atenuación (dB)
Conectores	<0.2
Fusión	0.01
Splitter 1:8	10.2
Splitter 1:16	13.5
Fibra Óptica ( $\lambda=1490\text{nm}$ )	0.22 dB/Km
Margen de seguridad	2

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

### Cálculo del usuario más lejano

El usuario más lejano está ubicado en la zona 3, a una distancia de 3.2 km de la OLT, en la cual para el diseño e implementación se tiene un total de 5 fusiones, 6 conectores, un splitter primario de 1:8 y un splitter secundario de 1:16.

Donde:

**$A_t$** : Atenuación total

**$A_f$** : Atenuación de la fibra

**$L_c$** : Perdidas por conectores

**$A_e$** : Atenuación de empalme

**$A_{SPL1}$** : Atenuación del splitter primario

**$A_{SPL2}$** : Atenuación del splitter secundario

**$MS$** : Margen de seguridad

$$A_t = A_f + L_c + A_e + A_{SPL1} + A_{SPL2} + MS$$
$$A_t(1490) = \left( 3.2 \text{ km} * 0.22 \frac{dB}{km} \right) + (6 * 0.2dB) + (5 * 0.1dB) + 10.2dB + 13.2dB + 2dB$$
$$A_t(1490) = 27.804dB$$

### Cálculo del usuario más cercano

El usuario más cercano se encuentra ubicado en la zona 1, a una distancia de 582 metros desde la OLT.

$$A_t(1490) = \left( 0.582km * 0.22 \frac{dB}{km} \right) + (6 * 0.2dB) + (5 * 0.1dB) + 10.2dB + 13.2dB + 2dB$$
$$A_t(1490) = 27.22804dB$$

### Balance óptico de potencia

Consiste en eludir sobrecargas de la potencia de la señal que se transmite por el sistema y así corroborar si los equipos son óptimos para realizar la implementación. La potencia que es recibida en el receptor depende directamente de la potencia de transmisión y las pérdidas que se presentan por los diversos componentes que se encuentran en la red, para el cálculo se utilizara la siguiente ecuación:

$$P_{Rx} \leq P_{Tx} - \alpha_{TOTAL}$$

Donde:

$P_{Rx}$ : Potencia mínima de sensibilidad de recepción del equipo

$P_{Tx}$ : Potencia máxima del transmisor óptico

$\alpha_{TOTAL}$ : Valor total de pérdidas

En la normativa ITU-T G.984.2 Clase B+, especifica la sensibilidad del receptor óptico con un valor de -28dBm y el valor máximo de potencia de transmisión en 5dBm, estos valores se emplearán para determinar el balance de potencia para el usuario más lejano, así como para el más cercano, como se muestra a continuación:

#### **Cálculo del balance de potencia del usuario más lejano**

La pérdida total de la red del usuario más lejano es de 27.804 dB, el mismo valor se utilizará para el cálculo de potencia como se puede observar a continuación:

$$-28dBm \leq 5dBm - 27.804dB$$

$$-28dBm \leq -22.804 dBm$$

Como se observa en la ecuación anterior los resultados calculados no exceden la sensibilidad de la recepción que está establecido en la recomendación ITU-T G.984.2 Clase B+.

#### **Cálculo del balance de potencia del usuario más cercano**

La pérdida total de la red del usuario más lejano es de 27.22804 dB, el mismo valor se utilizará para el cálculo de potencia como se puede observar a continuación:

$$-28dBm \leq 5dBm - 27.22804dB$$

$$-28dBm \leq -22.22804 dBm$$

Como se observa en la ecuación anterior los resultados calculados no exceden la sensibilidad de la recepción que está establecido en la recomendación ITU-T G.984.2 Clase B+.

### 3.5 Implementación de la Red

El trabajo de implementación se comenzó a realizar desde el mes de noviembre del año 2021 después de haber finalizado correctamente con la elaboración del diseño, todo el desarrollo de este trabajo tuvo una duración de dos meses para completar las instalaciones de la planta interna, externa que finaliza con la instalación de los clientes.

Para la implementación de la red se escogieron los equipos especificados en el apartado 3.5 de este trabajo de integración curricular, verificando que cumplan con los requisitos del estándar seleccionado.

#### 3.5.1 Instalación de la Planta Interna

La implementación de la red FTTH se dio inicio en la planta interna, dentro de ella se cuenta con un armario rack en el que se colocaran los distintos equipos de esta sección de la red, el rack instalado se puede observar en la figura 40-3.



**Figura 40-3:** Armario Rack – Sucursal Cajabamba

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

Se instaló el router “Cisco ISR 1100 Series” que fue entregado en forma de alquiler por parte del Proveedor de Servicio de Internet “Telconet” con quienes se realizó el contrato de un plan de 300Mb utilizado para brindar el servicio a nuestro sector de implementación. El router entregado por la empresa Telconet se conectó al router “Mikrotik Rb4011iGS+RM” propiedad de la

empresa Mundo-Tronic, dicha conexión fue realizada por medio de un cable 10 Gigabit ethernet como se observa en la figura 41-3.



**Figura 41-3:** Router Cisco ISR 1100 Series – Router Mikrotik Rb401 1iGS+RM

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

Posteriormente se realiza la conexión entre el Mikrotik y la OLT Huawei-MA5608T, el router cuenta con el puerto SFP+ mejor conocido como puerto GPON+ y por medio de él se enviará la señal de la información, este es conectado por medio de un cable SFP+10GigabitEthernet hacia el puerto 10GigabitEthernet de la OLT, la conexión se observa en la figura 42-3.



**Figura 42-3:** Conexión Router Mikrotik y OLT

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

La OLT se encarga de convertir las señales eléctricas recibidas a señales ópticas, a continuación, la Huawei-MA5608T se encarga de distribuir las señales ópticas por cada uno de sus puertos es por ello que para nuestro trabajo hemos utilizado 8 puertos del equipo para abastecer con la

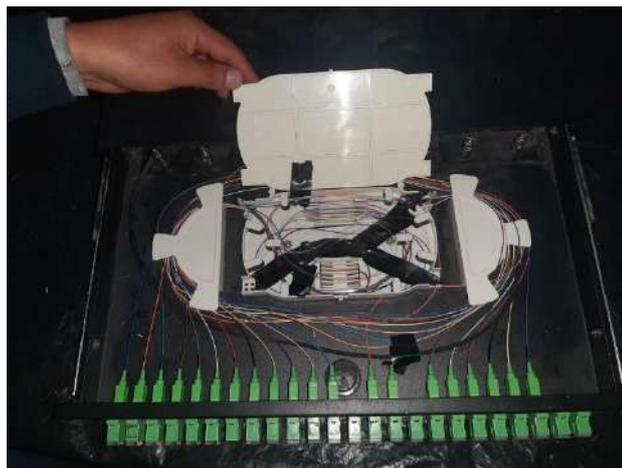
capacidad de la fibra seleccionada, cada uno de los 8 puertos seleccionados de la OLT son conectados a la ODF por medio de cables patchcord SC-APC/SC-UPC, esta conexión la mostramos a continuación en la figura 43-3:



**Figura 43-3:** Conexión OLT y ODF

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

Para finalizar con la implementación de la planta interna de la red se realiza los empalmes de cada uno de los pigtailed provenientes de los puertos de la ODF con los hilos que llegan de la fibra troncal, como se ha seleccionado una fibra G.657.A2 de 8 hilos entonces se conectarán 8 pigtailed de la ODF los mismos que previamente fueron conectados con la OLT. La ODF conectada con la fibra troncal se muestra en la figura 44-3.



**Figura 44-3:** Empalmes ODF y Fibra Troncal

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

Una vez colocados los equipos en el armario Rack de forma ordenada y posteriormente realizando las diferentes conexiones descritas anteriormente se ha finalizado con la implementación de la Planta Interna de nuestra red, el resultado de esta instalación se observa en la figura 45-3.



**Figura 45-3:** Planta Interna Cajabamba

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

### **3.5.2 Instalación de la Planta Externa**

La planta externa está formada por todos los equipos, materiales y elementos instalados fuera de la Planta Interna, cada una de las actividades realizadas en este tramo de la red se describe en el presente apartado.

#### **3.5.2.1 Plantación de postes**

Después de realizar la inspección del recorrido que seguirá nuestra red y contabilizando los postes que están plantados y pertenecen a la EERSA los mismos que están facultados para poder ser utilizados, se han encontrado diferentes tramos en los que no existen postes es por ello que se han tomado las coordenadas de los puntos en donde se debe realizar la plantación de los mismos.

Una vez reconocido los tramos en donde no existen postes, se ha contabilizado que se necesita plantar un total de 26 postes, se ha seleccionado que sean de material de madera con el objetivo de disminuir gastos y tiempo. Una vez adquiridos se procedió con el tratamiento a la madera, esto se realizó barnizando cada uno de los postes para que su tiempo de duración sea más extenso y además se reduzcan los daños que el ambiente pueda provocar.



**Figura 46-3:** Tratamiento de los postes de madera

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

Una vez preparados correctamente los postes se procede con la transportación desde la bodega ubicada en Riobamba hacia los sectores donde serán plantados. Una vez distribuidos en su ubicación se ha procedido a plantarlos, proceso que se observa en la figura 47-3.



**Figura 47-3:** Plantación de los postes de madera

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

### 3.5.2.2 Herrajes de postes

Una vez verificado que todo el recorrido de la red cuenta con postes para el tendido aéreo se procede con el proceso de colocar los herrajes en cada uno de ellos. Siguiendo la normativa de la

CNT E.P, los herrajes fueron colocados por debajo de los herrajes de las líneas telefónicas y eléctricas a una distancia de 20cm.

Para colocar el herraje se necesita de Cinta Max-band ½ de acero inoxidable para FTTH que va alrededor del poste, Hebillas ½ de acero inoxidable para ajustar la cinta, Herrajes tipo A de paso y Tensores plásticos figura 8 con gancho de acero. En cada poste se colocarán estos elementos que permiten fijar el cable de fibra.



**Figura 48-3:** Instalación de herrajes  
Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)



**Figura 49-3:** Herrajes implementados  
Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

### 3.5.2.3 Tendido de fibra

Después de haber colocado correctamente los herrajes en todos los postes, se procede con el tendido de la fibra óptica tomando en cuenta los parámetros establecidos por la normativa de la CNT EP, en las figuras 50-3 y 51-3 observamos parte del trabajo realizado para el tendido de la fibra en los diferentes tramos de nuestra red.



**Figura 50-3:** Tendido de fibra Sector  
Tolloloma  
Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)



**Figura 51-3:** Tendido de fibra Sector  
Sicalpa  
Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

### **3.5.2.3.1 Red Feeder**

El primer tramo de red consiste en el tendido de la red Feeder en el que se utilizó la fibra G.657.A2 de 8 hilos tomando en cuenta que todos estarán conectados, pero solo se pondrán en funcionamiento los cinco primeros y los otros tres serán distribuidos en un futuro de acuerdo al aumento de la demanda de clientes. La red troncal parte el tendido con la denominación FT\_01\_00\_00(8)(1..5), este cable sale desde el interior de la planta interna específicamente de la ODF a la que se encuentra conectado.

En el recorrido desde la sucursal de Cajabamba hasta el centro de Sicalpa Viejo se utilizó un carrete de fibra, a lo largo de este camino se hizo el sangrado de fibra del primer hilo para brindar el servicio de internet a Cajabamba, este hilo se denomina FT01\_01\_00 (8)(1).

En el punto final del primer carrete se realizan dos derivaciones de la fibra troncal cada una con dos hilos. En la primera derivación se registra el segundo y el tercer hilo de la fibra troncal los mismos que darán servicio a los sectores de Sicalpa Viejo Barrio Central, Sicalpa Huiñatuz, Sicalpa LigLig, Sicalpa Anita, Sicalpa San Francisco, Sicalpito, El Resen y Chiquicas, el segundo hilo se denomina FT\_01\_02\_01(8)(2), mientras que el tercero FT\_01\_02\_02(8)(3).

La tercera derivación de igual forma cuenta con dos hilos de fibra el cuarto y quinto de la red Feeder respectivamente y son los principales encargados de abastecer el servicio a Tolloloma y sus distintas localidades como Guerra Loma, Rayo Loma, Cruz Loma. El cuarto hilo de la red troncal recibe la denominación de FT\_01\_03\_01(8)(4) mientras que al quinto se lo conoce como FT\_01\_03\_02(8)(5).

### **3.5.2.3.2 Red de Distribución**

Para el tendido de la fibra en la red de distribución se utilizó igualmente el cable G.657.A2. De cada uno de los hilos de la red Feeder que se conectan a las cajas manga permite crear 8 redes de distribución diferentes que llegan a una NAP diferente, de acuerdo a lo que se estableció en el diseño se realizó la implementación y se han obtenido diferentes derivaciones de la red de distribución, en la tabla 19-3 se pueden observar las derivaciones realizadas por cada uno de los hilos que entrega la red Feeder.

**Tabla 19-3:** Derivaciones de la Fibra de Distribución

<b>Hilos Red Feeder</b>	<b>Derivaciones Red de Distribución</b>
FT01_01_00 (8)(1)	FD01_01_00(8)(1..3) FD01_02_00(8)(4..7) FD01_03_00(8)(8)
FT_01_02_01(8)(2)	FD02_01_00(8)(1) FD02_02_00(8)(2) FD02_03_00(8)(3) FD02_04_00(8)(4..6) FD02_05_00(8)(7)
FT_01_02_02(8)(3)	FD03_01_00(8)(1) FD03_02_00(8)(2) FD03_03_00(8)(3..8)
FT_01_03_01(8)(4)	FD04_01_00(8)(1) FD04_02_00(8)(2) FD04_03_00(8)(3..5)
FT_01_03_02(8)(5)	FD05_01_00(8)(1) FD05_02_00(8)(2) FD05_03_00(8)(3..7)

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

### 3.5.2.3.3 Red de Dispersión

Para este segmento de red se utilizó el cable G.657.A2 de 2 hilos el mismo que se conecta por medio de los conectores SC/UPC a las cajas de Distribución para llegar hacia los clientes con conectores SC/APC en cada uno de los extremos de la fibra. De cada una de las cajas de distribución se pueden obtener 16 fibras de dispersión las mismas que reciben la denominación FDISPXX\_XX\_00(2)(1), tomando en cuenta que las primeras XX representan el número de fibra de dispersión y las segundas la derivación a la que pertenece.

### 3.5.2.3.4 Reservas

A lo largo del tendido de fibra tanto en la red Feeder y en la red de Distribución se deben dejar reservas de cable, de acuerdo a lo establecido por parte de la normativa de la CNT EP se han dejado 30 metros de reserva cada 500 metros del tendido de cable aéreo y también reservas de la misma capacidad en cada uno de los empalmes que se realizaron. Las reservas de fibra se pueden realizar de dos formas sea en forma circular o en forma 8, en la figura 52-3 observamos algunas de las reservas que fueron colocadas en los diferentes tramos.



**Figura 52-3:** Reservas de fibra

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

#### 3.5.2.4 Instalación de Cajas Manga

Al finalizar el tendido de la red Feeder se colocan las Cajas Manga que son las encargadas de finalizar con la red troncal y dar inicio a la red de distribución, las cajas se colocaron en las ubicaciones señaladas en el apartado del diseño, en las posiciones indicadas por la normativa buscando alcanzar por lo menos los 5 metros de altura en el poste y se las distribuyo en cada una de las zonas.

La codificación de las cajas se puede observar en la tabla 20-3, cada una de ellas está alimentada por un hilo de la red Feeder que es conectado con un splitter de 1:8 perteneciente al primer nivel. En la figura 57-3 se puede observar la preparación de la caja manga con el splitter de primer nivel.

**Tabla 20-3:** Codificaciones Cajas Manga

Cajas Manga	
Número	Codificación
1	XX.FT01_MT01(48)
2	XX.FT01_MT02(48)
3	XX.FT01_MT03(48)
4	XX.FT01_MT04(48)
5	XX.FT01_MT05(48)

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)



**Figura 53-3:** Preparación Caja Manga

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

### 3.5.2.5 Instalación de Cajas de Distribución

Al final del tendido de la red de distribución se colocan las cajas de distribución, en ellas se conectan los splitters de 1:16 de segundo nivel con el hilo proveniente de la fibra de distribución, en total se han colocado 35 cajas de distribución de acuerdo a lo establecido en el diseño.

La codificación de las cajas de Distribución se muestra en la tabla 21-3, de cada caja Manga se obtienen 8 de distribución y se las distribuyo de acuerdo a las necesidades de cada sector.

**Tabla 21-3:** Codificaciones Cajas Manga

Manga Troncal	Capacidad de Cajas de Distribución	Codificación
1	8	XX.FT01_01_Ax
2	7	XX.FT01_02_Bx
3	8	XX.FT01_03_Cx
4	5	XX.FT01_04_Dx
5	7	XX.FT01_05_Ex

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)



**Figura 54-3:** Preparación Caja de Distribución

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

### 3.5.2.6 Empalmes de fibra

A lo largo del tendido de la fibra se encuentran tramos en donde se deben hacer empalmes de los hilos de la fibra, las situaciones en las que se necesitó realizar empalmes encontramos:

- Conectar OLT y Red Feeder
- Conectar dos carretes de fibra
- Derivación de la fibra troncal o de distribución
- Conexión de Cajas Manga
- Conexión de Cajas de Distribución

Cada empalme de la fibra se realizó tomando las debidas precauciones del proceso como: realizar correctamente los cortes, limpiar la fibra, colocar y retirar correctamente la fibra, poner el recubrimiento de protección y sobre todo que el resultado de la fusión obtenga el menor número de perdidas posibles.



**Figura 55-3:** Empalme de Fibra Óptica

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

### 3.5.3 Instalación de servicio a los clientes

La implementación de la red finaliza con la instalación de los clientes, en esta parte de la implementación se encuentran incluidas la red dispersión y los distintos equipos y materiales que se colocan en el hogar del cliente.

Primero se realizó el tendido de la fibra desde la caja de distribución más cercana al domicilio del cliente hacia dentro del hogar. Después de contar con el cable dentro del domicilio se realizó el empalme con el pigtail que se conecta a la ONU, el empalme se lo coloco en una roseta óptica para cuidar la fibra y que no sufra daños.

Finalmente conectamos la ONU hacia el router TP-Link que será el encargado de brindar la conexión a internet, una vez culminada la instalación se realizan las configuraciones de los equipos y la revisión de la calidad del servicio que llega al cliente para garantizar que la red está funcionando correctamente.

En la figura 56-3 se muestra la implementación de los conectores que se colocan dentro de la caja NAP para comenzar con el tendido de la fibra como en la figura 57-3, después de ello la fibra se introduce dentro del hogar del cliente y se hace un cableado estructura como se muestra en la figura 58-3 hasta llegar a los equipos finales del cliente como se puede observar en la figura 59-3 en donde están conectados todos los equipos para que el servicio quede en funcionamiento.



**Figura 56-3:** Instalación de conectores

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)



**Figura 57-3:** Tendido de fibra desde la NAP

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)



**Figura 58-3:** Cableado estructura

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)



**Figura 59-3:** Equipos instalados al cliente

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

## 3.6 Configuración de la Red

### 3.6.1 Configuración del enrutador Mikrotik RB4011iGS+RM RouterOS™

#### 3.6.1.1 Direccionamiento

La empresa Mundo-Tronic emplea un esquema de direcciones IP clase A y clase B en su direccionamiento. La red WAN que otorga el acceso a internet utiliza la dirección IP pública

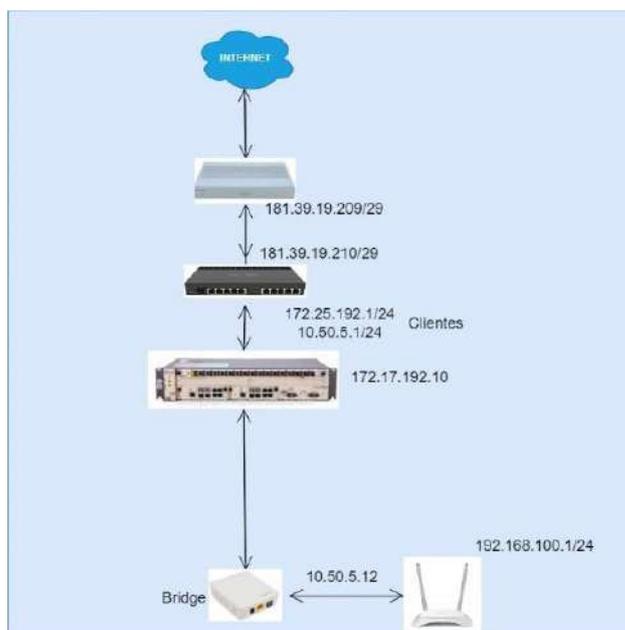
181.39.19.208/29 la misma que es asignada por el proveedor TELCONET y para la red LAN se han creado las direcciones IPv4 privada 172.25.192.0/24 y 10.50.5.0/24 las mismas que nos sirven para el direccionamiento de los clientes, y los equipos asignados para proveer el acceso a internet a los clientes (ONT u ONU) utilizan la dirección IP privada que viene por defecto 192.168.100.0/24. En la figura 60-3 se observa la dirección IP que tiene cada interfaz

Address	Network	Interface
10.4.0.1	10.4.0.253	cpptp-MUNDOTRONIC
172.29.33.48/24	172.29.33.0	WisphubVPN
::: telconet		
181.39.19.210/29	181.39.19.208	ether1-WAN
::: RED GPON		
172.25.192.1/24	172.25.192.0	vlan100_OLT
10.50.5.1/24	10.50.5.0	vlan101_GESTION

**Figura 60-3:** Direccionamiento IPv4 del Mikrotik RB4011iGS+RM RouterOS

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

En la figura 61-3 se muestra el camino que toman los paquetes desde el internet hacia el usuario final y viceversa, el enrutador Mikrotik RB4011iGS+RM hace el uso del protocolo de resoluciones de direcciones (ARP) para destinar una dirección IP estática al equipo del usuario final. El enrutador usa un NAT para traducir estas direcciones y dar el acceso a internet haciendo el uso de la dirección IP publica asignada por el proveedor TELCONET.



**Figura 61-3:** Direccionamiento la red de la empresa Mundo-Tronic

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

### 3.6.1.2 Configuración Calidad de Servicio (QoS)

El servidor de calidad de servicio (QoS), se configuro en la planta interna de la red de la empresa Mundo-Tronic ubicada en Cajabamba, teniendo en cuenta priorizar los paquetes que circulan por la red.

En la interfaz sfp-sfpplus1\_OLT se creó la VLAN100 y la VLAN101 como se muestra en la figura 83-3:

- VLAN100: Esta VLAN se utiliza como un segmento de administración fundamentado en el protocolo estándar TR-069, para administrar de forma remota el equipo local del cliente parámetros como: contraseñas, autenticación y otros parámetros que la empresa esté utilizando.
- VLAN101: Esta VLAN se utiliza para dar acceso a internet, la misma que utiliza un rango de direcciones IP privadas. La traducción de estas direcciones se efectúa mediante un proceso NAT.

