



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**Evaluación de parámetros de una red óptica para optimizar y mejorar los servicios  
TRIPLE PLAY mediante ITU G.984 y software de simulación**

**JOSÉ FÉLIX BEDÓN BONILLA**

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

**MAGÍSTER EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES**

**RIOBAMBA - ECUADOR  
OCTUBRE DE 2022**

**©2022, José Félix Bedón Bonilla**

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



## ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, titulado Evaluación de parámetros de una red óptica para optimizar y mejorar los servicios TRIPLE PLAY mediante ITU G.984 y software de simulación, de responsabilidad del señor José Félix Bedón Bonilla ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Ing. Oswaldo Geovanny Martínez Guashima; M.Sc.

**PRESIDENTE**



Firmado electrónicamente por:  
**OSWALDO GEOVANNY  
MARTINEZ GUASHIMA**

Ing. Fabricio Javier Santacruz Sulca; Mag.

**DIRECTOR**



Firmado electrónicamente por:  
**FABRICIO JAVIER  
SANTACRUZ SULCA**

Ing. Jairo Rene Jácome Tinoco; Mag.

**MIEMBRO**



Firmado electrónicamente por:  
**JAIRO RENE  
JACOME**

Ing. Alexandra Orfelina Pazmiño Armijos; M.Sc.

**MIEMBRO**



Firmado electrónicamente por:  
**ALEXANDRA  
ORFELINA PAZMINO  
ARMIJOS**

Riobamba, octubre de 2022

## DERECHOS INTELECTUALES

Yo, José Félix Bedón Bonilla, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



Firmado electrónicamente por:  
**JOSE FELIX  
BEDON**

---

N° Cédula 1803468568

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, José Félix Bedón Bonilla, declaro que el presente **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

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



---

José Félix Bedón Bonilla

N° Cédula 1803468568

## **DEDICATORIA**

A Dios, por todas las oportunidades y bendiciones que me ha brindado y por permitirme haber alcanzado esta nueva meta en mi vida profesional, en especial a mis padres Félix y María por darme la vida y siempre brindarme su apoyo incondicional en cada instante y por enseñarme a luchar por lo que deseo con esfuerzo y mucha dedicación. A mi tutor Ing. Fabricio Santacruz por ser una pieza fundamental para cumplir con este gran reto profesional y ayudarme a desarrollar y terminar la tesis de maestría.

José Félix

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darme la oportunidad de estudiar y culminar con los estudios de maestría.

A las autoridades e ingenieros del área de maestría por las enseñanzas impartidas en las aulas durante este tiempo; en especial a mi tutor Ing. Fabricio Santacruz, por ser la guía para el avance de la presente tesis.

A todos quienes me dieron la oportunidad de seguir estudiando y obtener nuevos conocimientos que serán aplicados en el ámbito laboral.

José Félix

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
CAPÍTULO I	
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Planteamiento del problema .....	1
1.2 Formulación del Problema.....	2
1.3 Sistematización del Problema.....	2
1.4 Preguntas directrices o especificaciones.....	2
1.5 Justificación de la investigación .....	3
1.6 Alcance de la investigación .....	6
1.7 Objetivos de la Investigación .....	7
1.7.1 Objetivo General.....	7
1.7.2 Objetivos Específicos.....	7
1.8 Hipótesis .....	7
CAPÍTULO II	
2. MARCO TEÓRICO .....	8
2.1 Antecedentes del Problema .....	8
2.2 Bases teóricas .....	9
2.2.1 Fibra óptica .....	9
2.2.1.1 Estructura de la Fibra Óptica .....	9
2.2.1.2 Modos de Propagación.....	10
2.2.1.3 Tipos de Cable de Fibra Óptica .....	15
2.2.1.4 Enlaces Óptico .....	16
2.2.2 Redes FTTH.....	17
2.2.2.1 FTTB.....	19
2.2.2.2 FTTC.....	19
2.2.2.3 FTTD.. .....	19
2.2.2.4 FTTH.. .....	19
2.2.2.5 FTTM.....	20
2.2.2.6 FTTN.. .....	20
2.2.2.7 FTTO.. .....	20
2.2.2.8 FTTR.....	20
2.2.2.9 FTTS.....	21

2.2.3	Cabecera de Fibra Óptica.....	21
2.2.4	ODN.....	21
2.2.5	ONT.....	22
2.2.6	Características Técnicas de los elementos fundamentales de una Red FTTH .....	23
2.2.6.1	OLT.....	23
2.2.6.2	Router de borde.....	24
2.2.6.3	Cloud Core Router.....	25
2.2.6.4	Switch de Administración.....	25
2.2.6.5	Servidor.....	26
2.2.6.6	ODF.....	27
2.2.6.7	Splitters.....	28
2.2.6.8	Cajas NAP.....	29
2.2.6.9	Manga.....	30
2.2.6.10	Roseta óptica.....	31
2.2.6.11	Patchcord.....	31
2.2.6.12	ONTs.....	32
2.2.7	Recomendación ITU-T G.984.5.....	33
2.2.7.1	Longitud de onda de funcionamiento .....	34
2.2.7.2	Tolerancia X/S de G-PON ONU.....	35
2.2.8	Triple Play.....	36
2.2.8.1	Componentes del paquete Triple Play .....	37
2.2.9	OptiSystem.....	38
2.2.9.1	Características.....	39
2.2.9.2	Beneficios .....	39
2.2.9.3	Aplicaciones .....	40
2.2.9.4	Interfaz de OptiSystem .....	40
<b>CAPÍTULO III</b>		
3.	<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>42</b>
3.1	Enfoque .....	42
3.2	Métodos de Investigación.....	42
3.2.1	Método analítico.....	42
3.2.2	Método Deductivo.....	42
3.2.3	Método Inductivo .....	43
3.3	Revisión Documental .....	43
3.4	Observación y Análisis.....	43
3.5	Técnicas de la Investigación.....	43
3.6	Tipos de Investigación.....	44