::: OLT									
R	+	sfp-sfpplus1_OLT	Ethernet	1500	1580	872.5 Mbps	88.9 Mbps	87 330	52 374
R	+	vlan100_OLT	VLAN	1500	1576	830.7 Mbps	83.3 Mbps	83 488	49 854
R	+	vlan101_GESTION	VLAN	1500	1576	0 bps	0 bps	0	0
	+	sfp-sfpplus2	Ethernet	1500	1580	0 bps	0 bps	0	0

**Figura 62-3:** Interfaces del enrutador Mikrotik RB4011iGS+RM

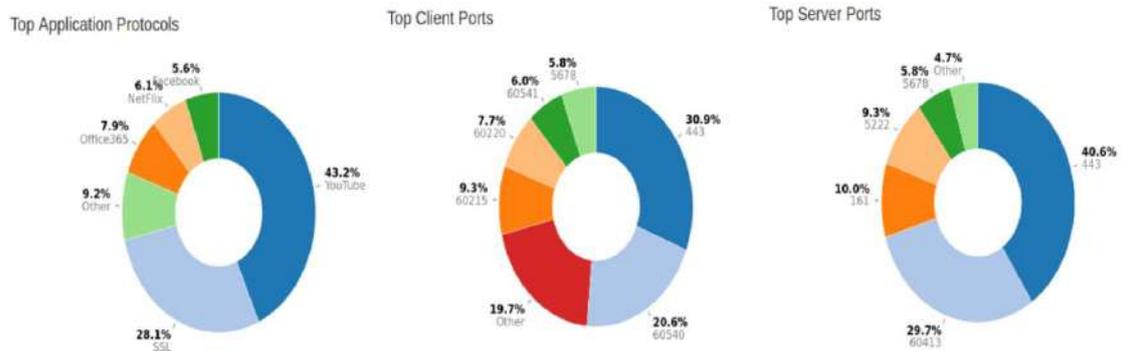
Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

Los paquetes que ingresan a la interfaz sfp-sfpplus1\_OLT del enrutador Mikrotik son marcado usando el firewall **Mangle**, configurando el método de servicio diferenciados (**DiffServ**) del paquete IP, aquí se definen los parámetros de prioridad de los paquetes:

#### 3.6.1.2.1 Monitoreo de la red

Con la finalidad de optimizar el uso adecuado del ancho de banda, se realizó el monitoreo de la red con el fin de determinar los protocolo, puertos y aplicaciones más solicitadas. Para lo cual se monitoreo el tráfico que pasa por el enrutador RB4011iGS+RM, al cual se monitoreo las 24 horas durante un periodo de 15 días desde el 25 de octubre al 8 de noviembre del año 2021, cabe recalcar que al momento de realizar el monitoreo contaba con 56 suscriptores.

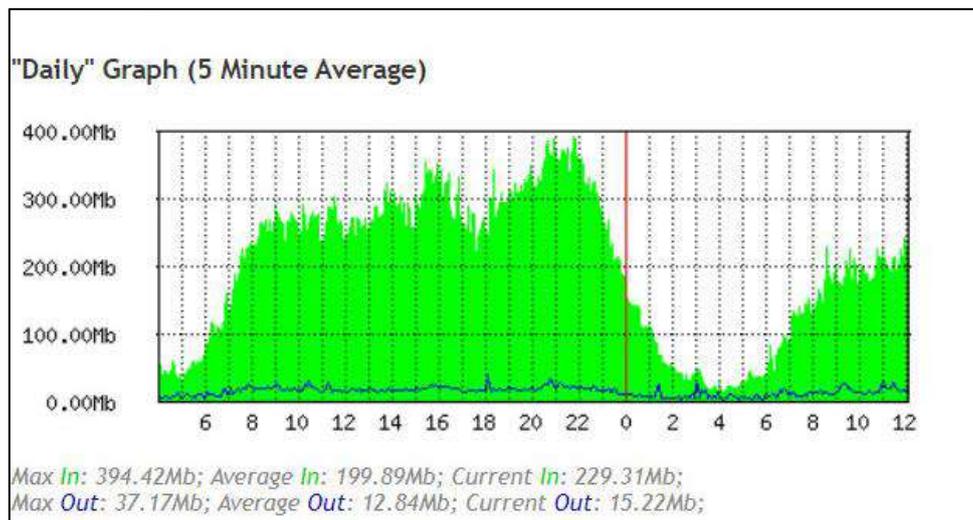
Mediante el software de monitoreo NTOPng se obtuvo una representación gráfica de la utilización del ancho de banda que generan las aplicaciones, puertos y protocolos más utilizadas por los usuarios. En la figura 63-3 se puede observar en detalle de los paquetes que pasan por el enrutador acorde al tipo de conexión realizada, protocolo y puerto de destino.



**Figura 63-3:** Resultados del monitoreo del monitoreo con el software NTOPng

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

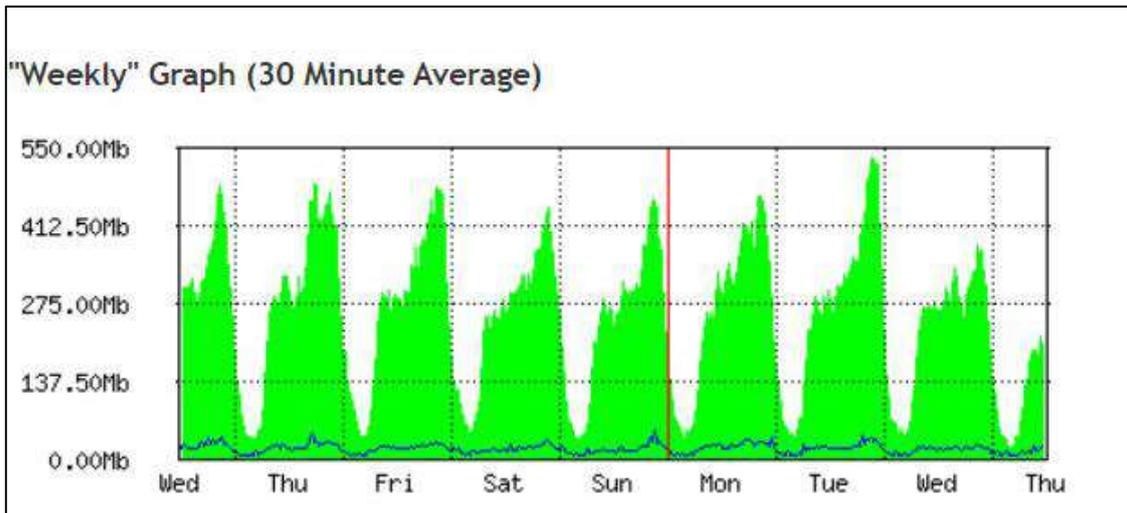
En la figura 64-3 se observa el tráfico monitoreado en un periodo de 24 horas, en cual tenemos un pico alto en el consumo del ancho de banda de 16:00 a 23:00 a pesar que en la mayoría del día el consumo es similar, pero en este periodo aumenta el consumo, además se tiene un promedio de descarga de 199.89 MB y un promedio de carga de 12.84 MB durante el periodo de monitoreo.



**Figura 64-3:** Gráfico diario del monitoreo de la red

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

En la figura 65-3 se observa el tráfico monitoreado en un periodo de 15 días en el cual se tiene un patrón similar, es decir las horas picos son similares todos los días. Teniendo un pico más alto el día martes.



**Figura 65-3:** Gráfico semanal del monitoreo de la red

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

### 3.6.1.2.2 Prioridades HTB

Las aplicaciones en las cuales se basó el diseño de calidad de servicio incluyen demandas de diferente nivel es por ello que se estableció prioridades de acuerdo a cada servicio y aplicación, basándose en el monitoreo de la red, en la cual se agrupo acorde a las características de cada aplicación, servicio o protocolo, además por requerimiento de la empresa se añadió aplicaciones y protocolos a la calidad de servicio.

**Tabla 22-3:** Valores de prioridad HTB

Aplicación	Prioridad	Protocolo
SPEEDTEST	Critica	TCP
HTTPS	Critica	TCP
DNS	Critica	UDP
WINBOX	Critica	TCP
VOIP	Critica	UDP
ICMP	Critica	ICMP
HTTP/3	Muy Alta	UDP
YOUTUBE	Muy Alta	UDP
FREEFIRE	Muy Alta	TCP/UDP
JUEGOS	Muy Alta	TCP/UDP
WHATSSAP	Alta	-
INSTAGRAM	Alta	TCP
TIKTOK	Alta	TCP
FACEBOOK	Alta	TCP
TWITTER	Alta	TCP
NETFLIX	Media	TCP
DISNEY	Media	TCP

AMAZON VIDEO	Baja	TCP
ZOOM	Baja	UDP
GOOGLE MEET	Baja	TCP/UDP
CLASSROOM GOOGLE	Baja	TCP/UDP
HANGOUT GOOGLE	Baja	TCP/UDP
CORREO	Baja	TCP
OFFICE 365	Baja	TCP
NO MARCADO	Baja	-

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

### 3.6.1.2.3 Mangle

En la pestaña Mangle se realiza las configuraciones de las reglas de marcado de conexión y paquetes para realizar la calidad de servicio (QoS), el proceso se realizará por cada servicio, cabe recalcar que se debe realizar el marcado de paquetes y marcas de conexión por cada servicio. Cada una de las reglas configuradas previamente revisa la cabecera IP de cada paquete y realiza una búsqueda de coincidencia en el tráfico de datos.

Las reglas para el marcado de paquetes están organizadas en cadenas de ejecución, como lo es el “prerouting” que se emplea para efectuar el marcado de paquetes antes de la cola global “queue Global-In”.

Para realizar el marcado de paquetes y de conexión, se lo ha realizado acorde a las características y prioridades de las aplicaciones, servicios y protocolos, como se observa en la tabla 23-3.

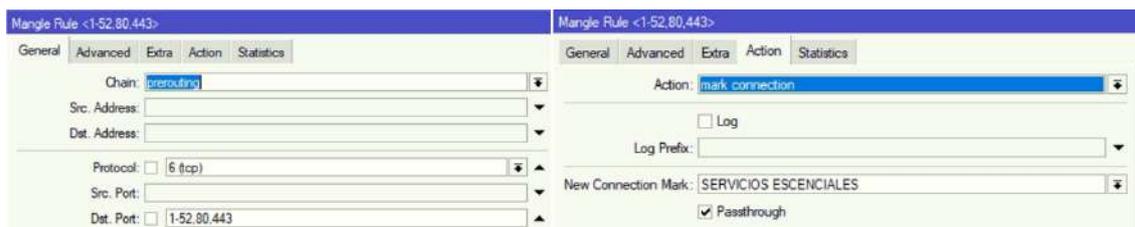
**Tabla 23-3:** Marcado de paquetes y conexión

<b>APLICACIONES, SERVICIOS Y PROTOCOLOS</b>	<b>MARCADO DE PAQUETES</b>	<b>MARCADO DE CONEXIÓN</b>
SPEEDTEST	ACK LATENCIA	ACK LATENCIA
HTTPS DNS WINBOX VOIP ICMP	SERVICIOS ESENCIALES	SERVICIOS ESENCIALES
NETFLIX DISNEY AMAZON	VIDEO	VIDEO
HTTP/3 Y YOUTUBE	HTTP/3 Y YOUTUBE	HTTP/3 Y YOUTUBE

WHATSSAP	WHATSSAP	WHATSSAP
INSTAGRAM TIKTOK FACEBOOK TWITTER	REDES SOCIALES	REDES SOCIALES
ZOOM GOOGLE MEET CLASSROOM GOOGLE HANGOUT GOOGLE CORREO OFFICE 365	UTILIDADES	UTILIDADES
FREEFIRE	FREEFIRE	FREEFIRE
JUEGOS	JUEGOS	JUEGOS
NO MARCADO	OTROS PAQUETES	OTROS PAQUETES

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

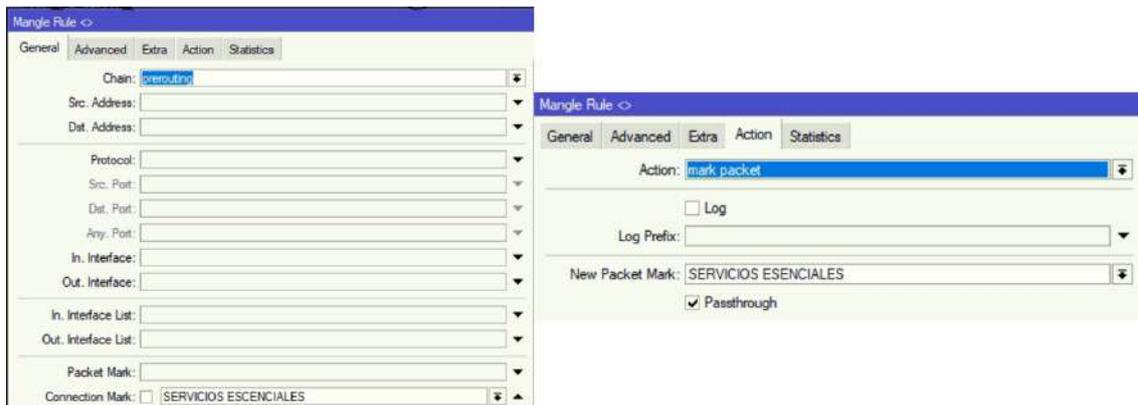
Para la configuración del marcado de paquetes se agrega cada regla de acuerdo a la tabla 23-3, como se observa en la figura 66-3.



**Figura 66-3:** Configuración del marcado de conexión en el Firewall Mangle

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

Para mejorar la configuración del marcado de paquetes cada regla tratará de hacer concordar los datos del encabezado IP del primer paquete de la nueva conexión y añadirá la marca de conexión a este paquete, es decir, en la siguiente regla ya no se verificará el encabezado IP de cada paquete que pase por el enrutador, solo ejecutará la comparación de las marcas de conexión lo que conlleva a un menor consumo de los recursos del enrutador. Una vez realizada la marca de conexión se identifica y clasifica el tráfico que pasa por cada interfaz. En la figura 67-3 se observa el procedimiento para realizar la configuración de las marcas de conexión.



**Figura 67-3:** Configuración del marcado de paquetes en el Firewall Mangle

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

En la figura 68-3 se observa la configuración de la pestaña Mangle con las reglas para el marcado de conexión y de paquetes.

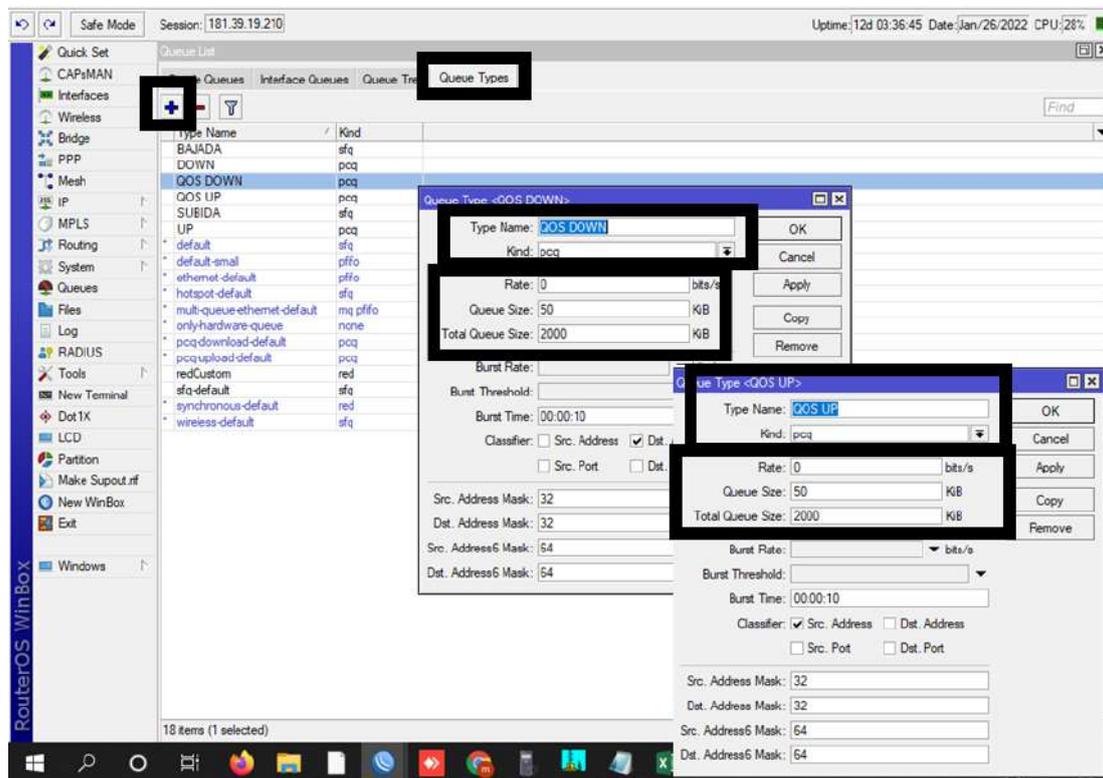
#	Action	Chain	Src. Address	Protocol	Dst. Port	In. Interface	Out. Interface	Src. Address	Dest. Address
0	Regla aviso WispHub	mar...							Aviso
1	Regla aviso WispHub	mar...							Moroso
2		mar...							WAN2
3	ACK	mar...		6 (tcp)					
4		mar...		6 (tcp)					
5	MARCA CONEXION SPEEDTEST	mar...		6 (tcp)					
6		mar...							
7	MARCA CONEXION HTTP-S	mar...		6 (tcp)	1-52,80,443				
8	MARCA CONEXION DNS	mar...		17 (udp)	53				
9	MARCA CONEXION WINBOX	mar...		6 (tcp)	8220,9090				
10	MARCA CONEXION VOIP	mar...		17 (udp)	5060-5062,10000-20000				
11	MARCA CONEXION ICMP-PING	mar...		1 (icmp)					
12	MARCA DE PAQUETES SERVICIOS ESENCIALES	mar...							
13	APRENDE SERVIDORES NETFLIX	add...				vlan100_OLT			
14		add...				vlan100_OLT			
15	MARCA CONEXION NETFLIX	mar...		6 (tcp)					
16	APRENDE SERVIDORES DISNEY PLUS	add...		6 (tcp)		vlan100_OLT			
17		mar...							
18	APRENDE SERVIDORES AMAZON VIDEO	add...				vlan100_OLT			
19		mar...							
20	MARCA PAQUETES VIDEO	mar...							
21	MARCA CONEXION HTTP/3 Y QUIC YOUTUBE	mar...		17 (udp)	80,443				
22	MARCA PAQUETES HTTP/3 Y QUIC YOUTUBE	mar...							
23	APRENDE SERVIDORES WHATSAPP	add...							
24	MARCA CONEXION WHATSAPP	mar...							
25	MARCA CONEXION WHATSAPP / SKYPE LLAMADAS Y VIDEO	mar...		17 (udp)					
26		mar...				vlan100_OLT			
27		mar...		6 (tcp)		vlan100_OLT			
28		mar...		17 (udp)		vlan100_OLT			
29		mar...				vlan100_OLT			
30	MARCA PAQUETES WHATSAPP	mar...							
31	MARCA CONEXION INSTAGRAM	mar...		6 (tcp)					
32	MARCA CONEXION TIKTOK	mar...		6 (tcp)					
33	MARCA CONEXION TIKTOK	mar...		6 (tcp)					
34		add...				vlan100_OLT			
35		add...				vlan100_OLT			
36	MARCA CONEXION FACEBOOK	mar...		6 (tcp)					
37	APRENDE SERVIDORES TWITTER	add...		6 (tcp)		vlan100_OLT			
38	MARCA CONEXION TWITTER	mar...		6 (tcp)					
59		mar...		17 (udp)	7008,10001,10002,10003,10004,10005,10006,10007,10008,10009,10010	vlan100_OLT			
60		mar...		6 (tcp)	1935,3074,3479-3480,3544,3658-3659,5795-5847,8088,10001,27000-270...	vlan100_OLT			
61		mar...		6 (tcp)	7000-7010,5000-5221,5229-5500,6001-6010,6667,12400,28910,29900,29...	vlan100_OLT			
62		mar...		6 (tcp)	39003,39729,39698	vlan100_OLT			
63		mar...		6 (tcp)	7006,39003,39698,39779	vlan100_OLT			
64	MARCA PAQUETES JUEGOS	mar...							
65	MARCA LO DEMAS DE TRAFICO NO MARCADO ARRIBA	mar...				vlan100_OLT			
66		mar...							

**Figura 68-3:** Ventana de Firewall Mangle del Mikrotik RB4011iGS+RM RouterOS

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

### 3.6.1.2.4 Queue Tree

Para implementar el árbol de colas se configura el tipo de encolamiento PCQ, cabe recalcar que este algoritmo de encolamiento es propiedad de Mikrotik y funcionamiento se basa en la clasificación de flujo total en sub-flujos y la trata de manera individual con encolamiento FIFO. En la figura 69-3 se observa la configuración de las colas de carga denominada “QOS UP” y las colas de descarga denominada “QOS DOWN”.



**Figura 69-3:** Configuración de Queue Type

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

El Queue Tree está basado en la estructura HTB, acorde al monitoreo de red mediante la herramienta NTOPng se definió las prioridades según la demanda de los mismos, como se mostró en la tabla 22-3, se marcó la conexión según sus características y se asignó un nombre, en la tabla 24-3 tenemos la cola padre con sus respectivas colas hijas y además la prioridad de cada una de ellas.

**Tabla 24-3:** Estructura HTB para la descarga del tráfico

Cola	Nombre	Parentesco	Prioridad
Padre	DESCARGA TOTAL	VLAN_100_OLT	8
Hija	ACK LATENCIA	DESCARGA TOTAL	1

Hija	SERVICIOS ESENCIALES	DESCARGA TOTAL	1
Hija	HTTP/3 Y YOUTUBE	DESCARGA TOTAL	2
Hija	FREEFIRE	DESCARGA TOTAL	2
Hija	JUEGOS	DESCARGA TOTAL	2
Hija	WHATSSAP	DESCARGA TOTAL	3
Hija	REDES SOCIALES	DESCARGA TOTAL	3
Hija	VIDEO	DESCARGA TOTAL	4
Hija	UTILIDADES	DESCARGA TOTAL	5
Hija	OTROS PAQUETES	DESCARGA TOTAL	7

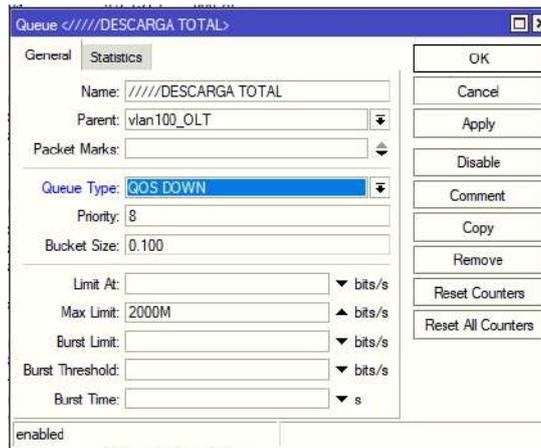
Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

**Tabla 25-3::** Estructura HTB para la carga del trafico

Cola	Nombre	Parentesco	Prioridad
Padre	CARGA TOTAL	Ether1-WAN	8
Hija	ACK LATENCIA UP	CARGA TOTAL	1
Hija	SERVICIOS ESENCIALES UP	CARGA TOTAL	1
Hija	HTTP/3 Y YOUTUBE UP	CARGA TOTAL	2
Hija	FREEFIRE UP	CARGA TOTAL	2
Hija	JUEGOS TCP-UP	CARGA TOTAL	2
Hija	WHATSSAP UP	CARGA TOTAL	3
Hija	REDES SOCIALES UP	CARGA TOTAL	3
Hija	VIDEO UP	CARGA TOTAL	4
Hija	UTILIDADES UP	CARGA TOTAL	5
Hija	OTHER UP	CARGA TOTAL	7

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

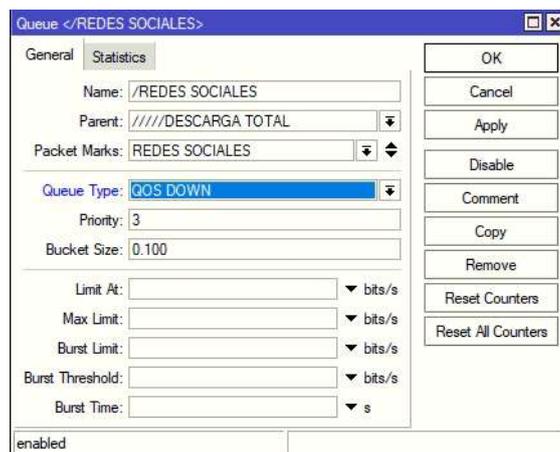
Para configurar la cola padre se asigna un nombre “DESCARGA TOTAL” y se determina el parentesco el cual es la interfaz, en este caso como es de descarga seria la VLAN100\_OLT, se asigna el Queue Type configurado anteriormente y asignamos la prioridad de 8 que es irrelevante ya que se cuenta con una sola cola padre para descarga y una cola padre para la carga. Asignamos el ancho de banda contrato al ISP Telconet que son 2000 Mbps, como se observa en la figura 70-3.



**Figura 70-3:** Configuración de Queue Tree cola padre

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

Para la configuración de las colas hijas asignamos un nombre como se observa en la figura 71-3 como REDES SOCIALES y asignamos el parentesco que en este caso asignamos a la descarga total, posteriormente asignamos el marcado de paquetes el cual es REDES SOCIALES y asignamos como prioridad en este caso de 3. Cabe recalcar que el ancho de banda asignara el enrutador acorde a la prioridad.



**Figura 71-3:** Configuración de Queue Tree colas hijas

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

En la figura 72-3 se observa la configuración de la pestaña Queue Tree con las configuraciones de la cola padre con sus respectivas colas hijas.

Name	Parent	Packet Marks	Limit At (b...	Max Li...
////DESCARGA TOTAL	vlan100_OLT			2000M
//ACK LATENCIA	////DESCA...	ACK		
/HTTP/3 Y QUIC YOUTU...	////DESCA...	HTTP/3 Y QUIC YOUTUBE		
/OTROS_PAQUETES	////DESCA...	OTHER		
/REDES SOCIALES	////DESCA...	REDES SOCIALES		
/SERVICIOS ESENCIALES	////DESCA...	SERVICIOS ESENCIALES		
/UTILIDADES	////DESCA...	UTILIDADES		
/VIDEO	////DESCA...	VIDEO		
/WHATSAPP	////DESCA...	WHATSAPP		
FREEFIRE	////DESCA...	frefire		
JUEGOS	////DESCA...	JUEGOS		
...				
////CARGA TOTAL	ether1-WAN			1000M
//ACK LATENCIA UP	////CARGA ...	ACK		
/HTTP/3 Y QUIC YOUTU...	////CARGA ...	HTTP/3 Y QUIC YOUTUBE		
/JUEGOS TCP-UP	////CARGA ...	JUEGOS		
/OTHER UP	////CARGA ...	OTHER		
/REDES SOCIALES UP	////CARGA ...	REDES SOCIALES		
/SERVICIOS ESENCIALE...	////CARGA ...	SERVICIOS ESENCIALES		
/VIDEO UP	////CARGA ...	VIDEO		
/WHATSAPP UP	////CARGA ...	WHATSAPP		
FREEFIRE UP	////CARGA ...	frefire		
UTILIDADES UP	////CARGA ...	UTILIDADES		

**Figura 72-3:** Configuración de Queue Tree

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

### 3.6.1.2.5 Configuración del Simple Queue para el cliente más lejano

El Proveedor de Servicios de Internet Mundo-Tronic pone a disposición a su clientela distintos planes de internet de diferentes velocidades los mismos que se observan en la tabla 26-3.

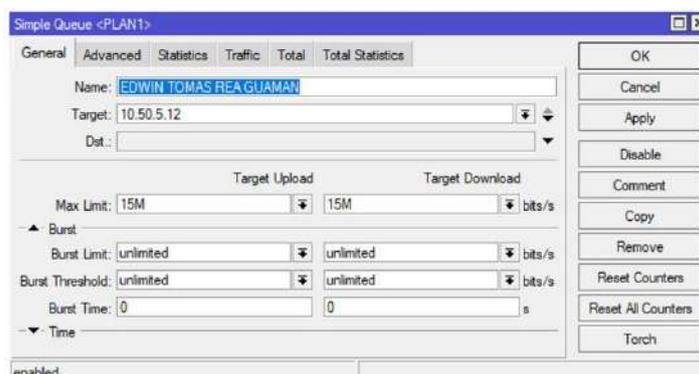
**Tabla 26-3:** Planes de Internet

Plan	Velocidad Uplink:Downlink	Costo Mensual
1	15:15 Mbps	\$20
2	28:28 Mbps	\$25
3	33:33 Mbps	\$28
4	50:50 Mbps	\$38

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2022)

El cliente más lejano contrato el plan 1 ofertado por Mundo-Tronic, el cual consiste en una velocidad de 15 Mbps para carga y descarga del tráfico. En la figura 73-3 se observa las diferentes

configuraciones que se realizó para otorgar el plan contratado por el cliente, que pertenece al Sr. Edwin Tomas Rea Guamán al cual se asignó la dirección IP 10.50.5.12.

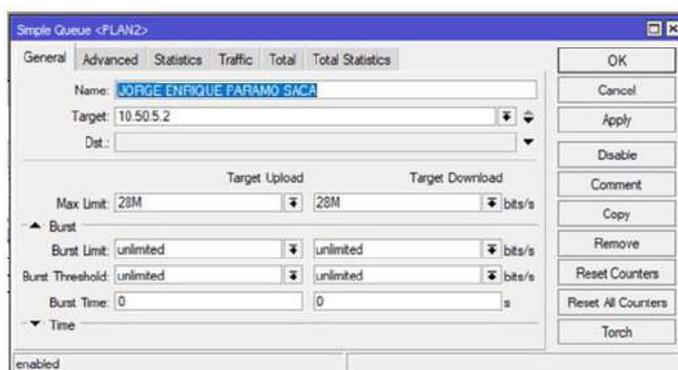


**Figura 73-3:** Configuración de Simple Queue para el cliente más lejano

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

### 3.6.1.2.6 Configuración del Simple Queue para el cliente más cercano

El cliente más cercano contrato el plan 2 ofertado por Mundo-Tronic, el cual consiste en una velocidad de 28 Mbps para carga y descarga del tráfico. En la figura 74-3 se observa las diferentes configuraciones que se realizó para otorgar el plan contratado por el cliente, que pertenece al Sr. Jorge Enrique Paramo Saca al cual se asignó la dirección IP 10.50.5.2.



**Figura 74-3:** Configuración de Simple Queue para el cliente más cercano

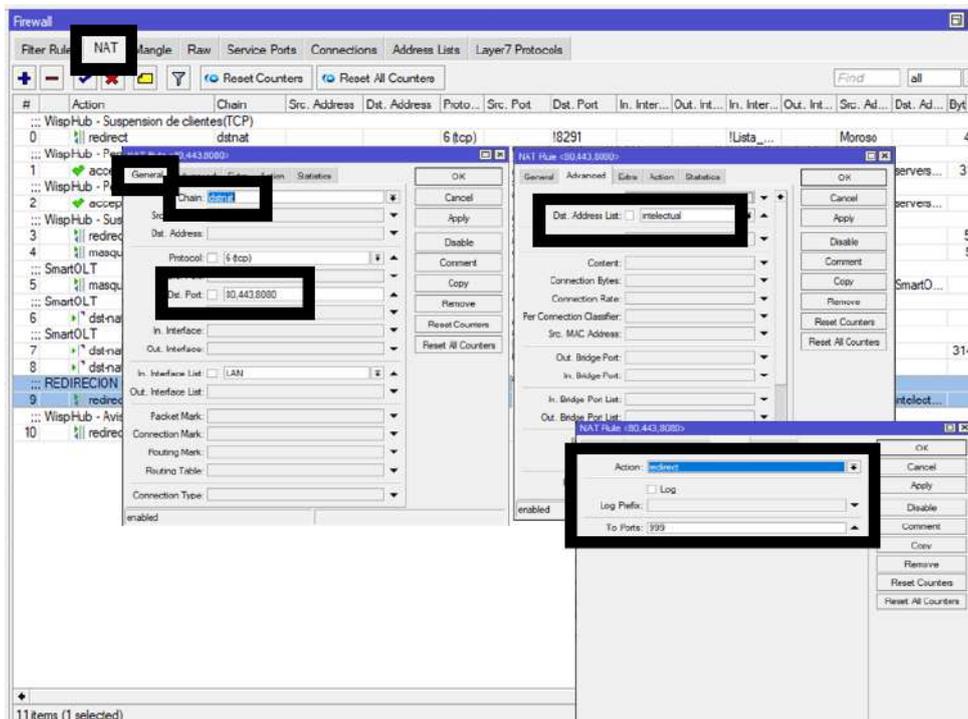
Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

### 3.6.1.2.7 Reglas de firewall

El Estado ecuatoriano basado en el documento “Derechos de propiedad intelectual” reconoce, regula y garantiza la propiedad intelectual adquirida de conformidad con la ley, en el cual se protege los derechos de autor y derechos conexos, es por ello, que el Servicio de Derechos Intelectuales de la República del Ecuador emite el Oficio No. SENADI-DNDA-TA 2021-038-

OF-NQ, de fecha 08 de julio de 2021, dirigido a los Proveedores de Servicios de Internet., en el cual se dispuso la suspensión de los servicios y el bloqueo de acceso a 39 direcciones IPv4 y sus puertos relacionados, además redireccionar el tráfico a la URL [www.derechosintelectuales.gobec](http://www.derechosintelectuales.gobec). Por lo cual, en el proveedor de servicio de internet Mundo-Tronic acatando las resoluciones emitidas en el oficio mencionado, dispone bloquear el acceso a las IP's mencionadas.

Se ha configurado varias instrucciones en el enrutador Mikrotik RB4011iGS+RM para bloquear el acceso a las 30 IP's mencionadas en el oficio No. SENADI-DNDA-TA 2021-038-OF-NQ, para ello nos dirigimos a la pestaña NAT en donde redireccionamos el tráfico de los puertos 80,443,8080 al puerto 999 como se muestra en la figura 75-3. Posteriormente configuramos el servidor Proxy Web para el redireccionamiento a la URL mencionada en el oficio.



**Figura 75-3:** Configuración de NAT para el bloqueo de IP's

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

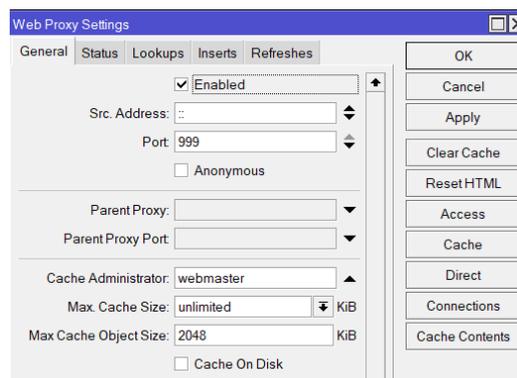
Posteriormente se añade las IP's que se desea bloquear a la pestaña Address Lists, como se observa en la figura 76-3.

Name	Address	Timeout	Creation Time
intelectual	13.226.47.69		Aug/06/2021 15:...
intelectual	13.226.47.108		Aug/06/2021 15:...
intelectual	23.237.196.69		Aug/06/2021 15:...
intelectual	23.237.199.83		Aug/06/2021 15:...
intelectual	23.237.202.101		Aug/06/2021 15:...
intelectual	34.107.243.104		Aug/06/2021 15:...
intelectual	34.117.170.232		Aug/06/2021 15:...
intelectual	34.120.87.184		Aug/06/2021 15:...
intelectual	34.120.135.7		Aug/06/2021 15:...
intelectual	45.33.114.185		Aug/06/2021 15:...
intelectual	54.210.158.187		Aug/06/2021 15:...
intelectual	64.225.31.103		Aug/06/2021 15:...
intelectual	66.225.201.134		Aug/06/2021 15:...
intelectual	85.208.102.142		Aug/06/2021 15:...
intelectual	88.99.58.185		Aug/06/2021 15:...
intelectual	91.223.82.6		Aug/06/2021 15:...
intelectual	104.21.46.181		Aug/06/2021 15:...
intelectual	104.21.51.166		Aug/06/2021 15:...
intelectual	104.250.127.85		Aug/06/2021 15:...
intelectual	144.202.41.136		Aug/06/2021 15:...
intelectual	151.101.5.84		Aug/06/2021 15:...
intelectual	151.106.97.125		Aug/06/2021 15:...
intelectual	172.67.131.235		Aug/06/2021 15:...
intelectual	172.67.168.172		Aug/06/2021 15:...
intelectual	185.230.61.97		Aug/06/2021 15:...
intelectual	185.230.61.185		Aug/06/2021 15:...
intelectual	217.160.0.202		Aug/06/2021 15:...
intelectual	coop-red.com.ec		Aug/20/2021 17:...
coop-red.com.ec			
D	intelectual	69.163.229.108	Jan/14/2022 05:...
intelectual	fin-solidaria.com		Aug/18/2021 17:...
fin-solidaria.com			
D	intelectual	162.241.60.254	Jan/14/2022 05:...
intelectual	miamimast305tv.com		Jul/10/2021 14:3...
miamimast305tv.com			
D	intelectual	74.208.236.157	Jan/14/2022 05:...

**Figura 76-3:** IP's bloqueadas en la pestaña Address Lists

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

Continuamos con la configuración del Web Proxy, en el cual habilitamos el puerto 999, como se observa en la figura 77.3



**Figura 77-3:** Configuración del Web Proxy

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

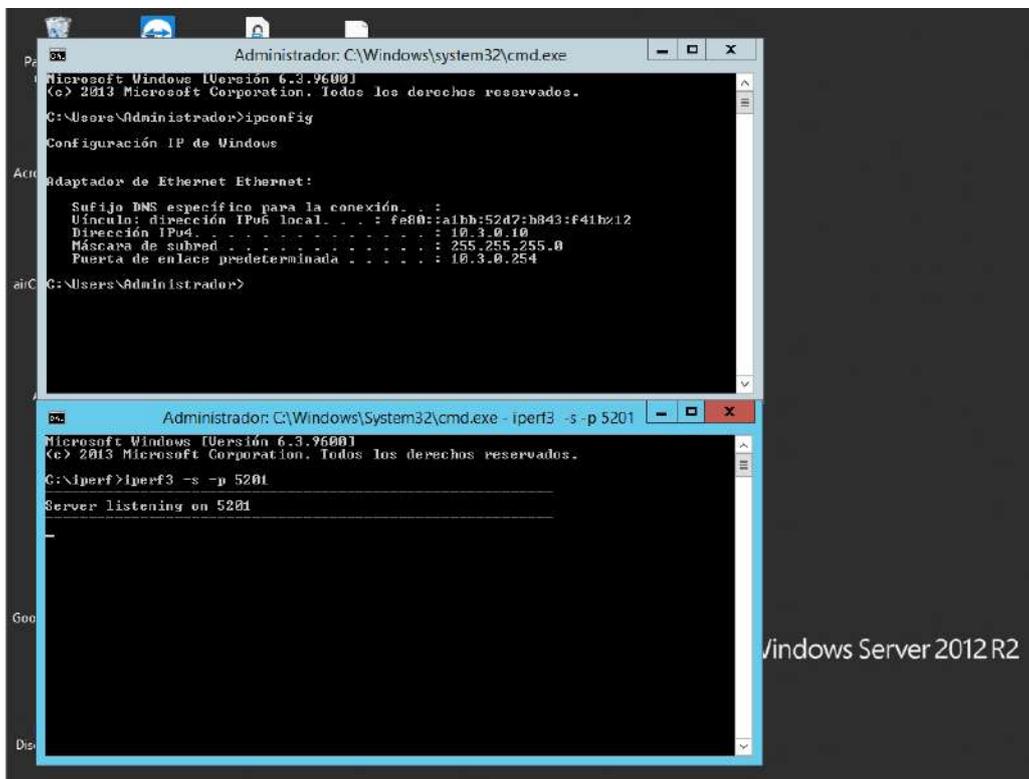
### 3.7 Evaluación de la red

Para verificar el correcto funcionamiento interno de la red implementada se propone realizar el siguiente banco de pruebas.

### 3.7.1 Pruebas de conectividad

El Proveedor de servicios de internet Mundo-Tronic tiene implementado una red de internet a través de Radioenlaces en el sector Tolloloma, y aquellos usuarios son los primeros en adquirir el servicio de fibra óptica del ISP, es por ello que se evaluó primero el rendimiento de la red existe en el lugar, para ello seleccionamos al usuario más cercano y al usuario más lejano de la red con la finalidad de evaluar los puntos críticos de la misma.

Se realizó la instalación y configuración de un servidor en la planta interna, dentro del cual se instaló el software Iperf3, con el que evaluaremos diferentes parámetros, en TCP el ancho de banda mientras que en UDP el jitter, pérdidas de los paquetes y la latencia de la red. Como se observa en la figura 78-3 el servidor cuenta con la dirección IPv4 10.3.0.10 y además tiene activado el software Iperf3 en modo servidor.



**Figura 78-3:** Servidor Iperf3

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

Para realizar las pruebas de conectividad hemos establecido las siguientes condiciones:

- Al momento de realizar las pruebas mantener conectado al router del usuario solo el equipo de medición, con el objetivo de evaluar el mejor rendimiento que puede alcanzar el servicio brindado al usuario.
- Al evaluar el funcionamiento de UDP establecer un ancho de banda de 50 Mbps para verificar la mayor capacidad ofrecida en los planes de internet de la empresa.
- Realizar 30 pruebas de conectividad durante las horas pico a los clientes seleccionados, con una duración de 1 minuto cada una.

### 3.7.2 Pruebas de conectividad la red de Radioenlaces

En la tabla 27-3 encontramos las ubicaciones de los usuarios seleccionados para la evaluación de la red en el servicio de radioenlaces, además cuenta con la distancia desde la planta interna hacia el hogar del cliente.

**Tabla 27-3:** Clientes de Radioenlaces

	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Distancia desde la planta interna</b>
<b>Torre</b>	1°42'45.44" S	78°46'37.61" O	1.01 Km
<b>Cliente más cercano</b>	1°42'6.92" S	78°46'39.69" O	1.99 Km
<b>Cliente más lejano</b>	1°42'3.86" S	78°48'5.56" O	3.81 Km

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

### 3.7.3 Pruebas de conectividad a la red de Fibra Óptica

En la tabla 28-3 se observa la ubicación y la distancia de los clientes seleccionados para la evaluación de la red en el servicio de fibra óptica.

**Tabla 28-3:** Clientes de Fibra Óptica

	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Distancia desde la planta interna</b>
<b>Cliente más cercano</b>	1°42'6.92" S	78°46'39.69" O	0.582 Km
<b>Cliente más lejano</b>	1°42'3.86" S	78°48'5.56" O	3.2 Km

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

### **3.7.4 Mediciones de potencia**

Con la ayuda del OPM “Medidor Óptico de Potencias” se realizó la medición de la potencia recibida en el domicilio de los clientes.

En lo planificado se estableció que estas mediciones se iban a realizar por medio del OTDR, pero el equipo de la empresa Mundo-Tronic en sus características no dispone la opción de medir el valor de longitud de onda de 1490nm de acuerdo a lo establecido por el estándar ITU-T G.984.2 Clase B+. Las pruebas se realizaron a las personas indicadas en la tabla 28-3 bajo las siguientes condiciones:

- Tener habilitados los puertos de la OLT.
- Repetir 30 veces la medición del valor de la potencia.
- Realizar la medición antes de conectar los equipos finales de la red FTTH.

## CAPÍTULO IV

### 4 RESULTADOS

En el cuarto capítulo se presentan los resultados obtenidos al finalizar el proyecto, se ha verificado que los resultados obtenidos cumplan con lo establecido en las diferentes normativas y recomendaciones utilizadas en el trabajo. Después de haber realizado la evaluación de la red con las indicaciones establecidas en el capítulo anterior, procedemos a realizar el análisis de los resultados y de esta manera poder evidenciar las mejoras obtenidas en el servicio.

#### 4.1 Pruebas de Conectividad

En las pruebas de conectividad hemos verificado que los parámetros analizados se encuentren dentro del rango establecido en la tabla 1-4, en donde establece que, para el correcto funcionamiento interno de una red, el nivel de latencia debe ser menor a los 200 milisegundos, el jitter debe estar por debajo de los 150 ms, de igual forma las pérdidas de los paquetes no deben superar el 1% y el ancho de banda debe superar los 50 Mbps para garantizar la capacidad máxima del servicio de internet a los clientes.

**Tabla 1-4:** Parámetros de calidad de servicio de una Red Interna

Parámetro	Condición
Jitter	$\leq 150$ ms
Pérdidas	$\leq 1\%$
Latencia	$\leq 200$ ms
Ancho de Banda	$\leq 50$ Mbps

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

**Fuente:** (ITU-T, G.114, 2003)

##### 4.1.1 Pruebas de Conectividad al Servicio de Radioenlaces

En la tabla 2-4 se muestra los resultados obtenidos de las pruebas de conectividad realizadas al cliente más cercano, con la ayuda del software Iperf3. Dentro del Jitter existe una media del 2.4 ms, sus valores varían desde los 0.10 ms hasta los 9.4 ms. El segundo parámetro evaluado son las pérdidas de los paquetes que tienen una media del 1.24%, llega alcanzar un máximo del 2.3% y un mínimo del 0.6%. El tercer parámetro evaluado es la latencia de la red que tiene como media 93ms, con unos valores que alcanza los 260 ms y un mínimo de 60 ms. El cuarto y último parámetro es el ancho de banda que soporta la red en donde la capacidad máxima es de 60 Mbps

y la mínima de 45 Mbps obteniendo una media de 52 Mbps. Podemos concluir que el cliente más cercano cumple las condiciones establecidas para el jitter, latencia y ancho de banda mientras que en las pérdidas el valor obtenido esta fuera del rango permitido.