3.6.1	Investigación Bibliografía.....	44
3.6.2	Investigación de Campo.....	44
3.6.3	Investigación descriptiva.....	44
3.6.4	Investigación correlacional .....	44
<b>CAPÍTULO IV</b>		
4.	<b>ANÁLISIS Y RESULTADOS .....</b>	<b>46</b>
4.1	Requerimientos Técnicos del Diseño .....	46
4.2	Descripción de la Parroquia Atocha – Ficoa .....	46
4.2.1	Estudio de la Demanda.....	47
4.2.1.1	Tamaño de la Muestra Poblacional.....	47
4.2.1.2	Análisis de los Resultados obtenidos.....	48
4.2.2	Selección del tipo de Arquitectura de la Red .....	58
4.2.3	Selección de la topología de la Red .....	59
4.2.3.1	Topología lógica .....	59
4.2.3.2	Topología Física .....	59
4.2.4	Selección de Materiales y Equipos .....	63
4.2.4.1	Fibra Óptica .....	63
4.2.4.2	OLT.....	63
4.2.4.3	ONTs.....	64
4.2.4.4	ODF.....	65
4.2.4.5	Cajetines .....	66
4.2.5	Ubicación Geográfica de los Equipos .....	67
4.2.6	Distribución de Fibra Óptica.....	67
4.2.6.1	Red Feeder .....	67
4.2.6.2	Diseño de la Red de Distribución .....	71
4.2.6.3	Red de Dispersión.....	73
4.2.6.4	Determinación del Ancho de Banda .....	74
4.2.7	Presupuesto Referencial.....	74
4.2.8	Presupuesto Óptico .....	75
4.2.9	Cálculo de la Atenuación .....	76
4.2.9.1	Usuario más cercano de la Zona 2.....	77
4.2.9.2	Usuario más Lejano de la Zona 2 .....	77
4.2.10	Balance óptico de Potencia .....	78
4.2.10.1	Cálculo del balance de potencia del usuario más cercano Zona 2.....	78
4.2.10.2	Cálculo del balance de potencia del usuario más lejano Zona 2 .....	79
4.3	Resultados obtenidos en la Simulación .....	79
4.3.1	Potencia para la Zona 2.....	80

4.3.2	Potencia de la salida de la OLT.....	80
4.3.3	Potencia recibida por la ONT del usuario más cercano.....	81
4.3.4	Potencia recibida por la ONT del usuario más lejano.....	81
4.4	Señales de Transmisión.....	81
4.4.1	Señales de Transmisión en la Zona 2.....	82
4.4.2	Factor Q y BER.....	85
4.4.3	Diagrama de Ojo.....	87
4.4.3.1	Diagrama de Ojo de Usuario más cercano.....	90
4.4.3.2	Diagrama de Ojo de Usuario más lejano.....	91
	CONCLUSIONES.....	93
	RECOMENDACIONES.....	94
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Normativas técnicas de fibra óptica según la ITU-T vigentes a la fecha.....	12
Tabla 2-2: Diferencias existentes entre la fibra óptica multimodo y la fibra óptica monomodo .....	14
Tabla 3-2: Descripción de los cables de fibra óptica según su aplicación .....	15
Tabla 4-2: Características técnicas principales de la OLT o terminal óptica de línea .....	24
Tabla 5-2: Características técnicas principales del armario óptico modular denominado ODF o ROM .....	28
Tabla 6-2: Atenuaciones típicas de los splitters ópticos según su tipo de división.....	29
Tabla 7-2: Características técnicas más relevantes de la ONT o equipo terminal .....	33
Tabla 1-4: Servicios contratados por los usuarios encuestados en la zona objeto de estudio ...	48
Tabla 2-4: Interés de adquisición por tipo de servicio, según los requerimientos del usuario..	49
Tabla 3-4: Empresas que brindan servicios de Telecomunicaciones en la zona encuestada ....	50
Tabla 4-4: Costo mensual aproximado del servicio contratado por los usuarios encuestados..	51
Tabla 5-4: Tipo de servicio o plan contratado por los usuarios encuestados .....	52
Tabla 6-4: Número de dispositivos que se conectan a la red del usuario.....	53
Tabla 7-4: Grado de satisfacción con el servicio contratado por el usuario encuestado.....	54
Tabla 8-4: Principales problemas presentados con el servicio actualmente contratado por el usuario.....	55
Tabla 9-4: Características más relevantes del servicio actualmente contratado por el usuario.	56
Tabla 10-4: Frecuencia con la que se presentan problemas de conexión con alguno de los servicios contratados .....	57
Tabla 11-4: Principales características técnicas de la OLT a utilizarse en la implementación ...	63
Tabla 12-4: Características técnicas de las ONTs a utilizarse en la implementación .....	64
Tabla 13-4: Principales características técnicas del ODF a utilizarse en la implementación .....	65
Tabla 14-4: Atenuación presente en los splitters a utilizarse en la implementación de la red ....	65
Tabla 15-4: Cajas NAPs a utilizarse en la implementación de la red .....	66
Tabla 16-4: Simbología utilizada para la diferenciación de los dispositivos y equipos de.....	67
Tabla 17-4: Equipos y materiales totales considerados en la inversión económica inicial.....	75
Tabla 18-4: Valores de atenuación en dB que se consideran en el diseño de redes ópticas .....	76
Tabla 19-4: Valores de potencias obtenidas en la simulación de la Zona 2.....	80
Tabla 20-4: Valores del BER y Factor Q para la Zona 2 .....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Número de computadoras / laptops vs número de teléfonos celulares por años .....	5
Figura 2-1. Hogares con celulares vs computadoras y laptops vs Internet por años .....	5
Figura 3-1. Evolución del porcentaje de hogares con acceso a internet, por área (2013-2020)..	6
Figura 1-2. Despliegue del Servicio de Acceso a Internet y Sistema Móvil Avanzado.....	8
Figura 2-2. Capas de la estructura básica de una fibra óptica .....	9
Figura 3-2. Estructura básica y dimensiones de una fibra óptica monomodo.....	11
Figura 4-2. Estructura básica y dimensiones de una fibra óptica multimodo .....	12
Figura 5-2. Estructura de la fibra óptica monomodo y fibra óptica multimodo.....	13
Figura 6-2. Proceso de transmisión estándar en una fibra óptica de índice gradual .....	13
Figura 7-2. Proceso de transmisión estándar en una fibra óptica de índice escalonado.....	14
Figura 8-2. Diagrama de bloques de un enlace simplificado de comunicaciones con fibra .....	16
Figura 9-2. Diagrama esquemático general de una red completa FTTH con Tripleplay .....	18
Figura 10-2. Estructura típica de una cabecera de Servicio de Acceso a Internet.....	21
Figura 11-2. Diagrama esquemático básico de una red ODN con varios servicios .....	22
Figura 12-2. Diferentes modelos vigentes de ONTs, ONUs o equipo.....	23
Figura 13-2. Diagrama descriptivo básico de un equipo OLT multipropósito, .....	23
Figura 14-2. Parte delantera de Router de Borde y/o Cloud Core Router.....	24
Figura 15-2. Parte delantera de swtich de administración de la marca TP-Link.....	25
Figura 16-2. Parte delantera de un servidor .....	26
Figura 17-2. Parte delantera de la bandeja de un equipo ODF .....	27
Figura 18-2. Splitter estándar que permite conexión por fusión .....	28
Figura 19-2. Splitter estándar que permite unión por conector,.....	28
Figura 20-2. Vista de una caja NAP de 16 salidas con protec-.....	30
Figura 21-2. Vista lateral de una manga de fibra óptica con.....	30
Figura 22-2. Roseta óptica con espacio para peinado .....	31
Figura 23-2. Modelos de patchcords APC y UPC más utilizados en las redes FTTH .....	31
Figura 24-2. Vista trasera de una ONT Huawei.....	32
Figura 25-2. Diagrama de configuración física genérica de la red de acceso óptico .....	34
Figura 26-2. Diagrama de máscara de tolerancia X/S para la red ONU .....	35
Figura 27-2. Diagrama esquemático de una red tripleplay que ofrece múltiples servicios.....	36
Figura 28-2. Diagrama esquemático de una cabecera analógica de audio y video por suscripción .....	38
Figura 29-2. Interfaz principal del software de .....	38

Figura 30-2. Logos de los principales software de.....	40
Figura 31-2. Página principal para la descarga del software de simulación, OptiSystem.....	41
Figura 32-2. Interfaz gráfica del software de simulación de redes ópticas .....	41
Figura 1-4. Delimitación geográfica de la parroquia objeto de estudio, Atocha – Ficoa.....	47
Figura 2-4. Esquema gráfico de una red con topología punto a.....	59
Figura 3-4. Delimitación geográfica en el plano, de la parroquia.....	60
Figura 4-4. Delimitación geográfica de la Zona 1, correspondiente a Ficoa en Ambato.....	61
Figura 5-4. Delimitación geográfica de la Zona 2, correspondiente a Atocha en Ambato .....	62
Figura 6-4. Diagrama de bloques de una red básica completa XG-PON.....	63
Figura 7-4. Vista frontal de la OLT Huawei modelo SmartAX MA 5800-X2 OLT .....	64
Figura 8-4. Vista lateral de una ONT.....	64
Figura 9-4. ODF marca Net – Link modelo NL-4001 .....	65
Figura 10-4. Splitter conectorizado de tipo SC/APC PLC de 1x16 .....	66
Figura 11-4. Vista de una caja NAP abierta, para exteriores, .....	66
Figura 12-4. Nomenclatura descriptiva de la red de fibra óptica utilizada para el diseño .....	68
Figura 13-4. Mapa de la ubicación física de la OLT a instalarse .....	68
Figura 14-4. Ubicación y simbología en el mapa, de la OLT a instalarse .....	69
Figura 15-4. Ubicación de los elementos a utilizarse en la MT01 de la zona 2.....	69
Figura 16-4. Ubicación de los elementos a utilizarse en la MT02 de la zona 2.....	70
Figura 17-4. Ubicación geográfica de las mangas MT y la OLT a instalarse .....	70
Figura 18-4. Ubicación física de las cajas de distribución de la MT01 .....	71
Figura 19-4. Esquema con la ubicación de la NAP más cercana a la MT01 .....	72
Figura 20-4. Mapa de la ubicación de las cajas de distribución en la MT02 .....	72
Figura 21-4. Esquema con la ubicación de la NAP más cercana a la MT02 .....	73
Figura 22-4. Diagrama de la ONU, modelo utilizado masivo/casas, normas CNT .....	75
Figura 23-4. Diagrama esquemático del usuario más cercano en la Zona 2 .....	77
Figura 24-4. Diagrama esquemático del usuario más lejano en la Zona 2.....	77
Figura 25-4. Esquema con las partes básicas de un Diagrama.....	79
Figura 26-4. Potencia de salida medida en la OTL de la Zona 2 .....	80
Figura 27-4. Potencia recibida de la ONT más cercana de la red .....	81
Figura 28-4. Potencia recibida en la ONT más lejana de la red .....	81
Figura 29-4. Señales de audio y video obtenidas en la Zona 2 .....	82
Figura 30-4. Señales de video obtenidas de la simulación en la Zona 2.....	82
Figura 31-4. Señales de audio, video y datos obtenidas de la OLT .....	83
Figura 32-4. Señales de audio y datos de la ONT del usuario más cercano .....	83
Figura 33-4. Señal de video de la ONT del usuario más cercano .....	84
Figura 34-4. Señal de audio y datos de la ONT del usuario más lejano .....	84

Figura 35-4. Señal de video de la ONT del usuario más lejano.....	84
Figura 36-4. Señal de la ONT obtenida mediante el software de simulación .....	85
Figura 37-4. Señal recibida de la OLT obtenida mediante el software de simulación.....	85
Figura 38-4. Gráficas del factor Q y BER del usuario más cercano .....	86
Figura 39-4. Gráficas del factor Q y BER del usuario más lejano.....	87
Figura 40-4. Esquema de las partes básicas de un diagrama de ojo tradicional.....	87
Figura 41-4. Diagrama de ojo de la transmisión con valores obtenidos .....	88
Figura 42-4. El peor Diagrama de Ojo del usuario más lejano de la red .....	89
Figura 43-4. El mejor Diagrama de Ojo obtenido de la simulación de la red.....	89
Figura 44-4. Diagrama de Ojo de audio y datos del usuario.....	90
Figura 45-4. Diagrama de Ojo de video obtenido del usuario .....	90
Figura 46-4. Diagrama de Ojo de Audio y Datos del usuario más .....	91
Figura 47-4. Diagrama de Ojo de video obtenido del usuario más .....	92

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1-4. Porcentaje de servicios utilizados en el hogar de los usuarios encuestados .....	49
Grafico 2-4. Personas que adquirirán el servicio en el futuro, según los usuarios encuestados	50
Grafico 3-4. Porcentaje de empresas que ofertan el servicio de Internet, televisión y telefonía	51
Grafico 4-4. Porcentaje de dinero que cancelan los usuarios encuestados por servicio contratado .....	52
Grafico 5-4. Porcentaje de planes de tipo residencial o empresarial, contratado por el usuario	53
Grafico 6-4. Porcentaje de equipos que se conectan al servicio contratado por el usuario.....	54
Grafico 7-4. Porcentaje de satisfacción del servicio contratado por el usuario encuestado.....	55
Grafico 8-4. Porcentaje de problemas existentes en el servicio contratado por el usuario .....	56
Grafico 9-4. Porcentaje de características principales de los servicios contratados por el usuario .....	57
Grafico 10-4. Porcentaje de problemas de conexión del servicio contratado por el usuario .....	58

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. ENCUESTA REALIZADA A LOS USUARIOS DEL BARRIO ATOCHA

ANEXO B. PLANO DE RED

ANEXO C. ANÁLISIS FINANCIERO – PLAN DE INVERSIÓN A 5 AÑOS

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>BER</b>	Bit Error Rate
<b>ADSS</b>	All-dielectric self-supporting cable
<b>CATV</b>	Community Antenna Television
<b>CPE</b>	Customer Premises Equipment
<b>DOCSIS</b>	(Data Over Cable Service Interface Specification
<b>DW</b>	Digital Wrapper
<b>DWDM</b>	Dense Wavelength Division Multiplexing
<b>EDFA</b>	Erbium Doped Fiber Amplifier
<b>FAS</b>	Frame Alignment Signal
<b>FEC</b>	Forward Error Correction
<b>FTTB</b>	Fiber to the Building
<b>FTTC</b>	Fiber to the Cabinet
<b>FTTD</b>	Fiber to the Desktop
<b>FTTH</b>	Fiber To The Home
<b>FTTM</b>	Fiber to the Machine
<b>FTTN</b>	Fiber to the Node
<b>FTTO</b>	Fiber to the Office
<b>FTTR</b>	Fiber to the Room
<b>FTTS</b>	Fiber to The Street
<b>G-PON</b>	Gigabit-capable Passive Optical Network
<b>IP</b>	Internet Protocol
<b>ITU-T</b>	International Telecommunications Union
<b>LAN</b>	local area network
<b>NGA</b>	Next Generation Access
<b>OAN</b>	Optical Access Network
<b>ODF</b>	Optical Distribution Fiber
<b>ODN</b>	Optical Distribution Network
<b>OLT</b>	Optical Line Termination
<b>OM</b>	Optical Mode
<b>ONU</b>	Optical Network Unit
<b>OTDR</b>	Optical Time-Domain Reflectometer
<b>OTL</b>	Optical Transport Lane
<b>OTN</b>	Optical Transport Network
<b>PON</b>	Passive Optical Network