**Tabla 2-4:** Pruebas de conectividad al servicio por Radioenlaces – Cliente más cercano

<b>MEDICIONES RADIOENLACES CLIENTE MÁS CERCANO</b>				
<b>N</b>	<b>JITTER</b>	<b>PÉRDIDAS</b>	<b>LATENCIA</b>	<b>BW</b>
1	1,40	1,20%	70	50
2	2,20	0,90%	70	50
3	1,00	0,90%	90	55
4	1,10	0,70%	80	50
5	4,00	0,60%	70	55
6	0,30	1,40%	90	50
7	2,40	1,20%	80	55
8	0,70	1,00%	70	50
9	3,20	1,20%	70	55
10	0,50	0,90%	70	50
11	2,00	1,00%	120	50
12	0,80	1,10%	260	60
13	0,30	1,20%	60	45
14	1,20	1,50%	70	55
15	1,30	1,20%	80	60
16	0,90	2,00%	80	55
17	1,20	1,00%	90	60
18	2,50	0,90%	100	60
19	1,80	1,90%	110	50
20	9,40	1,50%	80	55
21	2,80	1,20%	80	50
22	3,10	1,50%	100	50
23	0,90	1,20%	110	45
24	0,10	1,30%	80	45
25	1,80	0,90%	90	50
26	4,60	0,80%	140	55
27	2,10	1,80%	140	60
28	3,30	1,50%	80	45
29	4,60	2,30%	90	45
30	1,10	1,30%	80	50
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,10 ms</b>	<b>1,24%</b>	<b>93 ms</b>	<b>52 Mbps</b>

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

En la tabla 3-4 se observa los resultados de las pruebas realizadas al cliente más lejano, a través del software Iperf3. El primer parámetro es el Jitter que tiene como media 2.4 ms, un mínimo de 0.3 ms y un máximo de 12.4 ms. El segundo parámetro evaluado son las pérdidas de los paquetes en este caso posee una media del 1.28%, alcanza un valor máximo del 2.8% y un mínimo del 0.8%. El tercer parámetro evaluado es la latencia de la red que tiene como media 107ms, alcanza un máximo de 290 ms y un mínimo de 70 ms. Finalmente el ultimo parámetro medido es el ancho

de banda que soporta la red en donde la media es de 47 Mbps y sus valores oscilan entre los 30 Mbps y los 60 Mbps.

Los valores obtenidos de jitter y latencia cumplen con las condiciones señaladas, mientras que las pérdidas de los paquetes y el ancho de banda están fuera de los límites establecidos.

**Tabla 3-4:** Pruebas de conectividad al servicio por Radioenlaces – Cliente más lejano

<b>MEDICIONES RADIOENLACES CLIENTE MÁS LEJANO</b>				
<b>N</b>	<b>JITTER</b>	<b>PÉRDIDAS</b>	<b>LATENCIA</b>	<b>BW</b>
1	1,50	1,30%	90	45,00
2	1,20	1,50%	90	45,00
3	0,90	0,80%	110	50,00
4	2,40	1,40%	100	50,00
5	1,90	1,00%	80	50,00
6	1,200	0,80%	120	45,00
7	0,300	1,10%	100	50,00
8	1,200	0,80%	90	50,00
9	12,400	1,40%	90	50,00
10	1,200	0,80%	90	50,00
11	0,600	1,00%	150	45,00
12	1,700	1,20%	290	45,00
13	2,400	1,30%	70	45,00
14	0,90	1,00%	80	40,00
15	1,00	1,40%	90	40,00
16	1,300	1,80%	90	40,00
17	2,40	1,00%	100	50,00
18	1,80	2,80%	110	55,00
19	1,30	1,30%	120	60,00
20	1,50	2,00%	90	45,00
21	1,20	1,10%	90	35,00
22	1,70	1,40%	100	30,00
23	2,50	1,40%	110	50,00
24	10,40	1,00%	90	60,00
25	3,30	0,90%	100	55,00
26	2,10	1,00%	150	50,00
27	1,00	1,40%	150	55,00
28	6,40	1,20%	90	45,00
29	1,80	2,00%	90	40,00
30	2,30	1,20%	100	40,00
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,4 ms</b>	<b>1,28%</b>	<b>107 ms</b>	<b>47 Mbps</b>

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

#### 4.1.2 Pruebas de Conectividad al Servicio de Fibra Óptica

En la tabla 4-4 encontramos los resultados obtenidos de las pruebas de conectividad realizadas al cliente más cercano, por medio del software Iperf3. En el Jitter existe una media de 0.7 ms, posee

unos valores que varían desde los 0.2 ms hasta los 3.1 ms. El segundo parámetro que se evaluó son las pérdidas de los paquetes que tienen una media del 0.66%, alcanza un máximo del 1.5% y un mínimo del 0.2%. En el tercer parámetro que es la latencia tenemos una media de 2 ms, con sus valores que oscilan entre 1 y 3 ms. Finalmente se evalúa el ancho de banda que soporta la red en donde la capacidad máxima es de 90 Mbps y la mínima de 55 Mbps obteniendo un valor medio de 71 Mbps. En comparación con los rangos permitidos podemos concluir que todos los parámetros evaluados para este cliente se encuentran dentro de ellos garantizando un desempeño favorable de la red.

Al realizar el cambio de tecnología al cliente más cercano podemos evidenciar que existe una mejora en cada uno de los parámetros evaluados. En el jitter encontramos que para fibra óptica el valor promedio a reducido 1.4 ms, el ancho de banda ha reducido en 0.58%, la latencia es el valor más considerable en donde podemos observar que se ha reducido en 91 ms y finalmente el ancho de banda para fibra óptica es superior en 19 Mbps.

**Tabla 4-4:** Pruebas de conectividad al servicio de Fibra Óptica – Cliente más cercano

<b>MEDICIONES FIBRA ÓPTICA CLIENTE MÁS CERCANO</b>				
<b>N</b>	<b>JITTER</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>LATENCIA</b>	<b>BW</b>
1	0,30	0,30%	2	80
2	0,40	0,30%	1	70
3	0,30	0,20%	2	80
4	1,30	0,20%	2	90
5	0,30	0,50%	1	75
6	0,20	0,50%	1	75
7	0,30	0,40%	1	75
8	0,40	0,40%	1	80
9	0,40	0,40%	2	80
10	0,30	0,40%	1	75
11	0,20	0,30%	1	70
12	0,30	0,60%	2	70
13	0,40	0,50%	1	80
14	0,20	0,50%	3	75
15	0,30	0,50%	2	80
16	0,30	0,60%	2	55
17	0,30	0,60%	2	60
18	0,50	0,80%	3	65
19	0,30	1,20%	2	60
20	0,50	1,50%	1	65
21	2,90	0,90%	1	60
22	0,30	1,00%	2	70
23	0,40	1,00%	2	75
24	0,90	1,20%	1	60
25	2,30	0,70%	2	60
26	3,10	0,70%	1	70
27	1,20	0,80%	1	70
28	0,40	0,80%	3	60
29	0,50	0,90%	1	70
30	1,40	1,00%	3	60
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,7 ms</b>	<b>0,66%</b>	<b>2 ms</b>	<b>71 Mbps</b>

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

En la tabla 5-4 presentamos los valores obtenidos de las pruebas de conectividad realizadas al cliente más lejano. Primero presentamos el Jitter que tiene una media de 0.9 ms, su valor mínimo es de 0.2 ms y el valor máximo es de 2.9 ms. El segundo parámetro evaluado son las pérdidas de los paquetes en este caso posee una media del 0.78%, alcanza un valor máximo del 1.5% y un mínimo del 0.4%. El tercer parámetro evaluado es la latencia que tiene como media 8ms, y sus valores van desde los 2 ms hasta los 14 ms. Finalmente en el ancho de banda tenemos una media de 65 Mbps y sus valores oscilan entre los 50 Mbps y los 75 Mbps. De acuerdo a los límites permitidos encontramos que todos los parámetros medidos para el cliente más lejano garantizan el correcto funcionamiento interno de la red.

En comparativa con los resultados obtenidos para el servicio de radioenlaces podemos observar que al cambiar de tecnología al cliente más lejano se ha obtenido que el jitter ha reducido en promedio 1.5 ms, las pérdidas de los paquetes ha mejorado en el 0.5%, la latencia a reducido 100 ms y finalmente el ancho de banda ha aumentado su capacidad en 18 ms.

**Tabla 5-4:** Pruebas de conectividad al servicio de Fibra Óptica – Cliente más lejano

<b>MEDICIONES FIBRA ÓPTICA CLIENTE MÁS LEJANO</b>				
<b>N</b>	<b>JITTER</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>LATENCIA</b>	<b>BW</b>
1	0,20	0,60%	4	65
2	0,20	0,90%	6	70
3	0,30	0,50%	4	70
4	0,30	0,80%	6	60
5	2,90	1,20%	8	60
6	0,30	0,50%	8	65
7	0,40	0,40%	4	70
8	0,40	0,70%	2	70
9	0,60	0,50%	10	75
10	0,40	0,80%	2	70
11	1,60	0,40%	8	65
12	0,70	0,60%	8	60
13	1,10	1,10%	8	70
14	0,50	0,40%	6	70
15	0,50	0,60%	8	75
16	0,60	0,60%	8	55
17	0,50	1,10%	12	50
18	0,40	0,70%	10	65
19	0,50	1,00%	14	60
20	1,90	1,50%	10	65
21	0,80	0,70%	10	60
22	1,80	0,60%	12	60
23	1,20	1,00%	12	75
24	0,80	0,70%	10	60
25	0,70	1,00%	8	55
26	1,50	0,60%	14	60
27	2,40	0,90%	4	65
28	0,90	1,30%	14	70
29	1,40	0,80%	12	60
30	1,10	0,90%	12	70
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,90</b>	<b>0,78%</b>	<b>8 ms</b>	<b>65 Mbps</b>

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

## 4.2 Medición de Potencias

De acuerdo a los valores de la tabla 6-4 obtenidos con el software Iperf3, comprobamos que los promedios de las potencias recibidas por los clientes se encuentran dentro del rango establecido por el estándar ITU-T G.984.2 Clase B+, además que los valores medidos se encuentran relacionados con los calculados en el Balance de potencias realizado el capítulo anterior y de esta forma garantizamos un servicio de calidad a los usuarios de la red.

**Tabla 6-4:** Potencias Medidas

MEDICIONES DE POTENCIAS		
N	Cliente más cercano	Cliente más lejano
1	-19,68 dBm	-21,33 dBm
2	-19,68 dBm	-21,33 dBm
3	-19,68 dBm	-21,33 dBm
4	-19,68 dBm	-21,33 dBm
5	-19,68 dBm	-21,33 dBm
6	-19,68 dBm	-21,33 dBm
7	-19,68 dBm	-21,33 dBm
8	-19,68 dBm	-21,33 dBm
9	-19,68 dBm	-21,33 dBm
10	-19,68 dBm	-21,33 dBm
11	-19,68 dBm	-21,33 dBm
12	-19,68 dBm	-21,33 dBm
13	-19,68 dBm	-21,33 dBm
14	-19,68 dBm	-21,33 dBm
15	-19,68 dBm	-21,33 dBm
16	-19,68 dBm	-21,33 dBm
17	-19,68 dBm	-21,33 dBm
18	-19,68 dBm	-21,33 dBm
19	-19,68 dBm	-21,33 dBm
20	-19,68 dBm	-21,33 dBm
21	-19,68 dBm	-21,33 dBm
22	-19,68 dBm	-21,33 dBm
23	-19,68 dBm	-21,33 dBm
24	-19,68 dBm	-21,33 dBm
25	-19,68 dBm	-21,33 dBm
26	-19,68 dBm	-21,33 dBm
27	-19,68 dBm	-21,33 dBm
28	-19,68 dBm	-21,33 dBm
29	-19,68 dBm	-21,33 dBm
30	-19,68 dBm	-21,33 dBm
<b>PROMEDIO</b>	<b>-19,68 dBm</b>	<b>-21,33 dBm</b>

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

## 4.3 Evaluación de las Configuraciones de la Red

Con la finalidad de comprobar el funcionamiento del esquema de calidad de servicio implementado, se procedió a monitorear el tráfico de la red, generado por los clientes de la empresa Mundo-Tronic. Para lo cual se cuenta con 120 clientes existentes en la empresa Mundo-Tronic.

A continuación, se observan los resultados obtenidos al implementar calidad de servicio, aplicando las recomendaciones que el estándar ITU-T G.1000 e ITU-TG.1010 propone para optimizar los tiempos de respuesta a los clientes de un ISP.

Además, al implementar reglas de firewall se logró bloquear el acceso a las IPv4 mencionadas en el oficio SENADI-DNPI-TA-2021-029-OF-NQ y posteriormente se redirecciono a la URL [www.derechosintelectuales.gob.ec](http://www.derechosintelectuales.gob.ec), dando cumplimiento al oficio.

#### 4.3.1 Monitoreo del rendimiento de la red aplicando QoS

Para el análisis del rendimiento de la red, se recolecto los datos estadísticos de la pestaña Queue Tree del enrutador Mikrotik RB4011iGS+RM, para lo cual se reinició los contadores para iniciar con el monitoreo por un periodo de 15 días desde el 6 de abril al 20 de abril del 2021, los resultados permitieron visualizar el promedio de la velocidad, el promedio de los paquetes, el consumo de los clientes, los paquetes procesados y los paquetes descartados, como se observa en la tabla 7-4 las estadísticas del tráfico de descarga y en la tabla 8-4 se observa la estadística del tráfico de carga.

**Tabla 7-4:** Estadísticas Queue Tree del tráfico de descarga

Nombre del Queue	Avg.Rate (Mbps)	Queued Bytes	Bytes (GB)	Paquetes procesados	Paquetes descartados	Porcentaje de paquetes descartados
DESCARGAR TOTAL	747.62	0	59561.9	15.5E+09	0	0.00%
ACK LATENCIA	94.53	0	108.6	1.54E+09	0	0.00%
HTTP/3 Y YOUTUBE	146.3	0	19308.9	3.87E+09	762	0.00%
OTROS PAQUETES	36.2	0	2192.8	1.96E+09	180	0.00%
REDES SOCIALES	113.24	0	13760.7	1.61E+09	370	0.00%
SERVICIOS ESENCIALES	113.5	0	17417.2	0.264E+09	132	0.00%
UTILIDADES	86.3	0	244.6	0.353E+09	773	0.02%
VIDEO	101.25	0	5134.3	3.73E+09	231	0.00%
WHATSSAP	45.11	0	1332.8	1.62E+09	151	0.00%

FREEFIRE	8.01	0	18.4	0.1422E+09	0	0.00%
JUEGOS	0.194	0	47.1	0.467E+09	0	0.00%

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

**Tabla 8-4:** Estadísticas Queue Tree del tráfico de carga

Nombre del Queue	Avg.Rate (Mbps)	Queued Bytes	Bytes (GB)	Paquetes procesados	Paquetes descartados	Porcentaje de paquetes descartados
CARGA TOTAL	9.9	0	2156.1	2.11E+09	0	0.00%
ACK LATENCIA UP	4.4	0	846.2	2.70E+09	0	0.00%
HTTP/3 Y YOUTUBE UP	1.3	0	440.7	2.03E+09	242	0.00%
OTHER UP	0.62	0	138.8	3.15E+08	29	0.00%
REDES SOCIALES UP	0.13	0	38.8	1.09E+08	0	0.00%
SERVICIOS ESENCIALES UP	0.58	0	433.6	5.92E+08	122	0.00%
UTILIDADES UP	0.63	0	41.1	6.24E+08	131	0.00%
VIDEO UP	0.04	0	11.3	1.98E+07	0	0.00%
WHATSSAP UP	1.73	0	187.2	3.64E+08	57	0.00%
FREEFIRE UP	464E-06	0	1.5	1.70E+07	0	0.00%
JUEGOS TCP-UP	0.05	0	16.9	1.79E+08	0	0.00%

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

Como se observa en la tabla 7-4 y tabla 8-4, el porcentaje de los paquetes descartados es prácticamente 0% en todos los servicios, aplicaciones y protocolos priorizados a través del Queue Tree. Además, en la columna de Queued Bytes se observa un valor de 0, lo cual nos indica que no existe ningún paquete en cola.

### 4.3.2 Firewall

De acuerdo con la resolución emitida hacia los proveedores de servicio de internet solicita que se bloquee el acceso a las páginas web que vulneren los derechos intelectuales, es por ello que la empresa Mundo-Tronic acatando las resoluciones emitidas implementa reglas de firewall y servidores Web Proxy para bloquear el acceso a las páginas web y redireccionar a la página web [www.respetoderechosintelectuales.gob.ec](http://www.respetoderechosintelectuales.gob.ec) como se observa en la figura 1-4.



**Figura 1-4:** Página bloqueada a través de ACL's

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

#### 4.4 Presupuesto del Proyecto

Para la implementación de este proyecto se ha utilizado como inversión el presupuesto de la empresa Mundo-Tronic, quienes han cubierto todos los gastos de la implementación.

##### 4.4.1 Costo de implementación de la Planta Interna

El equipamiento de la planta interna se detalla en la tabla 9-4, en ella se ubican todos los equipos que controlan la red.

**Tabla 9-4:** Presupuesto de Planta Interna

Elemento	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Router Mikrotik RB4011iGS+RM	1	\$ 267,00	\$ 267,00
OLT Huawei-MA5608T	1	\$ 3.276,00	\$ 3.276,00
ODF Prisma 24 Puertos	1	\$ 55,00	\$ 55,00
Armario Rack Pysma	1	\$ 924,00	\$ 924,00
<b>Total:</b>			<b>\$ 4.522,00</b>

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

En la implementación de la planta interna se ha invertido un total de 4.522 dólares, repartidos para la adquisición de los diferentes equipos y elementos que se deben instalar dentro del lugar.

#### 4.4.1.1 Costo de implementación de la Red Feeder

Todos los materiales utilizados en la red Feeder se han distribuido para las 3 Zonas.

El análisis del presupuesto de la red Feeder para la Zona I se muestra en la tabla 10-4, en donde se especifica que se invirtió un total de 243 dólares y 90 centavos.

**Tabla 10-4:** Presupuesto de la Red Feeder Zona I

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Cajas Manga porta Splitters	1	\$ 108,55	\$ 108,55
Herrajes de poste	12	\$ 2,30	\$ 27,60
Fibra Óptica G.657.A2 de 8 hilos	407m	\$ 0,25	\$ 101,75
Splitter 1:8	1	\$ 6,00	\$ 6,00
<b>Total:</b>			\$ 243,90

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

El análisis del presupuesto de la red Feeder para la Zona II se muestra en la tabla 11-4, en donde se especifica que se invirtió un total de 1.174 dólares y 20 centavos.

**Tabla 11-4:** Presupuesto de la Red Feeder Zona II

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Cajas Manga porta Splitters	2	\$ 108,55	\$ 217,10
Cajas de Empalme	1	\$ 96,55	\$ 96,55
Herrajes de poste	61	\$ 2,30	\$ 140,30
Fibra Óptica G.657.A2 de 8 hilos	2833m	\$ 0,25	\$ 708,25
Splitter 1:8	2	\$ 6,00	\$ 12,00
<b>Total:</b>			\$ 1.174,20

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

El análisis del presupuesto de la red Feeder para la Zona III se muestra en la tabla 12-4, en donde se especifica que se invirtió un total de 1.443 dólares y 50 centavos.

**Tabla 12-4:** Presupuesto de la Red Feeder Zona III

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Cajas Manga porta Splitters	2	\$ 108,55	\$ 217,10
Cajas de Empalme	1	\$ 96,55	\$ 96,55
Herrajes de poste	112	\$ 2,30	\$ 257,60
Fibra Óptica G.657.A2 de 8 hilos	3441m	\$ 0,25	\$ 860,25
Splitter 1:8	2	\$ 6,00	\$ 12,00
<b>Total:</b>			<b>\$ 1.443,50</b>

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

En la tabla 13-4, se muestra la inversión total de la red Feeder, la misma que alcanzó los 2.861 dólares con 60 centavos.

**Tabla 13-4:** Presupuesto Total de la Red Feeder

<b>Zona</b>	<b>Valor</b>
Zona I	\$ 243,90
Zona II	\$ 1.174,20
Zona III	\$ 1.443,50
<b>Total:</b>	<b>\$ 2.861,60</b>

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

#### 4.4.2 Costo de implementación de la Red de Distribución

Se ha realizado el análisis de la red de Distribución para cada una de las Zonas.

El presupuesto que se utilizó para la red de Distribución de la Zona I se muestra en la tabla 14-4, de acuerdo a los valores obtenidos la inversión alcanza los 1.746 dólares con 20 centavos.

**Tabla 14-4:** Presupuesto de la Red de Distribución Zona I

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Cajas de Distribución de 16 puertos	8	\$ 89,00	\$ 712,00
Herrajes de poste	46	\$ 2,30	\$ 105,80
Fibra Óptica G.657.A2 de 8 hilos	2544m	\$ 0,25	\$ 636,00
Splitters 1:16	8	\$ 36,55	\$ 292,40
<b>Total:</b>			<b>\$ 1.746,20</b>

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

El presupuesto que se utilizó en la implementación de la red de Distribución de la Zona II se muestra en la tabla 15-4, de acuerdo a los valores obtenidos la inversión alcanza los 3.617 dólares con 10 centavos.

**Tabla 15-4:** Presupuesto de la Red de Distribución Zona II

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Cajas de Distribución de 16 puertos	15	\$ 89,00	\$ 1.335,00
Cajas de Empalme	1	\$ 96.55	\$ 96.55
Herrajes de poste	81	\$ 2,30	\$ 186,30
Fibra Óptica G.657.A2 de 8 hilos	5804m	\$ 0,25	\$ 1451,00
Splitters 1:16	15	\$ 36,55	\$ 548,25
<b>Total:</b>			<b>\$ 3.617,10</b>

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

El presupuesto que se utilizó en la implementación de la red de Distribución de la Zona III se muestra en la tabla 16-4, de acuerdo a los valores obtenidos la inversión alcanza los 3.913 dólares con 90 centavos.

**Tabla 16-4:** Presupuesto de la Red de Distribución Zona III

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Cajas de Distribución de 16 puertos	12	\$ 89,00	\$ 1.068,00
Herrajes de poste	126	\$ 96.55	\$ 289,80
Fibra Óptica G.657.A2 de 8 hilos	8470m	\$ 2,30	\$ 2.117,50
Splitters 1:16	12	\$ 0,25	\$ 438,60
<b>Total:</b>			<b>\$ 3.913,90</b>

**Realizado por:** (Sánchez D., Colcha L., 2021)

En la tabla 17-4, se muestra la inversión total de la red de Distribución en las 3 Zonas, la implementación alcanzó los 9.277 dólares con 20 centavos.

**Tabla 17-4:** Presupuesto Total de la Red de Distribución

<b>Zona</b>	<b>Valor</b>
Zona I	\$ 1.746,20
Zona II	\$ 3.617,10
Zona III	\$ 3.913,90
<b>Total:</b>	<b>\$ 9.277,20</b>

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

#### 4.4.3 Costo de implementación de la Red de Dispersión

El análisis del costo de implementación de la red de Dispersión se ha realizado para un total de 120 clientes que aproximadamente son el total de los que se han instalado hasta la última actualización de la información, consideramos que se necesitará como máximo 60 metros de fibra G657A2 de 2 hilos para la instalación de cada uno de los clientes.

En la tabla 18-4 se encuentra el cálculo realizado de la inversión realizada para los 120 clientes, de acuerdo a los valores obtenidos la inversión de la red de Dispersión alcanzó los 6.324 dólares.

**Tabla 18-4:** Presupuesto de la Red de Dispersión

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V. Unitario</b>	<b>V. Total</b>
Carrete de Fibra Óptica G.657.A1 de 2 hilos	7200m	\$ 0,11	\$ 792,00
Rosetas Ópticas	120	\$ 1,50	\$ 180,00
Pigtail SC/PC monomodo	120	\$ 1,60	\$ 192,00
ONU Huawei HG8310M	120	\$ 22,00	\$ 2.640,00
Router TL-WR840N	120	\$ 21,00	\$ 2.520,00
		<b>Total:</b>	<b>\$ 6.324,00</b>

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

#### 4.4.4 Otros gastos de implementación

Como otros gastos en la implementación se ha considerado el pago de arriendo del local y el pago del plan al proveedor del servicio de Internet Telconet y además se considera el pago mensual del servicio de energía eléctrica, todos aspectos se han estimado por un periodo de 12 meses. El contrato del plan consta de 500Mb en donde cada una tiene un costo mensual de 4 dólares. En la tabla 19-4 encontramos el detalle de estos gastos que llegan alcanzar los 30.650 dólares.

**Tabla 19-4:** Otros gastos de implementación

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V. Unitario</b>	<b>V. Total</b>
Pago mensual del arriendo del local	12	\$200,00	\$ 2.400,00
Plan mensual del servicio de Internet	12	\$2.000,00	\$24.000,00
Pago mensual de Energía Eléctrica	12	\$200,00	\$2.400,00
Empalmadora	1	\$1.850,00	\$1.850,00
<b>Total:</b>			<b>\$ 30.650,00</b>

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

#### 4.4.5 Inversión total del proyecto

De acuerdo a todos los gastos realizados en la tabla 20-4 se calcula la inversión total que se ha realizado en el proyecto.

**Tabla 20-4:** Inversión total del proyecto

<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Planta Interna	\$ 4.522,00
Red Feeder	\$ 2.861,60
Red de Distribución	\$ 9.277,20
Red de Dispersión	\$ 6.324,00
Otros gastos	\$ 30.650,00
<b>Total:</b>	<b>\$ 53.634,80</b>

Realizado por: (Sánchez D., Colcha L., 2021)

La inversión total de la implementación del proyecto alcanzo los 53.634 dólares con 80 centavos, todo este dinero fue invertido por la empresa Mundo-Tronic.

## CONCLUSIONES

En la planimetría de campo para garantizar una mejor distribución de la red se dividió el área de trabajo en tres zonas: la primera abarca la parte urbana de Cajabamba, la segunda está conformada por los sectores de Sicalpa LigLig, Sicalpa Anita, Sicalpa San Francisco, Sicalpa Viejo Barrio Central, Sicalpa Huiñatuz, Sicalpito, El Resen y Chiquicaz, mientras que la tercera está formada por Guerra Loma, Rayo Loma y Cruz Loma, y además se determinó la ubicación ideal para cada uno de los elementos de la red.

El diseño de la red se basó en estándares y normativas de la ITU-T y CNT-EP, de acuerdo a ello se determinó la utilización del cable de fibra óptica G.657.A2, la colocación de 5 Cajas Manga, 35 Cajas de Distribución Óptica, dos niveles de splitteo, el primero 1:8 y el segundo 1:16.

La implementación de la red fue realizada siguiendo los lineamientos establecidos en las Normas de Construcción de Planta Externa de la CNT-EP y verificando el cumplimiento del diseño elaborado. El trabajo se desarrolló conjuntamente con el personal técnico de la empresa Mundo-Tronic en donde los tesisistas actuamos como fiscalizadores de la obra, y el Gerente de la Empresa es quien avala nuestro trabajo realizado.

La aplicación de un esquema de calidad de servicio (QoS) fundamentado en la recomendación UIT-T G.1000, posibilitó que la empresa Mundo-Tronic perfeccione significativamente su servicio de provisión de Internet optimizando los recursos tecnológicos de la empresa.

El esquema de calidad de servicio aplicado en la empresa Mundo-Tronic contribuyó a que las aplicaciones y servicios tengan una prioridad de atención en el enrutador, disminuyendo los tiempos de respuesta y una operación más óptima de las aplicaciones con mayor demanda por los usuarios, de igual forma los valores obtenidos de las potencias entregadas a los clientes son óptimas ya que se encuentran dentro del rango calculado por medio del balance de potencias que se realizó.

La aplicación de ACL permitió proteger los derechos intelectuales y a su vez se acató el oficio No. SENADI-DNDA-TA 2021-038-OF-NQ, bloqueando el acceso a las páginas web que vulneran estos derechos intelectuales.

## **RECOMENDACIONES**

Para la implementación de la red es recomendable contar con mayor cantidad de equipos, materiales y personal técnico que faciliten y agilicen el trabajo, además es necesario seguir minuciosamente el diseño elaborado y tomar las indicaciones de los estándares de la ITU-T, así como para el diseño y la implementación es necesario guiarse en las normativas creadas por parte de la CNT-EP.

En el tendido de la fibra se debe tener cuidado con el cable para no causarle daños como rupturas, fisuras u otros, que posteriormente provoquen problemas a la red y cuando sea necesario implementar los empalmes se deben realizar cuidadosamente verificando que las pérdidas obtenidas sean lo más bajas posibles.

Recomendamos a la empresa Mundo-Tronic mudar toda la infraestructura de Radioenlaces a fibra óptica para generar mayor satisfacción a sus clientes asegurando de esta manera unas buenas recomendaciones que ayuden a incrementar los clientes, además sería algo beneficioso para el ISP abrir nuevas zonas de mercado en la provincia de Chimborazo y en un futuro llegar fuera de ella.

## BIBLIOGRAFÍA

**AEROTERRA - ESRI.** *ArcGIS Pro*. [blog]. [Consulta: 29 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.aeroterra.com/es-ar/productos/arcgis-pro/introduccion>.

**ALCÍVAR PONCE, Jefferson Stalin.** Diseño e Implementación de una Red de Fibra Óptica FTTH utilizando el Estándar GPON entre la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones y sus Laboratorios en la Universidad Estatal Península de Santa Elena [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Ecuador. 2015. [Consulta: 2021-10-18]. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2364/1/UPSE-TET-2015-0003.pdf>.

**ALIEXPRESS.** *Reflectómetro de dominio de tiempo óptico TMO-350*. [blog] [Consulta: 15 noviembre 2021]. Disponible en: <https://es.aliexpress.com/item/4000306562908.html?spm=a2g0o.seodetail.topbuy.1.6c7f25dbCoqble>.

**ALTAMIRANO MEJIA, José Luis.** Implementación Óptica para mejorar el Tráfico de Red, entre los Distritos de San Isidro y Miraflores [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Villa El Salvador, Perú. 2017. [Consulta: 2021-10-02]. Disponible en: [http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/415/1/Altamirano\\_Jose\\_Trabajo\\_Suficiencia\\_2017.pdf](http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/415/1/Altamirano_Jose_Trabajo_Suficiencia_2017.pdf).

**ARGÜELLO OLMEDO, Paulina Eliana.** Diseño e Implementación de la Red FTTH en la Mitad del Mundo y Carcelén Bajo utilizando Tecnología GPON para la Empresa Puntonet S.A [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. 2016. [Consulta: 2021-10-04]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13076/1/UPS%20-%20ST002254.pdf>.

**ARIAS DE LA CRUZ, Joseph William.** Diseño de una red FTTH utilizando el estándar GPON para el distrito de Magdalena del Mar [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. 2015. [Consulta: 2021-10-02]. Disponible en: [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/7506/ARIAS\\_JOSEPH\\_RED\\_FTTH\\_GPON\\_MAGDALENA\\_DEL\\_MAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/7506/ARIAS_JOSEPH_RED_FTTH_GPON_MAGDALENA_DEL_MAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**AUTODESK LAM.** *Autodesk. AutoCAD*. [blog]. [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en: <https://latinoamerica.autodesk.com/products/autocad/features>.

**BATNA24.** *Huawei HG8310M ONT*. [blog] [Consulta: 15 noviembre 2021]. Disponible en: [https://files.wifihw.cz/attachstore/StoItem/\\_3/3744/HG8310M\\_data.pdf](https://files.wifihw.cz/attachstore/StoItem/_3/3744/HG8310M_data.pdf).

**BENAVIDES LASCANO, Elvis Fabricio.** Análisis de una propuesta para un Diseño de una Red GPON de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT para brindar un mejor servicio de voz y datos en COOP. Brisas del Norte de la ciudad de Guayaquil [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de Guayaqui, Guayaquil, Ecuador. 2016. [Consulta: 2021-10-03]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20553/1/Benavides%20Lascano%20Elvis%20Fabricio.pdf>.

**CABLIX.** *Mikrotik - Fiber Optic Horizontal Closure Black color.* [blog]. Septiembre, 2020. [Consulta: 14 noviembre 2021]. Disponible en: <https://mikrotik-mexico.com.mx/wp-content/uploads/2020/09/DS-OSCH-12.pdf>.

**CABLIX.** *Mikrotik México - FAST CONNECTOR SC APC/UPC.* [blog]. Septiembre, 2020. [Consulta: 15 noviembre 2021]. Disponible en: <https://mikrotik-mexico.com.mx/wp-content/uploads/2020/09/OCF9SC-SX.pdf>.

**CABLIX.** *Mikrotik México - Fiber Optic Horizontal Closure Black color.* [blog]. 04 noviembre, 2021. [Consulta: 15 noviembre 2021]. Disponible en: <https://mikrotik-mexico.com.mx/wp-content/uploads/2021/11/DS-OSCH-48-V2.pdf>.

**CABLIX.** *Mikrotik México - Fiber Optic Termination Box.* [blog]. 04 noviembre, 2021. [Consulta: 15 noviembre 2021]. Disponible en: [https://mikrotik-mexico.com.mx/wp-content/uploads/2021/11/DS-OTB-0616AOHX\\_2-1.pdf](https://mikrotik-mexico.com.mx/wp-content/uploads/2021/11/DS-OTB-0616AOHX_2-1.pdf).

**CABLIX.** *Mikrotik México - Fiber Optic Termination Box 02 FO.* [blog]. Septiembre, 2020. [Consulta: 15 noviembre 2021], Disponible en: <https://mikrotik-mexico.com.mx/wp-content/uploads/2020/09/OTB-0602AIW.pdf>.

**CABLIX.** *Mikrotik México - Optical SPLITTER Single Mode NO connector.* [blog]. 04 noviembre, 2021. [Consulta: 15 noviembre 2021]. Disponible en: <https://mikrotik-mexico.com.mx/wp-content/uploads/2021/11/DS-Optic-Splitter-OSP9-NC.pdf>.

**CABLIX.** *Mikrotik México - PigTail Fiber Simplex 1.5M/0,9.* [blog]. Septiembre, 2020. [Consulta: 15 noviembre 2021]. Disponible en: <https://mikrotik-mexico.com.mx/wp-content/uploads/2020/09/OT9-XX-15Z.pdf>.

**CARRION TORRES, Walter Oswaldo, & CEVALLOS CUENCA, Diego Fernando.** Estudio y diseño de la red de fibra optica para el transporte de aplicación triple play en el trayecto Cuenca-Girón-Pasaje [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. 2011. [Consulta: 2021-10-15]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1081/12/UPS-CT002149.pdf>.

**CASTRO MANDUJANO, Rolando Carlos.** Diseño de una red FTTH basado en el estándar GPON para la conexión de videocámaras para el distrito de San Martin de Porres [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú. 2019. [Consulta: 2021-10-12]. Disponible en:

[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625704/castro\\_mr.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625704/castro_mr.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**CHAUCA, Edison.** Diseño de una red FTTH con tecnología GPON para la migración de una red ADSL para 500 usuarios (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 2020.

**CHAYÑA BURGOS, Jose Pio.** Diseño de una red de acceso FTTH utilizando el estándar GPON para la empresa AMITEL S.A.C, Puno [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. 2017. [Consulta: 2021-07-26]. Disponible en: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3859/T012\\_41528456\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3859/T012_41528456_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**CISCO.** *Netacad.* [blog]. [Consulta: 15 julio 2021]. Disponible en: <https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/ITN50ES/module8/8.1.4.6/8.1.4.6.html>.

**CNT.** *Instructivo para nomenclatura de elementos de infraestructura de Planta Externa.*

**CNT.** *Normas Técnicas de Construcción De Planta Externa.*

**CONCHA, José.** *Mikrotik – Simple Queues and Queue Tree* [blog]. 2020. [Consulta: 21 noviembre 2021]. Disponible en: <https://blog.zenitx.com/mikrotik-simple-queues-and-queue-tree/>.

**CONTRATO SOCIAL POR LA EDUCACIÓN; COOPERACIÓN BELGA AL DESARROLLO; PLAN INTERNATIONAL.** *Dialogo cantonal sobre educación, COLTA. Contrato Social por la Educación Plan Internacional Ecuador* [blog]. Octubre, 2016. [Consulta: noviembre 30 2021]. Disponible en: <http://contratosocialecuador.org/images/publicaciones/CCE/DC-Colta.pdf>.

**CRUZ NAULA, Nataly Estefania.** Diseño de una red FTTx utilizando estándar G.984.x para proveer servicio triple play en la zona urbana del cantón Chambo [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2019. [Consulta: 2021-10-12]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11020/1/98T00243.pdf>

**ECURED.** *Opnet Modeler Technologies.* [blog]. [Consulta: 10 octubre 2021]. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Opnet\\_Modeler](https://www.ecured.cu/Opnet_Modeler).

**ESCALANTE, M.** *RouterOS. Conceptos Fundamentales de Mikrotik RouterOS.* [En línea]. [Consulta: 30 julio 2021]. Disponible en: <https://www.voipdo.com/wp-content/uploads/2018/03/Conceptos-Fundamentales-de-MikroTik-RouterOS-v6.39.2.01-3.pdf>.

**GIGANET COMMUNICATIONS.** *ODF Prisma.* [blog]. [Consulta: 30 octubre 2021]. Disponible en: <https://giganetonline.com/shop/product/gcf-24apc-organizador-para-fibra-optica-odf-24-puertos-modular-sc-apc-incluye-pigtail-marca-prisma-2990?category=2625>.

**ILBAY YUPA, Hipatia Teresa.** Diseño de una Red de Accesos GPON en la ESPOCH para Proveer Servicios Triple-Play (Voz, Video y Datos) [En línea] (Trabajo de titulación).

(Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2016. [Consulta: 2021-10-08]. Disponible en:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6429/1/98T00125.pdf>.

**ITU-T, G.1010.** *End-user multimedia QoS categories.*

**ITU-T, G.651.1.** *Características de los cables de fibra óptica multimodo de índice gradual de 50/125  $\mu\text{m}$  para la red de acceso óptico.*

**ITU-T, G.652.** *Características de las fibras y cables ópticos monomodo.*

**ITU-T, G.653.** *Características de los cables y fibras ópticas monomodo con dispersión desplazada.*

**ITU-T, G.654.** *Características de los cables de fibra óptica monomodo con corte desplazado.*

**ITU-T, G.655.** *Características de fibras y cables ópticos monomodo con dispersión desplazada no nula.*

**ITU-T, G.656.** *Características de las fibras y cables con dispersión no nula para el transporte óptico de banda ancha.*

**ITU-T, G.657.** *Características de las fibras y cables ópticos monomodo insensibles a la pérdida por flexión.*

**ITU-T, G.983.1.** *Sistemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas.*

**ITU-T, G.984.1.** *Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales.*

**ITU-T, G.984.2.** *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos.*

**ITU-T, G.984.5.** *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Banda de ampliación.*

**ITU-T, L.12.** *Empalmes de fibra óptica. Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior.*

**JARRIN, Rodrigo.** *Estudio de Ingeniería para la dotación de acceso a internet al cantón Colta.* Consulta: 10 septiembre 2021.

**JUMA CHIMBO, Maritza Elizabeth, & CHACÓN PIZARRO, Carlos Andrés.** Diseño, Implementación y Evaluación de Redes GPON y EPON para CITYCOM CIA.LTDA. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. [Consulta: 2021-10-09]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20305/1/UPS-CT009145.pdf>.

**LÓPEZ, Mauricio; et al.** "Estudio Comparativo de Redes GPON y EPON". *Scientia Et Technica* [en línea], 2009, (Colombia) 15(41), pp. 321-326. [Consulta: 28 julio 2021]. ISSN 0122-1701. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/849/84916680058.pdf>.

**MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL; INSTITUTO ESPACIAL ECUATORIANO; SECRETARÍA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO; MAGAP.** *"Memoria Técnica Cantón Colta - Socioeconómico". Generación de Geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1:25000* [blog]. [Consulta: 14 noviembre 2021].

Disponible en: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA3/NIVEL\\_DEL\\_PDOT\\_CANTONAL/CHIMBORAZO/COLTA/IEE/MEMORIAS\\_TECNICAS/mt\\_colta\\_socioeconomico.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA3/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/CHIMBORAZO/COLTA/IEE/MEMORIAS_TECNICAS/mt_colta_socioeconomico.pdf).

**MUÑOZ, M.** *Routers MikroTik utilizando mangle para ruteos especiales* [en línea]. [Consulta: 20 noviembre 2021]. Disponible en: [https://mum.mikrotik.com/presentations/GT17/presentation\\_4090\\_1485275947.pdf](https://mum.mikrotik.com/presentations/GT17/presentation_4090_1485275947.pdf).

**OBLITAS, Jorge.** *Conectores de Fibra Optica y Tipos de Pulido*. Scribd [blog]. 28 noviembre, 2014. [Consulta: 10 noviembre 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/248570987/Conectores-de-Fibra-Optica-y-Tipos-de-Pulido>.

**OPTIWAVE.** *OptiSystem Overview* [blog]. [Consulta: 22 octubre 2021]. Disponible en: <https://optiwave.com/optisystem-overview/>.

**OPTIWAVE SYSTEM INC.** *OptiSystem* [blog]. [Consulta: 23 octubre 2021]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/marketplace/pp/prodview-qy6g3uwp5sgq4>.

**OPTRAL.** *Fibra Óptica Monomodo SMF – G657* [blog]. [Consulta: 15 noviembre 2021]. Disponible en: <https://c3comunicaciones.es/Documentacion/G657.pdf>.

**PROMAX.** *Tipos de conectores de fibra óptica* [blog]. 26 septiembre, 2019. [Consulta: 12 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.promax.es/esp/noticias/578/tipos-de-conectores-de-fibra-optica-guia-sencilla/>.

**QUISNANCELA, Edison & ESPINOSA, Nikolai.** "Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x". Enfoque UTE [en línea], 2016, Ecuador 7(4), pp.16-30. [Consulta: 18 julio 2021]. ISSN 1390-9363. Disponible en: <http://oaji.net/articles/2017/1783-1483464784.pdf>.

**RODRÍGUEZ, Asis.** *Tipos de cables de fibra óptica. [En línea] 18 de marzo de 2014* [blog]. [Consulta: 14 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.fibraoptica hoy.com/tipos-de-cables-de-fibra-optica-2/>.

**SALCEDO CASTILLO, Juan Eduardo.** Diseño y Emulación de una Red de Datos con Priorización de Servicios en la Unidad Educativa Suizo Ambato [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. 2020. [Consulta: 2021-10-15]. Disponible en: [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/18268/Tesis\\_JSalcedo%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/18268/Tesis_JSalcedo%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**SÁNCHEZ PICO, Jorge Jair.** Desarrollo de la Red FTTH con Tecnología GPON de la Empresa Alfatel para la Ciudad El Ángel Provincia del Carchi [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. 2021. [Consulta: 2021-07-25]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19785/1/UPS%20-%20TTS243.pdf>.

**SEIKOFIRE TECHNOLOGY.** *Medidor De Potencia Óptica S300* [blog]. [Consulta: 15 noviembre 2021]. Disponible en: [https://www.seikofire.com/pocketsize-optical-power-meter-s300\\_p15.html](https://www.seikofire.com/pocketsize-optical-power-meter-s300_p15.html).

**SHOP DELTA.** *Ficha Técnica - Empalmadora de Fibra Óptica AI-9* [blog]. [Consulta: 15 noviembre 2021]. Disponible en: [https://shopdelta.eu/pdf.php?page=shop/datasheet&product\\_id=15462](https://shopdelta.eu/pdf.php?page=shop/datasheet&product_id=15462).

**SILEXFIBER.** *Conectores Fibra Óptica* [blog]. 2016. [Consulta: 12 noviembre 2021]. Disponible en: <https://silexfiber.com/conectores-fibra-optica/>.

**SOZAW.** *Cable de Fibra Óptica ADSS* [blog]. 18 octubre, 2012. [Consulta: 15 octubre 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/110422843/Cable-de-fibra-optica-ADSS>.

**SYSCOM EPCOM.** *The 4011 Series Fuel Your Network - RB4011iGS+RM* [blog]. [Consulta: 30 octubre 2021]. Disponible en: [https://ftp3.syscom.mx/usuarios/ftp/2018/08/29/1314e/RB4011iGS\\_RM.pdf](https://ftp3.syscom.mx/usuarios/ftp/2018/08/29/1314e/RB4011iGS_RM.pdf).

**THUNDER-LINK.** *Huawei MA5608T* [blog]. [Consulta: 30 octubre 2021]. Disponible en: [https://www.thunder-link.com/HUAWEI-MA5608T\\_p565.html](https://www.thunder-link.com/HUAWEI-MA5608T_p565.html).

**TORRES, Juan Antonio.** Herramientas de software de simulación para redes de comunicaciones [En línea] (Trabajo de titulación). (Especialista) Universidad Nacional de la Plata, La Plata, Argentina. 2015. pp. 34-37. [Consulta: 2021-10-12]. Disponible en: [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/48644/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/48644/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=3&isAllowed=y).

**TP-LINK.** *TL-WR840N-Router Inalámbrico* [blog]. [Consulta: 16 noviembre 2021]. Disponible en: [https://static.tp-link.com/res/down/doc/TL-WR840N\\_2.0.pdf](https://static.tp-link.com/res/down/doc/TL-WR840N_2.0.pdf).

**Zamora, Andrea.** Evaluación para el Control de Tráfico y QoS en el entorno de redes de datos mediante Tecnología MIKROTIK [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2014. [Consulta: 2021-11-16]. Disponible: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/2816/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-72.pdf>.