<b>ROM</b>	Repartidor óptico modular
<b>SDH</b>	Synchronous Digital Hierarchy
<b>VDSL</b>	Very high bit rate Digital Subscriber Line
<b>VPN</b>	Virtual private network
<b>WBF</b>	Wavelength Blocking Filter
<b>WDM</b>	Wavelength Division Multiplexing
<b>WPA</b>	Wi-Fi Protected Access
<b>X-GPON</b>	10 Gigabit-capable Passive Optical Networks

## RESUMEN

El presente proyecto tuvo como objetivo evaluar y simular una red de acceso con tecnología ITU-T G.984 para la parroquia Atocha – Ficoa en la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua. Esto con la finalidad de dar a conocer, optimizar y aprovechar los beneficios de una red convergente Triple Play. Se enfocó en el estudio de fundamentos teóricos, características de las redes ópticas y el programa de simulación OptiSystem. Se inició con un estudio de los fundamentos teóricos, las características de las redes de acceso óptico, enfocando principalmente en el estudio de los servicios Triple Play. En el paso siguiente se realizó una encuesta a los habitantes de la parroquia para determinar cuántos contrataron el servicio Triple Play y conocer si hay una demanda potencial en el sector residencial y comercial. Los resultados obtenidos sirvieron para estimar y calcular la capacidad requerida para el diseño de red, permitiendo una mayor eficiencia, que cubra las necesidades de los abonados actuales y futuros. Se determinaron los parámetros técnicos que deben cumplir los equipos para operar una red fibra hasta la casa - Fiber To The Home, se elaboró un presupuesto económico referencial para la implementación tecnológica, además de un presupuesto óptico. Se realizó una simulación mediante el software OptiSystem en el cual se demostró un óptimo funcionamiento de los equipos del Backbone o Headend, la red ODN y los equipos terminales ONTs o CPEs. Los cálculos realizados y los resultados obtenidos en la simulación permitieron demostrar la factibilidad técnica de la red y una futura implementación.

**Palabras clave:** <RED ÓPTICA (XG-PON)>, <FIBRA ÓPTICA>, <TRANSMISIÓN DE VIDEO>, <TRANSMISIÓN DE VOZ>, <TRANSMISIÓN DE DATOS>, <OPTISYSTEM (SOFTWARE)>, <ATOCHA FICOA (PARROQUIA)>.



Firmado electrónicamente por:  
**LUIS ALBERTO  
CAMINOS  
VARGAS**



13-09-2022

0122-DBRA-UPT-IPEC-2022

## ABSTRACT

The objective of this project was to evaluate and simulate an access network with ITU-T G.984 technology for the parish of Atocha - Ficoa in Ambato city, province of Tungurahua. The purpose was to publicize, optimize and take advantage of the benefits of a convergent Triple Play network. It focused on the study of theoretical foundations, characteristics of optical networks, and the OptiSystem simulation program. It started with an investigation of the theoretical bases and features of optical access networks, focusing mainly on the study of Triple Play services. The next stage consisted in conducting a survey of the parish's residents to determine how many of them contracted the Triple Play service and to know if there is potential demand in the residential and commercial sectors. The results obtained were used to estimate and calculate the network design's capacity requirements, enabling it to operate more effectively to serve the demands of both present and potential customers. The technical parameters to be met by the equipment to operate a Fiber to The Home network were determined; in addition, an economic and optical reference budget was prepared for the technological implementation. Using OptiSystem software, a simulation was run to demonstrate how the Backbone or Headend equipment, the ODN network, and the ONTs or CPEs terminal equipment operate at their best. The simulation's calculations and outcomes allowed for a technical proof of the network's viability for deployment in the future.

**Keywords:** <OPTICAL NETWORK (XG-PON)>, <OPTICAL FIBER>, <VIDEO TRANSMISSION>, <VOICE TRANSMISSION>, <DATA TRANSMISSION>, <OPTISYSTEM (SOFTWARE)>, <ATOCHA FICOA (PARISH)>.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema

En la última década la tecnología ha avanzado enormemente, se podría decir que, a pasos agigantados, esto ha demandado por parte de las empresas de telecomunicaciones la mejora del equipamiento tecnológico como su infraestructura. Luego el problema se agravó como consecuencia de la pandemia del COVID 19, por ejemplo en España, casi el 90% de los usuarios de Internet utilizan WhatsApp diariamente, lo que la convierte en la red social más usada en este país, seguida de YouTube (89,3%), Facebook (79,2%) e Instagram (69%). (Juste, Marta;, 2021)

Según el informe “La crisis del COVID-19 y su impacto en el sector tecnológico”, realizado por la EAE Business School, sólo el 22.5 % de las conexiones de banda ancha fija en Latinoamérica son de fibra óptica, indispensable para enviar y recibir información más rápido. (Comercio y Justicia Editores, 2021)

Según la Asociación de Empresas de Telecomunicaciones de Ecuador (ASETEL) y la Asociación de Empresas Proveedoras de Internet, Valor Agregado, Portadores y Tecnologías de Información (AEPROVI), en Ecuador se observó un crecimiento del 30% en la demanda de servicios de internet durante los últimos meses. (Tecno, 2020)

El 92.3% de usuarios digitales en Ecuador consume contenidos 24/7 accediendo a velocidades máximas de conexión de 3,8 Megabytes por segundo, este contenido está enfocado en entretenimiento (consumo social, consumo de videos y fotos), comunicación (correo electrónico y mensajería), investigación (búsqueda y consultas), compras (portales de “clasificados”) y servicios públicos (gestión de consultas y trámites en línea). (Tecno, 2020)

No es novedad que el medio de transporte de estos datos, también ha sufrido cambios e innovaciones, fortaleciendo su capacidad y mejorando sus prestaciones. La fibra óptica se ha desplegado a nivel mundial, de manera muy rápida como la columna vertebral de las empresas de telecomunicaciones, siendo el pilar fundamental de la expansión los sistemas de transmisión SDH (Synchronous Digital Hierarchy), DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing), GPON (Gigabit Passive Optical Network) y redes FTTH (Fiber to the Home).