## ANEXOS

**Anexo A:** Encuesta realizada a los habitantes del área de implementación.



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

**Objetivo:** Obtener datos estadísticos de la conectividad a internet, por medio de la ejecución de encuestas a los habitantes del área de implementación, para determinar la cantidad de clientes y futuros clientes de la empresa Mundo-Tronic y además proveer un plan ideal para los clientes.

**Instrucción:** Seleccione una o más respuestas de acuerdo a la pregunta.

1. En la actualidad, ¿Cuenta con el servicio de internet en su hogar?
  - Si
  - No
  
2. ¿Usted estaría dispuesto a adquirir el servicio de internet en su hogar con fibra óptica?
  - Si
  - No
  
3. ¿Cuál sería su plan ideal para el servicio de internet?
  - 20-40 Mbps
  - 41-60 Mbps
  - 61-80 Mbps
  - Más de 80 Mbps
  - Ninguno

4. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el plan escogido?

- Menos de 20 dólares americanos
- 20-30 dólares americanos
- 31-40 dólares americanos
- 41-50 dólares americanos
- Más de 50 dólares americanos
- Ninguno

NOTA: Si su respuesta en la pregunta 1 fue “Si” continúe, caso contrario su encuesta finaliza en la pregunta número 4. Gracias por su colaboración.

5. ¿Qué tipo de conexión a internet le brinda su actual proveedor de servicio de internet?:

- Fibra óptica
- Radio enlaces (Antena)
- ADSL (Línea Telefónica)
- Telefonía móvil

6. En general, ¿cómo se siente acerca de su experiencia con su actual proveedor de servicios de Internet?

- Excelente
- Muy bien
- Bueno
- Aceptable
- Mala

7. Es cliente de la empresa Mundo-Tronic

- Si
- No

8. De acuerdo a su experiencia con su actual proveedor de servicio a Internet, califique los siguientes parámetros

	Excelente	Bueno	Aceptable	Malo
Confiabilidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Velocidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desconexiones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. ¿Considera justo el precio que cancela por su servicio de internet?

- Si
- No

10. Seleccione las aplicaciones que más utiliza

- Microsoft Teams
- Zoom
- Redes Sociales
- Netflix
- YouTube
- IPTV
- Correo Electrónico
- Almacenamiento en la nube

# THE 4011 SERIES

FUEL YOUR NETWORK



The RB4011 uses the amazingly powerful quad core Cortex A15 chip from Annapurna labs, an Amazon company, same as in our carrier grade RB1100AHx4 unit. The CPU supports IPsec hardware acceleration, there is 1GB of RAM, so this device will easily handle any task you have configured RouterOS to perform. All of this power, in a compact, fanless and professional looking solid metal enclosure in matte black.



1.4GHZ CPU

X4

QUAD CORE ARM



IPSEC ACCELERATED



## RB4011iGS+RM

In addition to the ten 1 Gbps ethernet ports, an SFP+ port provides optional 10 Gbps connectivity through an SFP+ module (not included). All of this power, in a compact and professional looking solid metal enclosure in matte black.

The ethernet model includes two rackmount ears, that will securely fasten the unit in standard 1U rack space.

## Specifications

Product code	RB4011iGS+RM
CPU	4 core AL21400 1.4 GHz
Size of RAM	1 GB
Storage	NAND 512 MB
10/100/1000 Ethernet ports	10
SFP+ port	1
Switch chip model	RTL8367SB
Power Jack	1
PoE in	Yes (port 1), passive, 18 - 57 V
PoE out	Yes (port 10), passive, up to 57 V
Max power consumption	18 W without PoE out, 33 W with PoE out
Supported input voltage	12 V - 57 V (jack)
Voltage Monitor	Yes
PCB temperature monitor	Yes
Operating temperature	-40 C .. +70 C
Dimensions	228 x 120 x 30 mm
Serial port	RJ45
License level	5
Operating System	RouterOS

## Included



24 V 1.5 A power adapter



Rack mount

## Ethernet test results

RB4011iGS+RM		Max possible throughput					
Mode	Configuration	1518 byte		512 byte		64 byte	
		kpps	Mbps	kpps	Mbps	kpps	Mbps
Bridging	none (fast path)	806.4	9,792.9	2,312.9	9,473.6	5,509.7	2,821.0
Bridging	25 bridge filter rules	806.4	9,792.9	1,037.4	4,249.2	1,153.2	590.4
Routing	none (fast path)	806.4	9,792.9	1,923.3	7,877.8	5092.3	2,607.3
Routing	25 simple queues	806.4	9,792.9	1,046.6	4,286.9	960.3	491.7
Routing	25 ip filter rules	593.7	7,209.9	625.2	2,560.8	564.6	289.1

RB4011iGS+RM

## IPsec test results

RB4011iGS+RM		RB4011iGS+RM IPsec throughput					
Mode	Configuration	1400 byte		512 byte		64 byte	
		kpps	Mbps	kpps	Mbps	kpps	Mbps
Single tunnel	AES-128-CBC + SHA1	140.8	1577	141.2	578.4	139.9	71.6
256 tunnels	AES-128-CBC + SHA1	192.7	2158.2	200.5	821.2	203.4	104.1
256 tunnels	AES-128-CBC + SHA256	192.4	2154.9	200.5	821.2	203.4	104.1
256 tunnels	AES-256-CBC + SHA1	180.0	2016.0	188.2	770.9	190.3	97.4
256 tunnels	AES-256-CBC + SHA256	180.0	2016.0	188.2	770.9	190.3	97.4
256 tunnels	AES-128-GCM	192.7	2158.2	202.2	828.2	203.4	104.1



RB4011iGS+RM



## Huawei MA5608T - Mini OLT (Optical Line Terminal)

Compact design supporting flexible deployment of xPON, VDSL2+POTS Combo, and Ethernet for residential or business service applications.

### Product Highlights

**Compact and modular design:** 2 RU, 19" rack mounting, 12" depth.

**I/O Slots:** 2 slots for service cards, 2 slots for switch and control cards, 1 slot for redundant power input.

**Switch and control card with uplink ports:** 60 Gbps switch card with integrated 2 port 10GbE and 2 port 1GbE WAN uplinks.

**Service cards:** 8 or 16 port GPON, 4 port XG-PON1, 48 port VDSL2+POTS Combo.

**All service cards are interchangeable with other MA5600 Series OLTs.**

#### Large capacity in Small Size –

- 200 Gbps backplane
- 20 Gbps/slot capacity
- 120 Gbps load sharing switching capacity
- 2x10 Gbps uplink capacity

#### Advanced Layer 2 Functions –

- QoS with traffic classification and L2 forwarding policy
- Standard VLAN, QinQ VLAN, VLAN stacking
- Flexible QinQ VLAN tagging
- DHCP Option 82 in L2 mode
- MEF-9 & MEF-14 certification

#### L3 Functions for maximum deployment flexibility –

- ARP, ARP proxy
- DHCP relay, DHCP proxy
- Static routing
- Dynamic routing: RIP, OSPF, ECMP
- Multicast: IGMP v2/v3, IGMP proxy, IGMP snooping

#### High Reliability –

- WAN uplink redundancy: BFD, MSTP, LACP, RSTP, RRPP
- Fiber redundancy with 50ms switchover
- Carrier Class Availability: Dual switch and control card, dual power input, PON port redundancy



The MA5608T Mini OLT is designed to address Fiber to the premise (FTTP) or deep fiber deployment scenarios where a large OLT chassis may not be the best fit for a variety of reasons. Huawei's mini OLT MA5608T is designed to be the perfect complement to the other MA5600 series larger OLTs and offers the same carrier grade features and performance.

MA5608T's compact and front access design make it an ideal solution for deployments in locations such as space-constrained huts, outdoor cabinets or building basements. It has AC and DC powering options, extended temperature range, and offers easy installation.

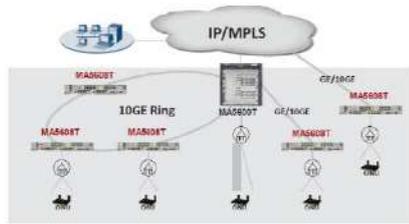
Designed to support ever-increasing bandwidth demand, MA5608T has 200 Gbps backplane. The combination of the high-capacity and line interfaces with best-in-class performance allows the operators to deliver a range of services for maximum revenue at highly competitive cost points.

The MA5608T shares the same product architecture with the MA5600 series OLTs to allow seamless network growth. It features:

- Shared services cards including GPON, XG-PON1 and VDSL2+POTS Combo. Any card, any slot in any combination.
- Dual switching and control cards for redundancy and loadsharing with GE and 10GE uplinks.
- Same software features and functions as other MA5600 series OLTs and interoperability with a large suite of ONTs, DSL CPEs, and Softswitches for voice service.

## Product Features

<b>GPON</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 16 ports per card or 8 ports per card</li> <li>• Robust Compliance to G.984 Series standards with 2.5/1.2 Gbps downstream and 1.2Gbps line speed performance</li> <li>• Support for B+ or C+ optical modules (SFPs) with max 40km differential distance</li> <li>• Up to 1:128 split ratio per GPON port</li> <li>• Optical Power Monitoring, Real Time Rogue ONT detection/isolation</li> </ul>
<b>XG-PON1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 ports per card</li> <li>• Fully compatible with GPON - compliance G.987 Series standards with 10/2.5 Gbps line speed performance</li> <li>• Supports XFP optical modules</li> </ul>
<b>VDSL2+POTS Combo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 48 VDSL2 and POTS integrated ports with up to 17a profile</li> <li>• Two-pair bonding for maximum speed</li> <li>• G.INP (G.998.4) support for re-transmission at the physical layer</li> <li>• Built-in support for SELT, DELT, and MELT</li> <li>• POTS line Loop-Start Operation</li> <li>• Ringing Mode – Balanced ringing with -15VDC offset on "Ring"</li> <li>• Multiple CODECs – G.711 (μ-Law and A-Law), G.729, G.723, G.726</li> </ul>



### MA5608T can be deployed in many different scenarios including:

- Direct interface to IP/MPLS networks
- Subtended via an aggregation node, e.g. MA5600T
- In a ring topology with MA5600T serving as the master node

## Product Specifications

<b>Powering Options</b>	DC: -38.4VDC to -72VDC; AC: 100V to 240V
<b>Dimensions (Height x Width x Depth)</b>	3.47in x 17.4in x 9.63in
<b>Operating Temperature</b>	-40° F to +149° F
<b>Storage Temperature</b>	-40° F to +158° F
<b>Cooling</b>	Two multispeed fans, providing left to right forced air flow
<b>Weight</b>	7.8 lbs (3.55 kg) empty
<b>Operating Humidity</b>	5% to 85%, non-condensing, Altitude: 197 ft (60 m) below sea level to 13,123 ft (4,000 m) above sea level
<b>Regulatory and Safety</b>	UL listed, FCC, NEBS Level 3



Huawei Technologies (USA)  
5700 Tennyson Pkwy., Ste 500  
Plano, TX 75024  
Main: 214-919-6000  
Email: [usasales@huawei.com](mailto:usasales@huawei.com)

Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2014.  
All Rights Reserved. The information contained in this document is for reference purpose only, and is subject to change or withdrawal according to specific customer requirements and conditions.

Huawei is a leading global provider of communication telecom networks and is currently serving 45 of the world's top 50 telecom operators to support the communications of one-third of the world's population. The company is committed to providing innovative and customized products, services and solutions to create long-term value and growth potential for its customers.

**For more information, please visit [www.huawei.com/us](http://www.huawei.com/us).**

innovation through technology

# A Smarter Way for Your Broadband Life

Huawei HG8310M, an intelligent bridging-type ONT

Smart service, interconnection, and O&M



## Device Parameters

Dimensions (H x W x D)	(115 x 94 x 27) mm (V300R015C00 and earlier) (82 x 90 x 27) mm (V300R015C10)	Static power consumption	3W (V300R015C00) 2W (V300R015C10)
Weight	<500 g	Max power consumption	3.5W (V300R015C00) 2.5W (V300R015C10)
Operating temperature	0°C~+40°C	Power supply	11V~14V DC, 0.5A
Operating humidity	5% RH to 95% RH (non-condensing)	Ports	1GE
Power adapter input	100V~240V AC, 50Hz~60Hz	Indicators	POWER/PON/LOS/LAN

## Interface Parameters

GPON Port	Ethernet Port	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Class B+</li> <li>Receiver sensitivity: -27dBm</li> <li>Wavelengths: US 1310nm, DS 1490nm</li> <li>Wavelength blocking filter (WBF)</li> <li>Flexible mapping between GEM Port and TCONT</li> <li>GPON: consistent with the SN or password authentication defined in G.984.3</li> <li>Bi-directional FEC</li> <li>SR-DBA and NSR-DBA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ethernet port-based VLAN tags</li> <li>1:1 VLAN, N:1 VLAN or VLAN transparent transmission</li> <li>QinQ VLAN</li> <li>Limit on the number of learned MAC addresses</li> <li>MAC address learning</li> <li>Local switching/isolation based on Ethernet ports</li> <li>Transparent transmission of IPv6 packets at Layer 2</li> </ul>	 

## Product Function

QoS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ethernet port rate limitation</li> <li>802.1p priority</li> <li>SP/WRR/SP+WRR</li> <li>Broadcast packet rate limitation</li> <li>Flow mapping based on the VLAN ID, port ID, or/and 802.1p</li> </ul>	Smart O&M	<ul style="list-style-type: none"> <li>Variable-length OMCI messages</li> <li>Active/Passive rogue ONT detection and isolation</li> <li>PPPoE/DHCP simulation testing</li> </ul>
Security	<ul style="list-style-type: none"> <li>MAC address filtering</li> </ul>	O&M	<ul style="list-style-type: none"> <li>OMCI/Web UI</li> <li>Dual-system software backup and rollback</li> <li>802.1ag Ethernet OAM</li> <li>Optical link measurement and diagnosis</li> <li>Loopback check</li> </ul>
Power Saving	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indicator power saving</li> <li>Power consumption reduction of idle components in power-saving state</li> </ul>	Multicast	<ul style="list-style-type: none"> <li>IGMP v2/v3 snooping</li> <li>MLD v1/v2 snooping</li> <li>Fast leave</li> <li>VLAN tag translation, transparent transmission, and removal for downstream multicast packets</li> <li>IGMP/MLD protocol packet rate limitation</li> </ul>

**TP-LINK®**

## 300Mbps Wireless N Router

### TL-WR840N

#### ⦿ Features:

- Wireless N speed up to 300Mbps makes it ideal for bandwidth consuming or interruption sensitive applications like video streaming, online gaming and VoIP
- Backward compatible with 802.11b/g products
- WDS wireless bridge provides seamless bridging to expand your wireless network
- Easily setup a WPA encrypted secure connection at a push of the WPS button
- Guest Network allows you to create a separate network to share safely with guests
- Bandwidth control allows administrators to determine how much bandwidth is allotted to each PC
- Parental control allows parents or administrators to establish restricted access policies for children or staff
- Supports virtual server, special application and DMZ host ideal for creating a website within your LAN
- Easy Setup Assistant provides quick & hassle free installation
- TP-LINK Tether App lets you manage your network with ease



#### ⦿ Description:

The 300Mbps Wireless N Router TL-WR840N is a combined wired/wireless network connection device designed specifically for small business and home office networking requirements. The TL-WR840N creates an exceptional and advanced wireless performance, making it ideal for streaming HD video, VoIP and online gaming. Also, Wi-Fi Protected Setup (WPS) button on the sleek and fashionable exterior ensures WPA2 encryptions, preventing the network from outside intrusions.

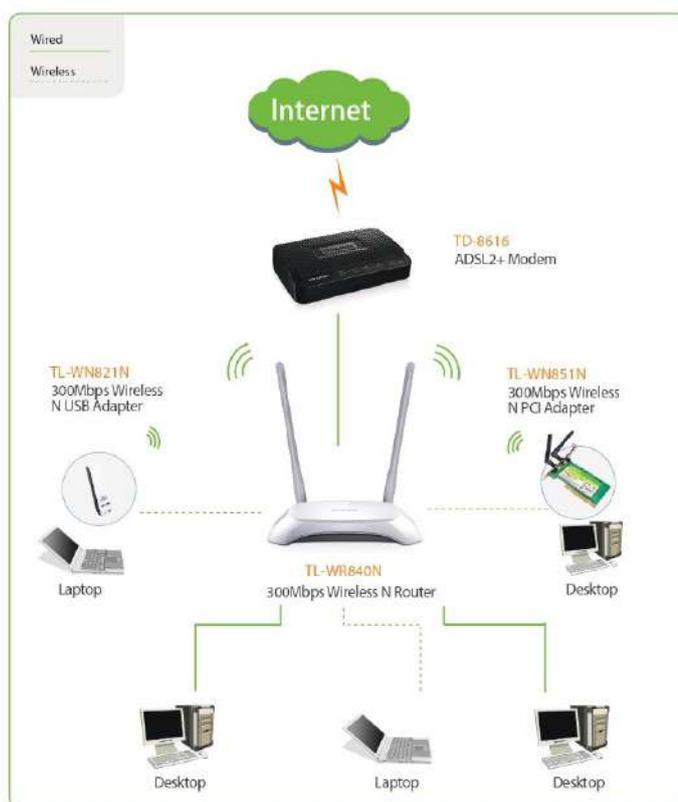
## Specifications:

HARDWARE FEATURES	
Interfaces	4 10/100Mbps LAN Ports 1 10/100Mbps WAN Port
Button	WPS/Reset Button
External Power Supply	9VDC/0.6A
Wireless Standards	IEEE 802.11n, IEEE 802.11g, IEEE 802.11b
Antenna	2*5dBi Fixed Omni Directional Antenna (RP-SMA)
Dimensions (W x D x H)	7.2 x 5.0 x 1.4 in. (182 x 128 x 35 mm)
WIRELESS FEATURES	
Frequency	2.4-2.4835GHz
Signal Rate	11n: Up to 300Mbps(dynamic) 11g: Up to 54Mbps(dynamic) 11b: Up to 11Mbps(dynamic)
EIRP	CE: <20dBm
Reception Sensitivity	270M: -68dBm@10% PER 130M: -71dBm@10% PER 108M: -72dBm@10% PER 54M: -74dBm@10% PER 11M: -86dBm@8% PER 6M: -86dBm@10% PER 1M: -94dBm@8% PER
Wireless Functions	Enable/Disable Wireless Radio, WDS Bridge, WMM, Wireless Statistics
Wireless Security	WEP, WPA / WPA2, WPA-PSK / WPA2-PSK
Guest Network	2.4GHz guest network x 1
SOFTWARE FEATURES	
WAN Type	Dynamic IP/Static IP/PPPoE/ PPTP(Dual Access)/L2TP(Dual Access)/BigPond
DHCP	Server, Client, DHCP Client List, Address Reservation
Quality of Service	WMM, Bandwidth Control
Port Forwarding	Virtual Server, Port Triggering, UPnP, DMZ
Dynamic DNS	DynDns, Comexe, NO-IP
VPN Pass-Through	PPTP, L2TP, IPSec (ESP Head)
Access Control	Parental Control, Local Management Control, Host List, Access Schedule, Rule Management
Firewall Security	DoS, SPI Firewall IP Address Filter/MAC Address Filter/Domain Filter IP and MAC Address Binding
Management	Access Control Local Management Remote Management
Protocols	Supports IPv4 and IPv6

## ⊙ Specifications:

OTHERS	
Certifications	CE, RoHS
System Requirements	Microsoft Windows 10/8.1/8/7/Vista/XP/2000/NT/98SE, MAC OS, NetWare, UNIX or Linux.
Environment	Operating Temperature: 0°C~40°C (32°F~104°F)
	Storage Temperature: -40°C~70°C (-40°F~158°F)
	Operating Humidity: 10%~90% non-condensing Storage Humidity: 5%~90% non-condensing

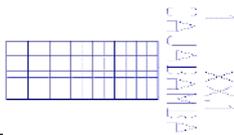
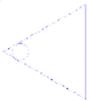
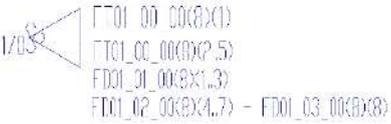
## ⊙ Diagram:



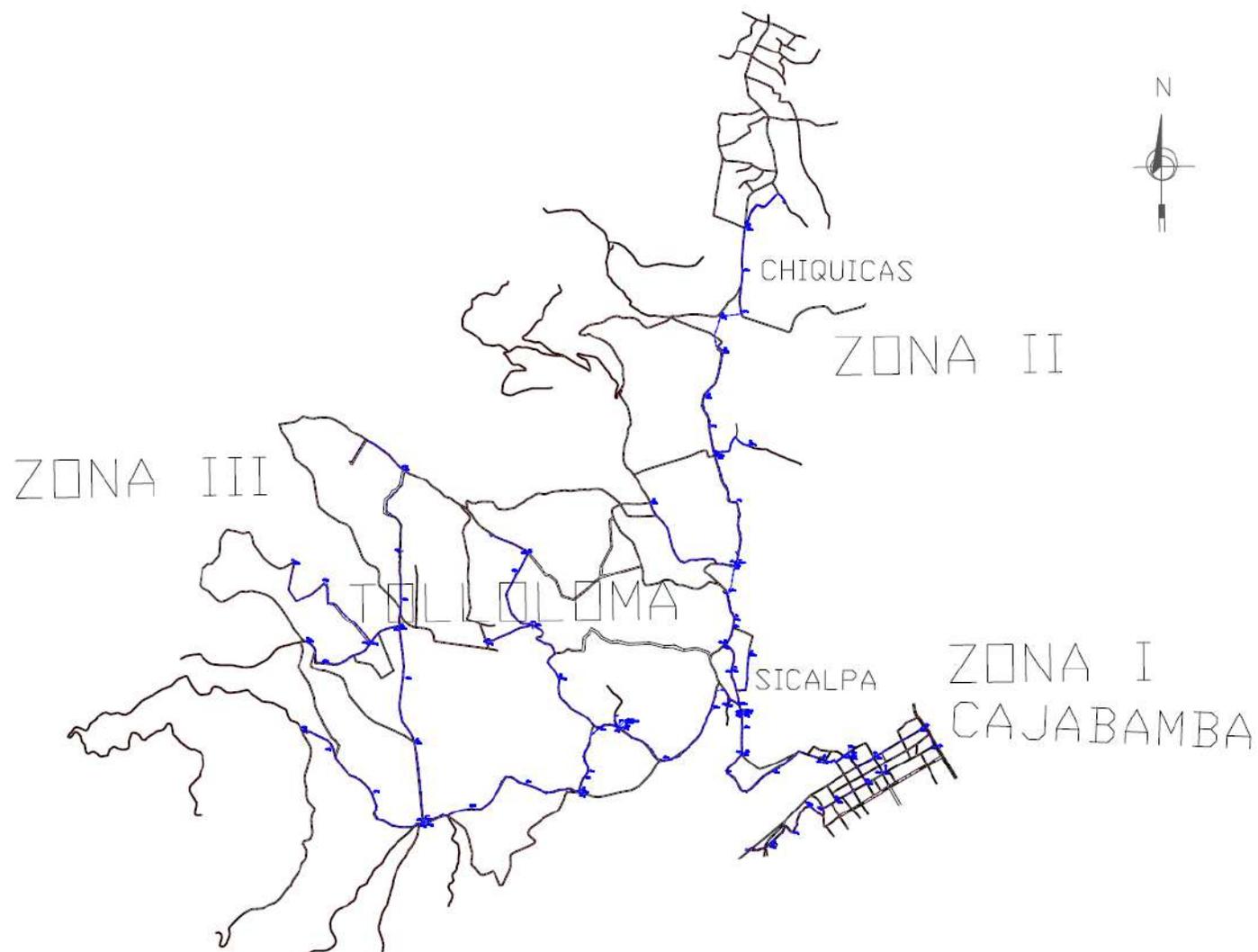
## Package:

- 300Mbps Wireless N Router  
TL-WR840N
- Power Adapter
- RJ-45 Ethernet Cable
- Resource CD
- Quick Installation Guide

**Anexo F:** Simbología de los elementos del Diseño de AutoCAD 2021

<b>Elementos del Diseño</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Símbolo</b>
OLT	
ODF	
Caja de Distribución Óptica Aérea	
Empalme de Fibra	
Empalme de Fibra y Splitter	
Fibra Óptica G.657.A2	
ONT (Abonado)	
Roseta Óptica	
Splitter	
Herraje de retención de fibra GPON	
Manguera Corrugada	
Norte	

**Anexo G:** Diseño de la red en el Software AutoCAD 2021



**Anexo H: Evidencias de la implementación de la red**





## Anexo I: Configuración de las interfaces

```
/interface ovpn-client
add cipher=aes128 comment="WispHub VPN" connect-to=vpn6.wisphub.io \
  mac-address=FE:53:9F:EE:C8:00 name=WisphubVPN password=\
  8hmso6z53a0o53ljgtdtybqaqvi63o port=1294 user=wisphub6tojsomy97n50hl
/interface ethernet
set [ find default-name=ether1 ] comment=TELCO name=ether1-WAN
set [ find default-name=ether5 ] comment=SERVIDOR
set [ find default-name=ether6 ] advertise=\
  10M-half,10M-full,100M-half,100M-full,1000M-half,1000M-full,2500M-full \
  comment=UFINET name=ether6-WAN
set [ find default-name=ether8 ] comment="WAN2-PARA RADIO"
set [ find default-name=sfp-sfpplus1 ] comment=OLT name=sfp-sfpplus1_OLT
/interface vlan
add interface=sfp-sfpplus1_OLT name=vlan100_OLT vlan-id=100
add interface=sfp-sfpplus1_OLT name=vlan101_GESTION vlan-id=101
/interface list
add name=WAN
add name=Lista_WAN_WispHub
add name=LAN
/interface wireless security-profiles
set [ find default=yes ] supplicant-identity=MikroTik
```

## **Anexo J:** Configuración de las direcciones IPv4 en las interfaces

```
/ip address
add address=10.50.5.1/24 interface=vlan101_GESTION network=10.50.5.0
add address=10.60.0.2/24 comment="Ufinet Nodo1" interface=ether6-WAN network=\
  10.60.0.0
add address=172.17.192.1/24 comment="RED GPON" interface=vlan100_OLT network=\
  172.17.192.0
add address=172.25.192.1/24 comment="RED GPON" interface=vlan100_OLT network=\
  172.25.192.0
add address=11.60.0.1/30 interface=ether8 network=11.60.0.0
add address=10.3.0.254/24 comment=SERVIDOR interface=ether5 network=10.3.0.0
add address=186.232.242.10/29 comment="Proveedor Telconet" interface=\
  ether1-WAN network=186.232.242.8
add address=10.60.5.1/24 interface=vlan101_GESTION network=10.60.5.0
add address=10.11.104.1/30 comment="Administracion OLT" interface=ether2 \
  network=10.11.104.0
```

## Anexo K: Configuración Queue Simple

```
/queue simple
add burst-limit=34M/34M burst-threshold=9M/9M burst-time=1m/1m comment=PLAN3 \
  limit-at=5M/5M max-limit=25M/25M name="EDGAR GABRIEL PARRE\DIO COELLO" \
  target=172.17.192.2/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name="MARCO ALDAIR SHUCAD
PAUCAR" \
  target=172.17.192.3/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=2M/2M max-limit=20M/20M name="LUIS CECILIO GUAMAN LEMA" \
  target=172.17.192.8/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name="INES MARIA USHCA GUZMAN" \
  target=172.17.192.9/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=3M/4M max-limit=20M/20M name="DIGNA ISABEL ABARCA SACA" \
  target=172.17.192.10/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name="MARIA YOLANDA SACA LEMA" \
  target=172.17.192.7/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name="VANESSA MARLENE ILBAY
SACA" \
  target=172.17.192.6/32
add comment=PLAN1 max-limit=10M/10M name="OLGA MARIA CAYAMBE
CARPINTERO" \
  target=172.17.192.5/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name="CLAUDIO CAYAMBE
CARPINTERO" \
  target=172.17.192.4/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "DENNIS JAVIER ILBAY LLANGARI" target=172.17.192.11/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "WILLIAM ALEXANDER VALDIVIEZO PUMA" target=172.17.192.12/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name="MARIA CARMEN SACA
SANTIAGO" \
  target=172.17.192.13/32
add comment=PLAN1 max-limit=10M/10M name="MARIA EDELMIRA CUMBILLO LEMA"
\
  target=172.17.192.19/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "MARIA PATRICIA LLANGARI ACAN" target=172.17.192.17/32
add burst-limit=34M/34M burst-threshold=9M/9M burst-time=1m/1m comment=PLAN3 \
  limit-at=5M/5M max-limit=25M/25M name="DARWIN DANILO HUARACA CANDO" \
  target=172.25.192.32/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
```

```
PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
"OSWALDO ROBERTO BUSTAN COLCHA" target=172.17.192.15/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name="LUIS GILBERTO SACA DUCHI" \
target=172.17.192.22/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name=\
"JEFFERSON RICARDO LLUMITAXI CARPINTERO" target=172.17.192.23/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name="TORIBIO SHUCAD PUMA" target=\
172.17.192.24/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name=\
"MARIA FIDELIA LEMA CARPINTERO" target=172.17.192.27/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
"SEGUNDO SANTIAGO ILBAY LLUGLLA" target=172.17.192.25/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name=\
"ANGEL FLORESMILO CONDE PARRE\|D1O" target=172.17.192.33/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
"ORLANDO ALCIVAR AZOGUE MENDOZA" target=172.17.192.207/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name="JORGE IVAN SANTIAGO MAJIN" \
target=172.17.192.29/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name=\
"MAURO VINICIO MOYANO PARRE\|D1O IMACULADA" target=172.17.192.32/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
"MARIA ROSARIO POMAQUERO ZELA" target=172.17.192.30/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name="ROMEL EFRAIN OCA\|D1A
MOYANO" \
target=172.17.192.31/32
add burst-limit=34M/34M burst-threshold=9M/9M burst-time=1m/1m comment=PLAN3 \
limit-at=5M/5M max-limit=25M/25M name=\
"KATTY ALEXANDRA PARRE\|D1O PARRE\|D1O" target=172.17.192.36/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
"BRAYAN ANDERSON GUAMAN MANZANO" target=172.17.192.37/32
add burst-limit=34M/34M burst-threshold=9M/9M burst-time=1m/1m comment=PLAN3 \
limit-at=5M/5M max-limit=25M/25M name="SEGUNDO RAMIRO OCA\|D1A COELLO" \
target=172.17.192.39/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name="MAURICIO GERMAN GUAPI
ILBAY" \
target=172.17.192.14/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
"CARLOS GEOVANY GUAMAN LLANGARI" target=172.17.192.18/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name=\
"JESSICA MARIBEL ZATAN MI\|D1ARCAJA" target=172.17.192.43/32
```

```
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "JHONNY RAFAEL ARELLANO GUAPULEMA" target=172.17.192.42/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=2M/2M max-limit=20M/20M name="JOSE LUIS MARI\DIO PORTUGAL"
\
  target=172.17.192.41/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "JENNIFER MISHHELL ORTEGA RODRIGUEZ" target=172.17.192.59/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "MARTHA YOLANDA ORTEGA CORDOVA" target=172.17.192.63/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "MARIO BOLIVAR BUENA\DIO ORTEGA" target=172.17.192.62/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name="HUGO GILBERTO CONDE
RAMOS" \
  target=172.17.192.58/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name="MATIAS ROMEO CHAVEZ
OCA\D1A" \
  target=172.17.192.51/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name=\
  "FAUSTO FROILAN BUENA\DIO ORTEGA" target=172.17.192.52/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "WILSON FERNANDO BUENA\DIO TOAPANTA" target=172.17.192.64/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "NARCISA DE JESUS URQUIZO BUENA\DIO" target=172.17.192.65/32
add burst-limit=34M/34M burst-threshold=9M/9M burst-time=1m/1m comment=PLAN3 \
  limit-at=5M/5M max-limit=25M/25M name="WILSON HERIBERTO ORTEGA
GUAMAN" \
  target=172.17.192.61/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name=\
  "KERLYN ESTEFANIA RAMOS PORTUGAL" target=172.17.192.55/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "MARIA ELENA PORTUGAL PARRE\DIO" target=172.17.192.56/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "EDISON RAFAEL BUENA\DIO URQUIZO" target=172.17.192.54/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN3 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "ERIKA ALEXANDRA AYALA HERRERA" target=172.17.192.53/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "DEISY MAGALI URQUIZO URQUIZO" target=172.17.192.38/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "GERMAIN ALEJANDRO CHAVEZ YAGLOA" target=172.17.192.44/32
```

```
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name="BRANDON ALEXIS CRUZ
MANYA" \
  target=172.17.192.47/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name=\
  "SEGUNDO MIGUEL PAJU\D1A GUAMAN" target=172.17.192.49/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name=\
  "ROCIO JOMARA BUENA\D1O VASQUEZ" target=172.17.192.57/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "JAIME DARIO URQUIZO BARAHONA" target=172.17.192.50/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "KARLA DE LOS ANGELES ASQUI VILLALBA" target=172.17.192.66/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "MARIA GRIMELDA MOYANO MANZANO" target=172.17.192.60/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name="LUIS GEOVANNY AYALA
HERRERA" \
  target=172.17.192.67/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name=\
  "PAUL WILFRIDO CORDOVA BUENA\D1O" target=172.17.192.68/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "HERNAN PATRICIO VIMOS BUENA\D1O" target=172.17.192.72/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name=\
  "MIRIAM EDILMA OCA\D1A COELLO" target=172.17.192.71/32
add burst-limit=18M/18M burst-threshold=5M/5M burst-time=45s/45s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=13M/13M name="EDGAR RAUL ORTEGA URQUIZO"
\
  target=172.17.192.70/32
add burst-limit=18M/18M burst-threshold=5M/5M burst-time=45s/45s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=13M/13M name=\
  "ROBERTO CARLOS CARDENAS HERRERA" target=172.17.192.69/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name=\
  "EVELYN MARITZA PORTUGAL RAMOS" target=172.17.192.73/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "KATHERINE BETZABETH BALCAZAR SANCHEZ" target=172.17.192.74/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "ANGEL SALOMON ORTEGA URQUIZO" target=172.17.192.75/32
add burst-limit=18M/18M burst-threshold=5M/5M burst-time=45s/45s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=13M/13M name=\
  "MIGUEL AMADO URQUIZO URQUIZO" target=172.17.192.76/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "HERNAN PATRICIO GUAMAN URQUIZO" target=172.17.192.77/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
```

```
PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name="MIGUEL JAIME OCA\D1A
ORTEGA" \
  target=172.17.192.89/32
add burst-limit=34M/34M burst-threshold=9M/9M burst-time=1m/1m comment=PLAN3 \
  limit-at=5M/5M max-limit=25M/25M name="MARCO ANTONIO BERRONES
BARAHONA" \
  target=172.17.192.91/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name=\
  "FANNY BEATRIZ URQUIZO BARAHONA" target=172.17.192.94/32
add burst-limit=18M/18M burst-threshold=5M/5M burst-time=45s/45s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=13M/13M name="LIDUVINA YOLANDA LEMA
LEMA" \
  target=172.17.192.110/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name="MARIA ROSARIO MORETA
COLCHA" \
  target=172.17.192.97/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "HILDA ELIZABETH AMAGUAYA SISA" target=172.17.192.99/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name="JOSE LUIS LOPEZ GUALLI" \
  target=172.17.192.98/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name=\
  "JOSE ORLANDO ESPINOZA CARPIO" target=172.17.192.102/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name=\
  "MARIA JUANA ANILEMA CAJILEMA" target=172.17.192.101/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "ANGEL ENRIQUE MORETA SALGUERO" target=172.17.192.106/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name=\
  "LUIS FAUSTO ILBAY TANQUE\D1O" target=172.17.192.109/32
add burst-limit=34M/34M burst-threshold=9M/9M burst-time=1m/1m comment=PLAN3 \
  limit-at=5M/5M max-limit=25M/25M name="LUIS HUMBERTO VILLA LEON" target=\
  172.17.192.111/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name=\
  "EDISON ROBERTO AULLA TENEMAZA" target=172.17.192.105/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name=\
  "ELIZABETH VERONA FLORES VILLENA" target=172.17.192.107/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "JESUS ADAN LLUMIGUANO CHIMBOLEMA" target=172.17.192.108/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name="IVAN EFRAIN NONO GUAMAN" \
  target=172.17.192.104/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
  PLAN2 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name="MARIA FABIOLA CHARCO
CHARCO" \
  target=172.17.192.103/32
```

```
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name="NANCY CARMEN SISA SILVA" \
  target=172.17.192.112/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name="LUIS ROLANDO PACHECO
DUCHI" \
  target=172.17.192.113/32
add burst-limit=34M/34M burst-threshold=9M/9M burst-time=1m/1m comment=PLAN3 \
  limit-at=5M/5M max-limit=25M/25M name="ANGEL RAUL BARAHONA MOYANO" \
  target=172.17.192.93/32
add burst-limit=18M/18M burst-threshold=5M/5M burst-time=45s/45s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=13M/13M name=\
  "MARIO PATRICIO AREVALO BARAHONA" target=172.17.192.90/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN3 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "SARA MARGARITA AREVALO BARAHONA" target=172.17.192.92/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "EDWIN ALONSO MIRANDA OCA\D1A" target=172.17.192.78/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name="JORGE ENRIQUE PARAMO SACA"
\
  target=172.17.192.100/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name=\
  "JAZMIN VANESSA URQUIZO CRIOLLO" target=172.17.192.88/32
add burst-limit=34M/34M burst-threshold=9M/9M burst-time=1m/1m comment=PLAN3 \
  limit-at=5M/5M max-limit=25M/25M name="LAURA GLADYS ORTEGA PINO" target=\
  172.17.192.82/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "JORGE EDMUNDO URQUIZO MOYANO" target=172.17.192.85/32
add burst-limit=27M/27M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name="AMANDA BELEN ROMERO
ALLAYCO" \
  target=172.17.192.84/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "TOMAS MIGUEL RUMIGUANO URQUIZO" target=172.17.192.83/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "CESAR ERMEL BUENA\D1O VALDIVIEZO" target=172.17.192.86/32
add burst-limit=34M/34M burst-threshold=9M/9M burst-time=1m/1m comment=PLAN3 \
  limit-at=5M/5M max-limit=25M/25M name="CAROLA TERESA ALVARADO
AGUIANDA" \
  target=172.17.192.87/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name=\
  "ANGEL MACARIO OCA\D1A HERRERA" target=172.17.192.79/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name="LUZ MARIA BARAHONA
MOYANO" \
  target=172.17.192.81/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
```

```
"DIEGO ARMANDO BUENA\D10 BUENA\D10" target=172.17.192.80/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN1 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "DARWIN ORLANDO CUJIGUASHPA HUEBLA" target=172.17.192.114/32
add burst-limit=18M/18M burst-threshold=5M/5M burst-time=45s/45s comment=\
  PLAN3 limit-at=2M/2M max-limit=13M/13M name=\
  "FRANKLIN EFRAIN CUJIGUASHPA HUEBLA" target=172.25.192.136/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "CARLOS HUMBERTO GUASHPA ZUMBA" target=172.17.192.116/32
add burst-limit=18M/18M burst-threshold=5M/5M burst-time=45s/45s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=13M/13M name=\
  "FAUSTO RIGOBERTO GUAMAN TACURI" target=172.25.192.133/32
add burst-limit=37M/37M burst-threshold=10M/10M burst-time=1m5s/1m5s comment=\
  "PLAN 3" limit-at=5M/5M max-limit=26M/26M name=\
  "JOSE BENEDICTO NONO MULLO" target=172.17.192.119/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name="OLGER ARIOLFO ORTEGA
COELLO" \
  target=172.17.192.120/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
  "MIRIAM LETICIA CHUCAG PAUCAR" target=172.17.192.121/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name="JESSICA PAMELA MALAN ORTIZ"
\
  target=172.17.192.118/32
add burst-limit=34M/34M burst-threshold=9M/9M burst-time=1m/1m comment=PLAN3 \
  limit-at=5M/5M max-limit=25M/25M name="ROBIN ISRAEL PARRE\D10
ANAHUARQUI" \
  target=172.17.192.122/32
add burst-limit=51M/51M burst-threshold=11M/11M burst-time=1m10s/1m10s \
  comment=PLAN4 limit-at=6M/6M max-limit=30M/30M name=\
  "MARIANA PARRE\D10 INGA" target=172.17.192.123/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name="NANCY JANETH CANDO CRUZ" \
  target=172.17.192.124/32
add burst-limit=18M/18M burst-threshold=5M/5M burst-time=45s/45s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=13M/13M name=\
  "ELISA FABIOLA CUJIGUASHPA ASTO" target=172.17.192.126/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
  PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name="MARIA EMILIA TENEMAZA
TENE" \
  target=172.17.192.127/32
add burst-limit=34M/34M burst-threshold=9M/9M burst-time=1m/1m comment=PLAN3 \
  limit-at=5M/5M max-limit=25M/25M name="SHIRLEY JOHANA MILLAN FLOREZ" \
  target=172.17.192.130/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name="FREDDY MILTON SISA PACA" \
  target=172.17.192.131/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
  PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name="LUIS DARIO MACHADO
MACHADO" \
  target=172.25.192.45/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
```

```

PLAN3 limit-at=5M/5M max-limit=25M/25M name=\
"MANUEL IVAN CHACASAGUAY VACACELA" target=172.17.192.134/32
add burst-limit=34M/34M burst-threshold=9M/9M burst-time=1m/1m comment=PLAN3 \
limit-at=5M/5M max-limit=25M/25M name="JHONNY RICARDO VILLA TANQUE\D1O"
\
target=172.17.192.135/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name=\
"PATRICIA MAGALY LOBATO PARCO" target=172.17.192.137/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name=\
"SEGUNDO JUAN ORTIZ \D1AMI\D1A" target=172.17.192.138/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name="GERMAN DANILO COLCHA
HUEBLA" \
target=172.17.192.139/32
add burst-limit=34M/34M burst-threshold=9M/9M burst-time=1m/1m comment=PLAN3 \
limit-at=5M/5M max-limit=25M/25M name="RAUL GILBERTO VILLACIS OROZCO" \
target=172.17.192.140/32
add burst-limit=29M/29M burst-threshold=7M/7M burst-time=50s/50s comment=\
PLAN2 limit-at=4M/4M max-limit=20M/20M name=\
"GERMANIA ROCIO OCA\D1A OCA\D1A" target=172.17.192.141/32
add burst-limit=18M/18M burst-threshold=5M/5M burst-time=45s/45s comment=\
PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=13M/13M name=\
"JUAN PABLO QUILLE GUANIPATINN" target=172.17.192.142/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name="SILVIA JANETH MORETA
CHAVEZ" \
target=172.17.192.143/32
add burst-limit=16M/16M burst-threshold=4M/4M burst-time=40s/40s comment=\
PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=10M/10M name="JULIO CESAR ASQUI MOROCHO"
\
target=172.17.192.144/32
add burst-limit=18M/18M burst-threshold=5M/5M burst-time=45s/45s comment=\
PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=13M/13M name="ROSA INES GARCIA AULLA1" \
target=172.17.192.145/32
add burst-limit=18M/18M burst-threshold=5M/5M burst-time=45s/45s comment=\
PLAN1 limit-at=2M/2M max-limit=13M/13M name="JOSE MARCELO CHIZA
MORALES" \
target=172.17.192.146/32