En el proceso de operación, la longitud de onda de una sola señal se convierte en la longitud de onda correspondiente en la comunicación de red a través del convertidor. A través de la tecnología óptica, la longitud de onda de transmisión se multiplexa. OTN (Optical Transport Networking) tiene un mecanismo de trama completo, por lo que tiene la capacidad de acceso y procesamiento, y mejora la eficiencia de la utilización del ancho de banda. (Shenzhen HTFuture Co., Ltda, 2019)

FTHH, es la conexión más eficiente, segura y veloz porque llega directamente al hogar, desde el poste eléctrico, desde un NAP o desde el pozo de canalización de la red de telecomunicaciones, hacia el hogar. Las urbanizaciones privadas centralizan las comunicaciones de datos/internet desde un cuarto específico, la red de distribución llega hasta un FBD y de aquí se distribuye con una topología radial simple o estrella.

## **1.2 Formulación del Problema**

¿Cómo la evaluación de parámetros técnicos de una red de acceso óptico optimizará y mejorará la transmisión de servicios Triple Play mediante la ITU G.984 y software de simulación?

## **1.3 Sistematización del Problema**

- a) Establecer el mercado de estudio.
- b) Determinar cuáles son los mecanismos que se utilizarán para la optimización de los servicios Triple Play.
- c) Citar los fundamentos teóricos óptimos de las redes ópticas, las recomendaciones ITU-T G.984 y el software de simulación.
- d) Determinar la factibilidad del diseño de red, mediante el programa de simulación OptiSystem.
- e) Determinar los elementos activos y pasivos que componen la red Triple Play.
- f) Realizar una encuesta de mercado y competencia directa.
- g) Establecer el presupuesto óptico y económico.
- h) Determinar la factibilidad técnica objeto del estudio

## **1.4 Preguntas directrices o especificaciones**

- ¿La evaluación de una red óptica de acceso permitirá optimizar y mejorará la transmisión de servicios Triple Play mediante la ITU G.984 y utilizando software de simulación?

- ¿Qué características se deben tomar en cuenta en el estado del arte de la evaluación de parámetros técnicos de una red de acceso óptico?
- ¿Qué parámetros técnicos de una red de acceso óptico se pueden optimizar?
- ¿Qué software de simulación se puede utilizar para la evaluación de una red de acceso óptico?
- ¿Cómo mejorará la transmisión de servicios Triple Play, mediante la ITU G.984 y el software de simulación?

## **1.5 Justificación de la investigación**

Debido a que las aplicaciones tanto de consumo privado como aplicaciones empresariales y públicas generan un continuo incremento del ancho de banda, se ha visto la necesidad de desarrollar e implementar arquitecturas que provean una mayor capacidad de transmisión de datos a menor costo, como es el caso de las redes de fibra óptica GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network) que desde hace años atrás se han popularizado y no piensan desaparecer a futuro.

Otro inconveniente actual es la contaminación visual y la falta de disponibilidad de lugar en los postes para cablear nuevas redes, y más aún si esas redes ofrecen servicios similares a las redes ya tendidas de la competencia o el mismo proveedor, considerando que esto requiere un pago adicional por arrendamiento de postes a la Empresa Eléctrica correspondiente.

Una red óptica puede transportar por un mismo hilo de fibra todos los servicios que puede llegar a requerir un usuario, sin verse afectado el ancho banda ni el tiempo de transmisión de datos, En este caso el limitante no son los elementos pasivos, sino los activos, equipos de recepción, transmisión, transporte, de core, etc. . Según la (UIT-T, 2003), la velocidad más utilizada en downstream (bajada) es de 2,488 Gbps y en upstream (subida) es de 1,244 Gbps.

Con la creciente demanda de servicios y ancho de banda, es responsabilidad de los operadores utilizar sus redes de fibra óptica ya instaladas para satisfacer las diferentes necesidades tecnológicas de sus clientes, además de mejorar la estética urbana que por el exceso de cables y sus respectivas reservas de fibra producen una alta contaminación visual.

Para eliminar la contaminación visual del cableado en Ecuador el Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información - MINTEL, ha considerado un PLAN NACIONAL DE SOTERRAMIENTO Y ORDENAMIENTO DE REDES E INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES de todas las empresas proveedoras de

servicio de telecomunicaciones, las competencias tienen los Gobiernos Autónomos Descentralizados de cada localidad, estableciéndose metas anuales para cumplir con este objetivo

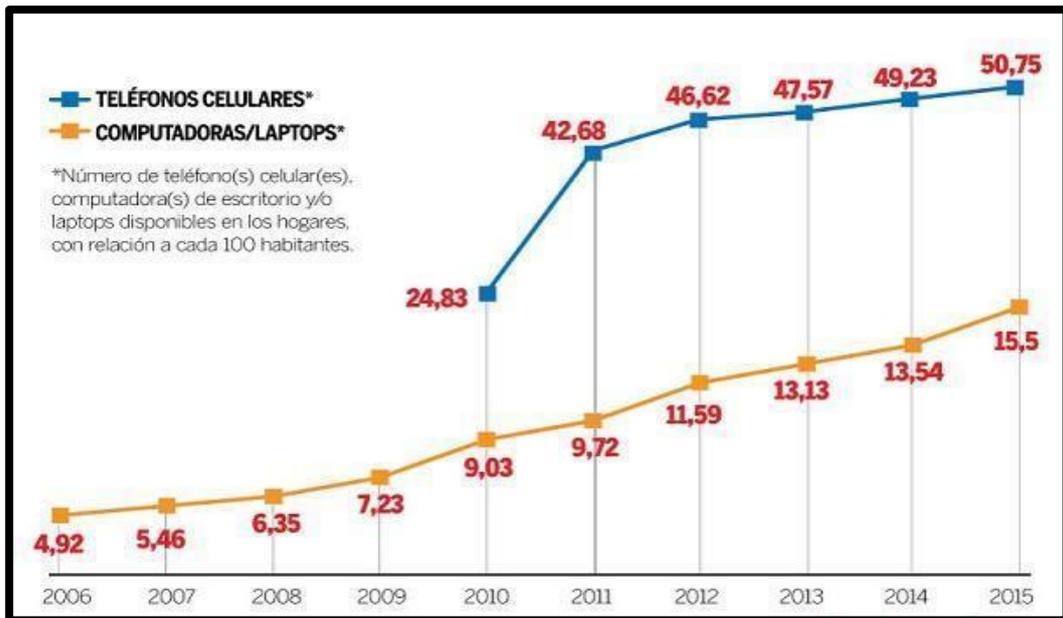
Una red óptica pasiva (PON) es una red de fibra óptica que emplea una topología punto multipunto; para ello se utilizan splitters ópticos para transmitir datos y establecer enlaces punto multipunto si se habla de llegar hasta el cliente final, dependiendo la distancia, la geografía del sector y el ancho de banda requerido se utiliza en las redes Ópticas PON, spliteo 1:32, 1:64 y 1:128. En este contexto, “pasiva” se refiere a la ausencia de alimentación de la fibra y planta externa. (VIAVI Solutions Inc., 2020)

Para el funcionamiento del backbone o headend no se requiere de alimentación eléctrica, de esto implica un ahorro significativo de costos de consumo eléctrico y mucho más ahorro si por la misma red se envían más de un servicio, evitando interferencias por descargas eléctricas, por inducción de corriente continua y alterna, al ser elementos pasivos, donde se conduce un haz luminoso.

El incremento de la demanda de servicios de internet, voz, datos, video, telefonía móvil requerirá de una plataforma robusta y flexible a los cambios o adaptaciones, por lo tanto es necesario establecer metodologías o protocolos para incrementar las capacidades de dichas plataformas.

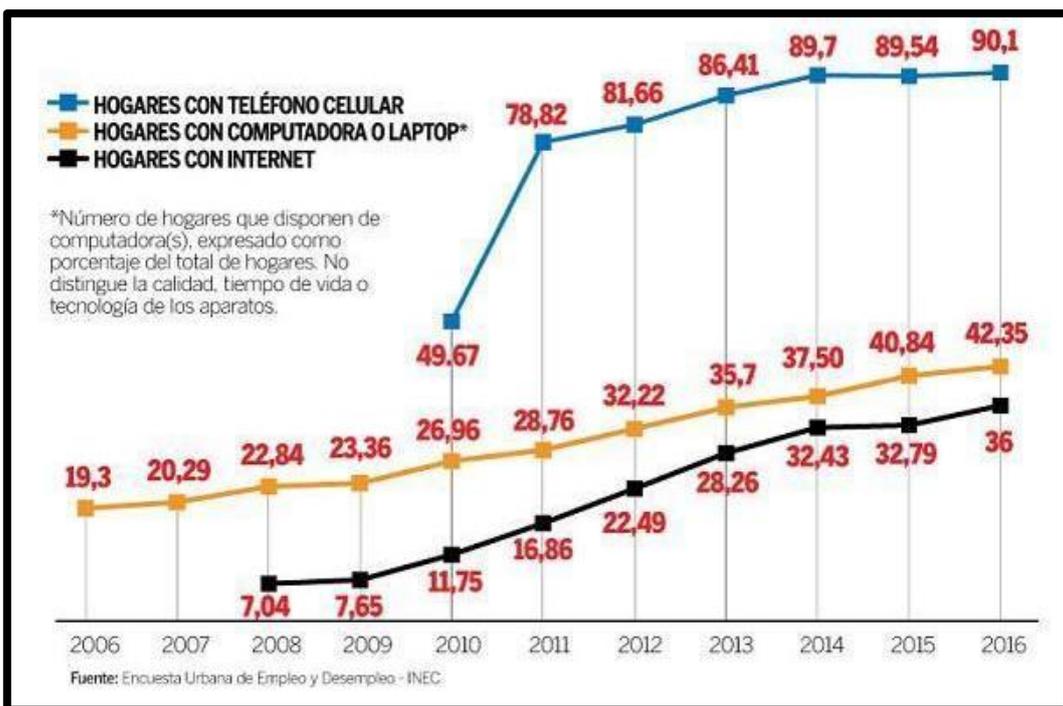
Una red de transporte óptico requiere mayor ancho de banda y mayor velocidad para la transmisión de datos, por lo que trabajar a una mayor velocidad, donde las frecuencias son mucho más pequeñas y el espectro es mucho mayor, posibilitará la aplicación de actuales y futuras tecnologías de telecomunicaciones que permitirán incrementar la tasa de transmisión de datos y cubrirán las necesidades presentes y proyectadas de los usuarios, clientes o abonados.

La presente investigación hace referencia a la capacidad de transmisión desde el equipo óptico hasta el hogar, donde se evaluará el comportamiento de una red Triple Play, una red convergente, con la finalidad de optimizar los parámetros de capacidad de transmisiones de datos por medio de simulaciones y cálculos.



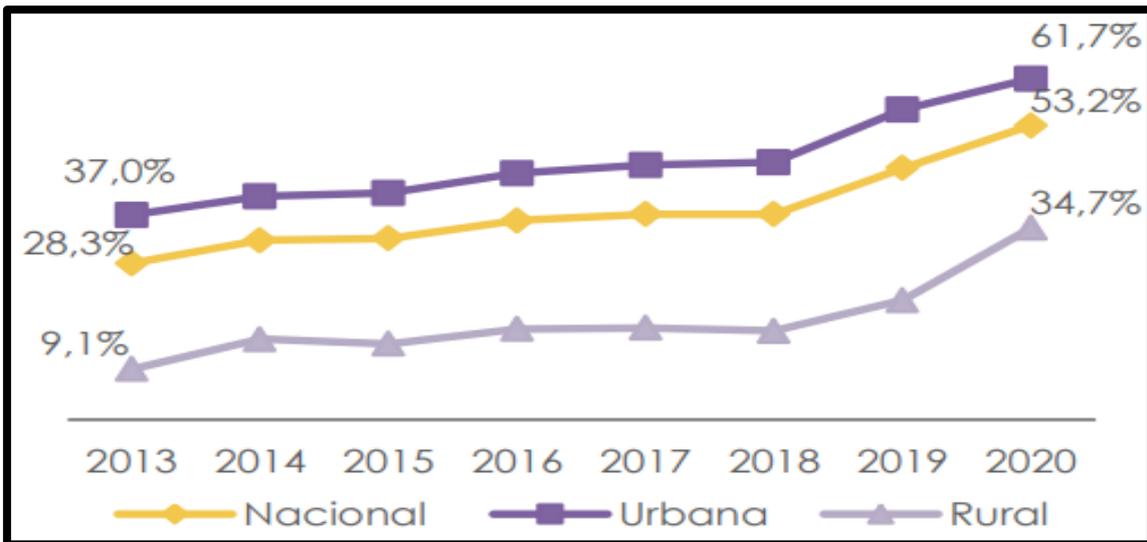
**Figura 1-1.** Número de computadoras / laptops vs número de teléfonos celulares por años

Fuente: Encuesta Urbana de Empleo y Desempleo – INEC



**Figura 2-1.** Hogares con celulares vs computadoras y laptops vs Internet por años

Fuente: Encuesta Urbana de Empleo y Desempleo – INEC



**Figura 3-1.** Evolución del porcentaje de hogares con acceso a internet, por área (2013-2020)

Fuente: Encuesta Multipropósito (2013-2020).

Como se puede apreciar en las figuras 1-1, 1-2 y 1-3 la necesidad de la población de estar informado y utilizar servicios de telecomunicaciones que a fechas actuales se han vuelto básicos como es el caso del internet, ha crecido de manera importante en los últimos años, y de acuerdo a información de la ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones), dato obtenido de su plataforma SIETEL (Sistema de Información y Estadísticas de los Servicios de Telecomunicaciones), fecha de corte marzo de 2022, el número de cuentas de Internet por cada 100 habitantes es del 71,37%.