```

## Anexo L: Configuración de Firewall Mangle

```
/ip firewall mangle
add action=mark-routing chain=prerouting comment="Regla aviso WispHub" \
    new-routing-mark=POR-WAN2 passthrough=no src-address-list=Aviso
add action=mark-routing chain=prerouting comment="Regla aviso WispHub" \
    new-routing-mark=POR-WAN2 passthrough=no src-address-list=Moroso
add action=mark-routing chain=prerouting new-routing-mark=POR-WAN2 \
    passthrough=yes src-address-list=WAN2
add action=mark-packet chain=postrouting comment=ACK new-packet-mark=ACK \
    packet-size=0-123 passthrough=no protocol=tcp tcp-flags=ack
add action=mark-packet chain=prerouting new-packet-mark=ACK packet-size=0-123 \
    passthrough=no protocol=tcp tcp-flags=ack
add action=mark-connection chain=prerouting comment=\
    "MARCA CONEXION SPEEDTEST" new-connection-mark=SPEEDTEST-CONN \
    passthrough=yes port=8080,8081 protocol=tcp
add action=mark-packet chain=prerouting connection-mark=SPEEDTEST-CONN \
    new-packet-mark="SPEED TEST PKT" passthrough=no
add action=mark-connection chain=prerouting comment="MARCA CONEXION HTTP-S" \
    connection-state=new dst-port=1-52,80,443 new-connection-mark=\
    "SERVICIOS ESCENCIALES" passthrough=yes protocol=tcp
add action=mark-connection chain=prerouting comment="MARCA CONEXION DNS" \
    connection-state=new dst-port=53 new-connection-mark=\
    "SERVICIOS ESCENCIALES" passthrough=yes protocol=udp
add action=mark-connection chain=prerouting comment="MARCA CONEXION WINBOX" \
    connection-state=new dst-port=8291 new-connection-mark=\
    "SERVICIOS ESCENCIALES" passthrough=yes protocol=tcp
add action=mark-connection chain=prerouting comment="MARCA CONEXION VOIP" \
    connection-state=new dst-port=5060-5062,10000-20000 new-connection-mark=\
    "SERVICIOS ESCENCIALES" passthrough=yes protocol=udp
add action=mark-connection chain=prerouting comment=\
    "MARCA CONEXION ICMP-PING" connection-state=new new-connection-mark=\
    "SERVICIOS ESCENCIALES" passthrough=yes protocol=icmp
add action=mark-packet chain=prerouting comment="MARCA DE PAQUETES SERVICIOS E\
    SENCIALES-----\
    -----\
    -----\
    -----\
    -----\
    -----" connection-mark=\
    "SERVICIOS ESCENCIALES" new-packet-mark="SERVICIOS ESENCIALES" \
    passthrough=yes
add action=add-dst-to-address-list address-list=NETFLIX address-list-timeout=\
    8h chain=forward comment="APRENDE SERVIDORES NETFLIX" content=netflix.com \
    in-interface-list=LAN
add action=add-dst-to-address-list address-list=NETFLIX address-list-timeout=\
    8h chain=forward content=nflxvideo.net in-interface-list=LAN
add action=mark-connection chain=prerouting comment="MARCA CONEXION NETFLIX" \
    dst-address-list=NETFLIX new-connection-mark=VIDEO passthrough=yes port=\
    !8080 protocol=tcp
add action=add-dst-to-address-list address-list="DISNEY PLUS" \
    address-list-timeout=none-dynamic chain=forward comment=\
```

```

"APRENDE SERVIDORES DISNEY PLUS" content=disneyplus.com \
in-interface-list=LAN protocol=tcp
add action=mark-connection chain=prerouting comment=\
"MARCA CONEXION DISNEY PLUS" dst-address-list="DISNEY PLUS" \
new-connection-mark=VIDEO passthrough=yes
add action=add-dst-to-address-list address-list="AMAZON VIDEO" \
address-list-timeout=8h chain=forward comment=\
"APRENDE SERVIDORES AMAZON VIDEO" content=amazon.com in-interface-list=\
LAN
add action=mark-connection chain=prerouting comment=\
"MARCA CONEXION AMAZON VIDEO" dst-address-list="AMAZON VIDEO" \
new-connection-mark=VIDEO passthrough=yes
add action=add-dst-to-address-list address-list="CLARO VIDEO" \
address-list-timeout=8h chain=forward comment=\
"APRENDE SERVIDORES CLARO VIDEO" content=www.clarovideo.com \
in-interface-list=LAN protocol=tcp
add action=mark-connection chain=prerouting comment=\
"MARCA CONEXION CLARO VIDEO" dst-address-list="CLARO VIDEO" \
new-connection-mark=VIDEO passthrough=yes
add action=mark-packet chain=prerouting comment="MARCA PAQUETES VIDEO-----\
-----\
-----\
-----\
-----\
-----\
-----\
-----" connection-mark=VIDEO new-packet-mark=\
VIDEO passthrough=no
add action=mark-connection chain=prerouting comment=\
"MARCA CONEXION HTTP/3 Y QUIC YOUTUBE" connection-state=new dst-port=\
80,443 new-connection-mark="SERVICIOS HTTP/3 Y QUIC YOUTUBE" passthrough=\
yes protocol=udp
add action=mark-packet chain=prerouting comment="MARCA PAQUETES HTTP/3 Y QUIC \
YOUTUBE-----\
-----\
-----\
-----\
-----" connection-mark="SERVICIOS HTTP/3 Y QUIC YOUTUBE" \
new-packet-mark="HTTP/3 Y QUIC YOUTUBE" passthrough=no
add action=add-dst-to-address-list address-list="WEB WHATSAPP" \
address-list-timeout=8h chain=forward comment=\
"APRENDE SERVIDORES WHATSAPP" content=web.whatsapp.com
add action=mark-connection chain=prerouting comment="MARCA CONEXION WHATSAPP"
\
dst-address-list="WEB WHATSAPP" new-connection-mark=WHATSAPP passthrough=\
yes
add action=mark-connection chain=prerouting comment=\
"MARCA CONEXION WHATSAPP / SKYPE LLAMADAS Y VIDEO" new-connection-
mark=\
WHATSAPP passthrough=yes port=3478-3481 protocol=udp
add action=mark-connection chain=prerouting content=whatsapp.com \
in-interface-list=LAN new-connection-mark=WHATSAPP passthrough=yes
add action=mark-connection chain=prerouting dst-port="" in-interface-list=LAN \
new-connection-mark=WHATSAPP passthrough=yes port=\

```

```

4244,5228,5223,5222,5242,524,50318,59234 protocol=tcp
add action=mark-connection chain=prerouting dst-port="" in-interface-list=LAN \
  new-connection-mark=WHATSAPP passthrough=yes port=45395,50318,59234 \
  protocol=udp
add action=mark-connection chain=prerouting in-interface-list=LAN \
  layer7-protocol=*1 new-connection-mark=WHATSAPP passthrough=yes
add action=mark-packet chain=prerouting comment="MARCA PAQUETES WHATSAPP-----\
-----\
-----\
-----\
-----\
-----\
-----" connection-mark=WHATSAPP \
  new-packet-mark=WHATSAPP passthrough=no
add action=mark-connection chain=prerouting comment=\
  "MARCA CONEXION INSTAGRAM" content=instagram.com new-connection-mark=\
  "REDES SOCIALES" passthrough=yes protocol=tcp
add action=mark-connection chain=prerouting comment="MARCA CONEXION TIKTOK" \
  dst-address-list="TIK TOK" new-connection-mark="REDES SOCIALES" \
  passthrough=yes port=!8080 protocol=tcp
add action=mark-connection chain=prerouting comment="MARCA CONEXION TIKTOK" \
  content=tiktokcdn new-connection-mark="REDES SOCIALES" passthrough=yes \
  port=!8080 protocol=tcp
add action=add-dst-to-address-list address-list=FACEBOOK \
  address-list-timeout=8h chain=forward comment=\
  "APRENDE SERVIDORES FACEBOOK" content=www.facebook.com dst-address-list=\
  !DNS in-interface-list=LAN
add action=add-dst-to-address-list address-list=FACEBOOK \
  address-list-timeout=8h chain=forward content=.fbcdn.net \
  dst-address-list=!DNS in-interface-list=LAN
add action=add-dst-to-address-list address-list=FACEBOOK \
  address-list-timeout=8h chain=forward content=fbcdn dst-address-list=!DNS \
  in-interface-list=LAN
add action=mark-connection chain=prerouting comment="MARCA CONEXION FACEBOOK"
\
  dst-address-list=FACEBOOK new-connection-mark="REDES SOCIALES" \
  passthrough=yes port=!8080 protocol=tcp
add action=add-dst-to-address-list address-list=TWITTER address-list-timeout=\
  8h chain=forward comment="APRENDE SERVIDORES TWITTER" content=twitter.com \
  in-interface-list=LAN protocol=tcp
add action=mark-connection chain=prerouting comment="MARCA CONEXION TWITTER" \
  dst-address-list=TWITTER new-connection-mark=UTILIDADES passthrough=yes \
  port=!8080 protocol=tcp
add action=mark-packet chain=prerouting comment="MARCA PAQUETES REDES
SOCIALES\
-----\
-----\
-----\
-----\
-----\
-----" connection-mark=\
  "REDES SOCIALES" new-packet-mark="REDES SOCIALES" passthrough=no
add action=add-dst-to-address-list address-list=ZOOM address-list-timeout=8h \

```

```

chain=forward comment="APRENDE SERVIDORES ZOOM" content=zoom.us \
in-interface-list=LAN protocol=tcp
add action=add-dst-to-address-list address-list=ZOOM address-list-timeout=8h \
chain=forward in-interface-list=LAN protocol=tcp tls-host=*.zoom.us
add action=mark-connection chain=prerouting comment="MARCA CONEXION ZOOM" \
dst-address-list=ZOOM new-connection-mark=UTILIDADES passthrough=yes
add action=mark-connection chain=prerouting dst-address-list=ZOOM dst-port=\
3478,3479,8801-8810,20000-64000,5090 new-connection-mark=UTILIDADES \
passthrough=yes protocol=udp
add action=add-dst-to-address-list address-list="MEET GOOGLE" \
address-list-timeout=none-dynamic chain=forward comment=\
"APRENDE SERVIDORES GOOGLE MEET" content=meet.google.com \
in-interface-list=LAN protocol=tcp
add action=mark-connection chain=prerouting comment=\
"MARCA CONEXION GOOGLE MEET" dst-address-list="MEET GOOGLE" \
new-connection-mark=UTILIDADES passthrough=yes
add action=add-dst-to-address-list address-list=CLASSROOM \
address-list-timeout=none-dynamic chain=forward comment=\
"APRENDE SERVIDORES CLASSROOM GOOGLE" content=classroom.google.com \
in-interface-list=LAN protocol=tcp
add action=mark-connection chain=prerouting comment=\
"MARCA CONEXION CLASSROOM GOOGLE" dst-address-list=CLASSROOM \
new-connection-mark=UTILIDADES passthrough=yes
add action=add-dst-to-address-list address-list="HANGOUTS GOOGLE" \
address-list-timeout=8h chain=forward comment=\
"APRENDE SERVIDORES HANGOUTS GOOGLE" content=hangouts.google.com \
in-interface-list=LAN protocol=tcp
add action=mark-connection chain=prerouting comment=\
"MARCA CONEXION HANGOUTS GOOGLE" dst-address-list="HANGOUTS GOOGLE" \
\
new-connection-mark=UTILIDADES passthrough=yes
add action=mark-connection chain=prerouting comment="MARCA CONEXION CORREO" \
dst-port=110,995,587,25,143,465,993 new-connection-mark=UTILIDADES \
passthrough=yes protocol=tcp
add action=mark-connection chain=prerouting comment=\
"MARCA CONEXION OFFICE365" dst-address-list=OFFICE365 \
new-connection-mark=UTILIDADES passthrough=yes protocol=tcp
add action=mark-packet chain=prerouting comment="MARCA PAQUETES UTILIDADES----" \
----- \
----- \
----- \
----- \
----- \
----- \
----- \
-----" connection-mark=UTILIDADES \
new-packet-mark=UTILIDADES passthrough=no
add action=mark-connection chain=prerouting comment=FreFire dst-port=\
7006,39003,39698,39729,39779,38921,39671,39003,6674,5223,5228 \
new-connection-mark=freefire_conn passthrough=yes protocol=tcp
add action=mark-connection chain=prerouting dst-port=\
7008,10000-10008,6008,6674,7006 new-connection-mark=freefire_conn \
passthrough=yes protocol=udp
add action=mark-packet chain=prerouting connection-mark=freefire_conn \
new-packet-mark=frefire passthrough=no
add action=mark-connection chain=prerouting comment="MARCA CONEXION JUEGOS" \

```

```

dst-port="1935,3074,3479-3480,3544,3658-3659,5222,5000-5500,5795-5847,8088\
,27000-27099" in-interface-list=LAN new-connection-mark=JUEGOS \
passthrough=yes protocol=udp
add action=mark-connection chain=prerouting dst-port="7000-7010,6001-6010,1000\
0-10090,38380,48443,37608,9000-9099,6250,33356,20002" in-interface-list=\
LAN new-connection-mark=JUEGOS passthrough=yes protocol=udp
add action=mark-connection chain=prerouting dst-port=\
24684,15058,50619,20268,7000-7999 in-interface-list=LAN \
new-connection-mark=JUEGOS passthrough=yes protocol=udp
add action=mark-connection chain=prerouting dst-port=\
7008,10001,10002,10003,10004,10005,10006,10007,10008,10009,10010 \
in-interface-list=LAN new-connection-mark=JUEGOS passthrough=yes \
protocol=udp
add action=mark-connection chain=prerouting dst-port=\
1935,3074,3479-3480,3544,3658-3659,5795-5847,8088,10001,27000-27099 \
in-interface-list=LAN new-connection-mark=JUEGOS passthrough=yes \
protocol=tcp
add action=mark-connection chain=prerouting dst-port="7000-7010,5000-5221,5229\
-5500,6001-6010,6667,12400,28910,29900,29901,29920" in-interface-list=LAN \
new-connection-mark=JUEGOS passthrough=yes protocol=tcp
add action=mark-connection chain=prerouting dst-port=39003,39729,39698 \
in-interface-list=LAN new-connection-mark=JUEGOS passthrough=yes \
protocol=tcp
add action=mark-connection chain=prerouting dst-port=7006,39003,39698,39779 \
in-interface-list=LAN new-connection-mark=JUEGOS passthrough=yes \
protocol=tcp
add action=mark-packet chain=prerouting comment="MARCA PAQUETES JUEGOS-----\
-----\
-----\
-----\
-----\
-----\
-----" connection-mark=JUEGOS \
new-packet-mark=JUEGOS packet-size=0-1000 passthrough=no
add action=mark-connection chain=prerouting comment=\
"MARCA LO DEMAS DE TRAFICO NO MARCADO ARRIBA" connection-state=new \
in-interface-list=LAN new-connection-mark=OTHER packet-mark=no-mark \
passthrough=yes
add action=mark-packet chain=prerouting connection-mark=OTHER \
new-packet-mark=OTHER passthrough=no

```

## Anexo M: Configuración de Firewall NAT

```
/ip firewall nat
add action=accept chain=dstnat comment=\
  "WispHub - Permitir pagina web morosos" dst-address-list=servers_wisphub \
  src-address-list=Moroso
add action=accept chain=dstnat comment="WispHub - Permitir pagina web avisos" \
  dst-address-list=servers_wisphub src-address-list=Aviso
add action=redirect chain=dstnat comment=\
  "WispHub - Suspension de clientes(TCP)" dst-port=!8291 in-interface-list=\
  !Lista_WAN_WispHub protocol=tcp src-address-list=Moroso to-ports=999
add action=redirect chain=dstnat comment=\
  "WispHub - Suspension de clientes(UDP)" dst-port=!8291,53 \
  in-interface-list=!Lista_WAN_WispHub protocol=udp src-address-list=Moroso \
  to-ports=999
add action=masquerade chain=srcnat out-interface-list=WAN
add action=masquerade chain=srcnat comment=SmartOLT dst-address-list=SmartOLT
add action=dst-nat chain=dstnat comment=SmartOLT dst-port=2333 protocol=tcp \
  src-address-list=SmartOLT to-addresses=10.11.104.2 to-ports=23
add action=dst-nat chain=dstnat comment=SmartOLT dst-port=2161 protocol=udp \
  src-address-list=SmartOLT to-addresses=10.11.104.2 to-ports=161
add action=dst-nat chain=dstnat dst-address=181.39.74.202 dst-port=8096 \
  protocol=tcp to-addresses=10.67.67.2 to-ports=8291
add action=redirect chain=dstnat comment=\
  "REDIRECION DE LOS DERECHOS INTELECTUALES" dst-address-list=intelectual \
  dst-port=80,443,8080 in-interface-list=LAN protocol=tcp to-ports=999
add action=redirect chain=dstnat comment=\
  "WispHub - Aviso de Pago en Pantalla de clientes(TCP)" dst-port=80 \
  in-interface-list=!Lista_WAN_WispHub protocol=tcp src-address-list=Aviso \
  to-ports=999
```

## **Anexo N:** Configuración IP Proxy Access

```
/ip proxy access
add action=deny dst-host=myhometv.fun redirect-to=\
    www.respetoderechosintelectuales.gob.ec
add action=deny dst-host=tvplushd.fun redirect-to=\
    www.respetoderechosintelectuales.gob.ec
add action=deny dst-host=miamimast305tv.com redirect-to=\
    www.respetoderechosintelectuales.gob.ec
add action=deny dst-host=serviciosboterosoto.com redirect-to=\
    www.respetoderechosintelectuales.gob.ec
add action=deny dst-host=mynettv.app redirect-to=\
    www.respetoderechosintelectuales.gob.ec
add action=deny dst-host=fin-solidaria.com redirect-to=\
    www.respetoderechosintelectuales.gob.ec
add action=deny dst-host=coop-red.com.ec redirect-to=\
    www.respetoderechosintelectuales.gob.ec
add action=deny comment="ELVIA VERONICA GUAMINGA SAGNAY-Moroso" local-
port=\
    999 redirect-to=\
    clientes.wisphub.io/landing/tronic/aviso-corte/0579@tronic/579/ \
    src-address=172.25.192.110
```

## Anexo O: Configuración IP Firewall Address-list

```
/ip firewall address-list
blocklistde_all_list
add address=tvplushd.fun list=intelectual
add address=serviciosboterosoto.com list=intelectual
add address=myhometv.fun list=intelectual
add address=miamimast305tv.com list=intelectual
add address=mynettv.app list=intelectual
add address=172.17.192.31-172.17.192.36 list=WAN2
add address=172.25.192.24-172.25.192.49 list=WAN2
add address=172.17.192.0/24 disabled=yes list=WAN2
add list=172.25.192.0
add address=172.25.192.0/24 disabled=yes list=WAN2
add address=172.17.192.123-172.17.192.180 list=WAN2
add address=172.17.192.38-172.17.192.80 list=WAN2
add address=172.25.192.125 list=WAN2
add address=172.25.192.147-172.25.192.188 list=WAN2
add address=104.21.46.181 list=intelectual
add address=34.117.170.232 list=intelectual
add address=23.237.202.101 list=intelectual
add address=13.226.47.108 list=intelectual
add address=13.226.47.69 list=intelectual
add address=34.107.243.104 list=intelectual
add address=34.120.87.184 list=intelectual
add address=23.237.199.83 list=intelectual
add address=23.237.196.69 list=intelectual
add address=34.120.135.7 list=intelectual
add address=45.33.114.185 list=intelectual
add address=185.230.61.97 list=intelectual
add address=88.99.58.185 list=intelectual
add address=66.225.201.134 list=intelectual
add address=104.21.51.166 list=intelectual
add address=54.210.158.187 list=intelectual
add address=172.67.168.172 list=intelectual
add address=172.67.131.235 list=intelectual
add address=85.208.102.142 list=intelectual
add address=217.160.0.202 list=intelectual
add address=104.250.127.85 list=intelectual
add address=144.202.41.136 list=intelectual
add address=185.230.61.185 list=intelectual
add address=151.106.97.125 list=intelectual
add address=91.223.82.6 list=intelectual
add address=64.225.31.103 list=intelectual
add address=151.101.5.84 list=intelectual
```

## Anexo P: Configuración de Queue Tree

```
/queue tree
add max-limit=800M name="////DESCARGA TOTAL" parent=vlan100_OLT queue=\
  pcq-download-default
add name=/OTROS_PAQUETES packet-mark=OTHER parent="////DESCARGA TOTAL" \
  priority=7 queue=pcq-download-default
add name="/SERVICIOS ESENCIALES" packet-mark="SERVICIOS ESENCIALES" parent=\
  "////DESCARGA TOTAL" priority=1 queue=pcq-download-default
add name="/HTTP/3 Y QUIC YOUTUBE" packet-mark="HTTP/3 Y QUIC YOUTUBE"
parent=\
  "////DESCARGA TOTAL" priority=2 queue=pcq-download-default
add name="/REDES SOCIALES" packet-mark="REDES SOCIALES" parent=\
  "////DESCARGA TOTAL" priority=3 queue=pcq-download-default
add name=/VIDEO packet-mark=VIDEO parent="////DESCARGA TOTAL" priority=4 \
  queue=pcq-download-default
add name=/UTILIDADES packet-mark=UTILIDADES parent="////DESCARGA TOTAL" \
  priority=5 queue=pcq-download-default
add name=JUEGOS packet-mark=JUEGOS parent="////DESCARGA TOTAL" priority=2 \
  queue=pcq-download-default
add comment="-----\
-----\
-----\
-----" \
  max-limit=200M name="////CARGA TOTAL" parent=ether1-WAN queue=\
  pcq-upload-default
add name="/HTTP/3 Y QUIC YOUTUBE UP" packet-mark="HTTP/3 Y QUIC YOUTUBE" \
  parent="////CARGA TOTAL" priority=5 queue=pcq-upload-default
add name="/SERVICIOS ESENCIALES UP" packet-mark="SERVICIOS ESENCIALES" \
  parent="////CARGA TOTAL" priority=1 queue=pcq-upload-default
add name="/REDES SOCIALES UP" packet-mark="REDES SOCIALES" parent=\
  "////CARGA TOTAL" priority=3 queue=pcq-upload-default
add name="/OTHER UP" packet-mark=OTHER parent="////CARGA TOTAL" priority=7 \
  queue=pcq-upload-default
add name="/VIDEO UP" packet-mark=VIDEO parent="////CARGA TOTAL" priority=6 \
  queue=pcq-upload-default
add name="UTILIDADES UP" packet-mark=UTILIDADES parent="////CARGA TOTAL" \
  priority=4 queue=pcq-upload-default
add name="/JUEGOS TCP-UP" packet-mark=JUEGOS parent="////CARGA TOTAL" \
  priority=2 queue=pcq-upload-default
add name="//ACK LATENCIA" packet-mark=ACK parent="////DESCARGA TOTAL" \
  priority=1 queue=pcq-download-default
add name="//ACK LATENCIA UP" packet-mark=ACK parent="////CARGA TOTAL" \
  priority=1 queue=pcq-upload-default
add name=/WHATSAPP packet-mark=WHATSAPP parent="////DESCARGA TOTAL"
priority=\
  3 queue=pcq-download-default
add name="//WHATSAPP UP" packet-mark=WHATSAPP parent="////CARGA TOTAL" \
  priority=4 queue=pcq-upload-default
add comment="-----\
-----\
-----"
```

```
-----\
-----" \
max-limit=200M name="//CARGA TOTAL2" parent=ether6-WAN queue=\
pcq-upload-default
add name="//ACK LATENCIA UP2" packet-mark=ACK parent="//CARGA TOTAL2" \
priority=1 queue=pcq-upload-default
add name="//WHATSAPP UP2" packet-mark=WHATSAPP parent="//CARGA TOTAL2" \
priority=4 queue=pcq-upload-default
add name="//HTTP/3 Y QUIC YOUTUBE UP2" packet-mark="HTTP/3 Y QUIC YOUTUBE" \
parent="//CARGA TOTAL2" priority=5 queue=pcq-upload-default
add name="//JUEGOS TCP-UP2" packet-mark=JUEGOS parent="//CARGA TOTAL2" \
priority=2 queue=pcq-upload-default
add name="//OTHER UP2" packet-mark=OTHER parent="//CARGA TOTAL2" priority=7 \
queue=pcq-upload-default
add name="//REDES SOCIALES UP2" packet-mark="REDES SOCIALES" parent=\
"//CARGA TOTAL2" priority=3 queue=pcq-upload-default
add name="//SERVICIOS ESENCIALES UP2" packet-mark="SERVICIOS ESENCIALES" \
parent="//CARGA TOTAL2" priority=1 queue=pcq-upload-default
add name="//VIDEO UP2" packet-mark=VIDEO parent="//CARGA TOTAL2" priority=6 \
queue=pcq-upload-default
add name="//UTILIDADES UP2" packet-mark=UTILIDADES parent="//CARGA TOTAL2" \
priority=4 queue=pcq-upload-default
add name="//FREE FIRE" packet-mark=frefire parent="//DESCARGA TOTAL" \
priority=2 queue=pcq-download-default
add name="//FREE FIRE UP" packet-mark=frefire parent="//CARGA TOTAL" priority=\
1 queue=pcq-upload-default
add name="//FREE FIRE UP 2" packet-mark=frefire parent="//CARGA TOTAL2" \
priority=3 queue=pcq-upload-default
```