Para satisfacer esta demanda que tiende a incrementar conforme pasa el tiempo, es necesario, fortalecer la infraestructura existente e incrementar el tamaño de la capacidad de transmisión de los sistemas principales conocidos como cabeceras, headend, backbone, nodos o centrales de distribución del proveedor de servicios, para lo cual se deben realizar las acciones que correspondan para sustentar este requerimiento.

## 1.6 Alcance de la investigación

Diseñar y simular una red de acceso con tecnología ITU-T G.984 para la parroquia Atocha – Ficoa en la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua, mediante el estudio de fundamentos teóricos, características de las redes ópticas y el programa de simulación OptiSystem. Determinar los parámetros técnicos que deben cumplir los equipos para operar una red FTTH (Fiber To The Home). Demostrar la factibilidad técnica de la red Triple Play, para una futura implementación.

## **1.7 Objetivos de la Investigación**

### **1.7.1 Objetivo General**

- Evaluar parámetros técnicos de una red de acceso óptico para optimizar y mejorar la transmisión de servicios Triple Play mediante la ITU G.984 y software de simulación.

### **1.7.2 Objetivos Específicos**

- Estudiar el estándar ITU-T G.984 y las características de la red de acceso óptico.
- Diseñar una red óptica en la cual se pueda proveer el acceso a voz, video y datos permitiendo que en un futuro esta red ofrezca escalabilidad con las redes de siguiente generación.
- Evaluar mediante simulación los parámetros de calidad de transmisión óptica en cuanto a la Atenuación, BER y Factor Q.

## **1.8 Hipótesis**

Mediante la recomendación G.984 ITU y el software de simulación se permitirá la evaluación de parámetros técnicos de una red de acceso óptico para optimizar la transmisión de servicios Triple Play.

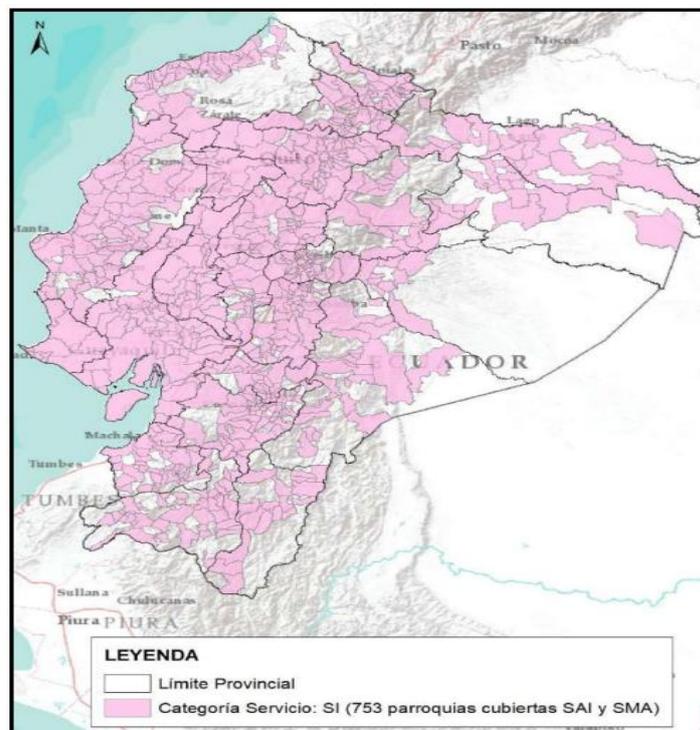
## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes del Problema

La demanda de internet y demás servicios de telecomunicaciones seguirá incrementándose no sólo en Ecuador sino también a nivel global, esto a pasos agigantados. El incremento del canal de transmisión de datos es fundamental para satisfacer las necesidades de la población, puesto que por medio de internet se puede acceder a otros servicios ya sean de entretenimiento, educativos o para el sector laboral entre otros.

Las redes de transporte óptico se presentan como una tecnología con demanda de mayor ancho de banda y mejores velocidades de transmisión de datos, por lo que trabajar a una mayor velocidad, donde las frecuencias son mucho más pequeñas y el espectro es mayor, posibilitará la aplicación de las nuevas y futuras tecnologías de comunicación que incrementan las tasas de transmisión de datos. Las redes Triple Play permiten optimizar recursos, económicos, logísticos, físicos y lógicos, debido a que por un mismo hilo se pueden transmitir diferentes servicios.



**Figura 1-2.** Despliegue del Servicio de Acceso a Internet y Sistema Móvil Avanzado

Fuente: ARCOTEL - MINTEL, diciembre 2021

## 2.2 Bases teóricas

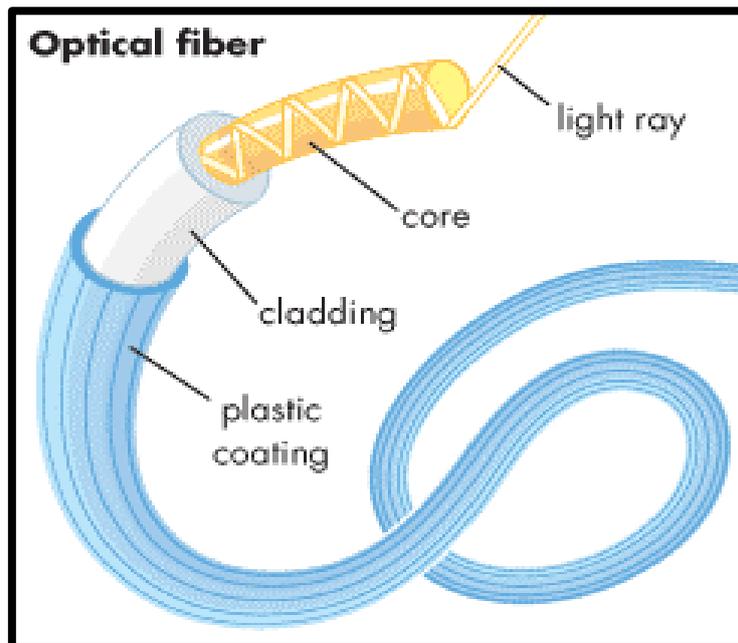
### 2.2.1 Fibra óptica

La fibra óptica es un compuesto hecho de plástico de alta calidad, que consiste en pequeñas fibras que transmiten señales luz. La función de la fibra óptica es transferir dichas señales de luz en frecuencias diferentes. (Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2016)

Para entender de una forma adecuada cómo funciona la fibra óptica se puede comparar como si se tratara de una amplia autopista por la que transitan datos en lugar de automóviles, mismos que recorren extensas distancias a grandes velocidades, para que los usuarios accedan a diferentes tipos de servicios. (Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2016)

#### 2.2.1.1 Estructura de la Fibra Óptica

Un cable de fibra óptica generalmente se fabrica a partir de cristal de silicio de alta pureza. Se convierte en hilos mediante un proceso de fusión controlada, posteriormente los hilos que se obtienen del proceso se recubren de una capa protectora. La fibra óptica posee las siguientes partes: el núcleo o core por donde transita el haz de luz, el revestimiento o cladding y el recubrimiento o coating, como se muestra en la Figura 2-2.



**Figura 2-2.** Capas de la estructura básica de una fibra óptica

Fuente: (ITCA Escuela de computación, 2014)

- Núcleo (Core)

Según (Pinto & Cabezas, 2014) el core es la parte interna por la cual se propagan las ondas ópticas y puede ser de sílice, cuarzo fundido o de plástico. El diámetro es de 50 o 62,5  $\mu\text{m}$  para la fibra multimodo y 8 a 11  $\mu\text{m}$  para la fibra monomodo.

El núcleo transporta las señales ópticas que llevan la información y son proyectadas como haz de luz, donde esta información llega al dispositivo de recepción por medio de la reflexión interna.

- Revestimiento (Cladding)

Es la envoltura o funda de plástico o vidrio que rodea el núcleo de una fibra óptica, fusionándose con ésta. El revestimiento tiene un diámetro de 125  $\mu\text{m}$ . Mantiene las ondas de luz dentro del núcleo y le agrega resistencia. El revestimiento está cubierto con una envoltura exterior de protección. (Comunidad de programadores, 2020)

- Recubrimiento (Coating)

El coating o jacket es la capa exterior de la fibra óptica, la envoltura primaria que es concéntrica al core y cladding. La transmisión del haz de luz a través de este medio se explica con el principio de reflexión y refracción, mejor conocido como Ley de Snell. (LPS Ingeniería, 2012). El core y el recubrimiento se mezclan con elementos específicos llamados dopantes. La diferencia entre los índices de refracción de ambos materiales provoca que la luz sea transmitida sin pérdidas, quedándose dentro del núcleo. (LPS Ingeniería, 2012)

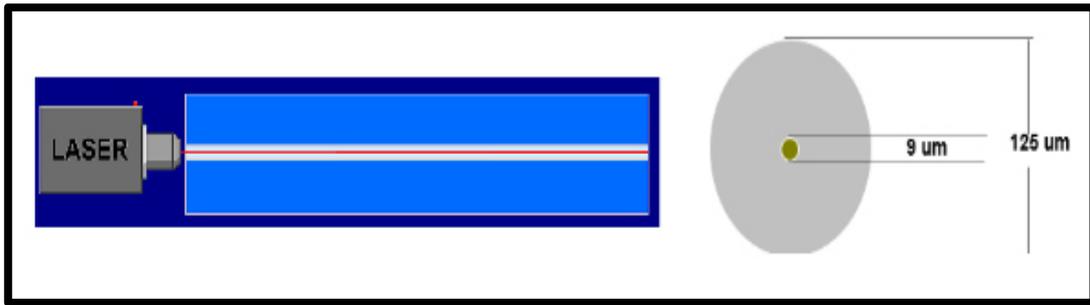
La propagación de las ondas electromagnéticas en forma de haz de luz hace que la fibra óptica no requiera de voltajes ni corrientes, convirtiéndolo en un medio inmune a interferencias electromagnéticas. (LPS Ingeniería, 2012)

### 2.2.1.2 Modos de Propagación

Dependiendo del modo de propagación o el diámetro de la fibra óptica puede ser clasificada en monomodo y multimodo.

- Fibra óptica Monomodo

El cable monomodo también conocido como single mode, dispone de un solo modo de propagación, es decir una sola longitud de onda de luz en el núcleo de fibra, por lo tanto no hay interferencias ni solapamientos entre las distintas longitudes de onda de luz que pudieran distorsionar los datos, como ocurre con el cable multimodo. (Black Box Mexico, 2022)



**Figura 3-2.** Estructura básica y dimensiones de una fibra óptica monomodo

**Fuente:** (Laumayer, 2021)

La Fibra óptica monomodo que se utiliza corresponde a dos tipos:

- En lo que concierne a los parámetros de las fibras para las necesidades específicas de la red de acceso, deben cumplir con las especificaciones de la Recomendación G.652D de UIT-T o superior dentro del estándar.
- En lo que concierne a los parámetros de las fibras ópticas monomodo para largas distancias o enlaces troncales o red de transporte, para aplicaciones terrestres y submarinas, deben ser de acuerdo a la recomendación. UIT-T G.655. o superior dentro del estándar.

Se utiliza para diseños de largas distancias como en centros de datos que conectan con armarios de telecomunicaciones en donde son usados a su vez para conectar edificios de un campus o un conjunto residencial.

Otro ejemplo se produce cuando se requiere realizar una red de conectividad entre dos cabeceras de televisión siempre y cuando no rebase los 20 km.

**Tabla 1-2:** Normativas técnicas de fibra óptica según la ITU-T vigentes a la fecha

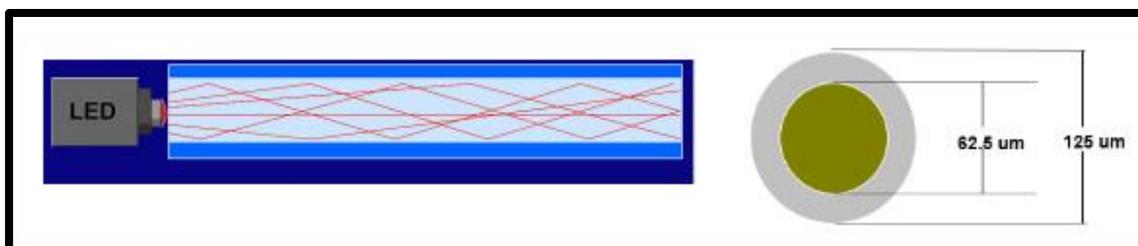
Normativa	Atenuación	Longitud de Onda	Diámetro de Revestimiento	Tipo de Propagación	Radio Macro curvatura
ITU-T G651	0.3dB/Km- 1.0dB/km	850/1310 nm	50/245µm	Multimodo	30mm
ITU-T G652	0.5 dB/Km	1310/1550nm	8 a 10/125µm	Monomodo	30mm
ITU-T G653	0.35 dB/Km	1550nm	7.8 a 8.5/125µm	Monomodo	30mm
ITU-T G654	0.22 dB/Km	1550nm	9.5 a 10.5/125µm	Monomodo	30mm
ITU-T G655	0.4 dB/Km	1550/1625nm	8 a 11/125µm	Monomodo	30mm
ITU-T G656	0.35dB/Km	1550/1625nm	7 a 11/125µm	Monomodo	30mm
ITU-T G657	0.4 dB/Km	1310/1550nm	8 a 7/125µm	Monomodo	30mm

**Fuente:** (ITU T. [Rec. G.1010], 2018)

**Realizado por:** (Cruz Naula, DSpace ESPOCH, 2019)

- Fibra Óptica Multimodo

La fibra multimodo dispone de un núcleo con un diámetro más grande en comparación a la monomodo, esto permite el paso de múltiples modos de luz, es decir se pueden transmitir más tipos de datos.

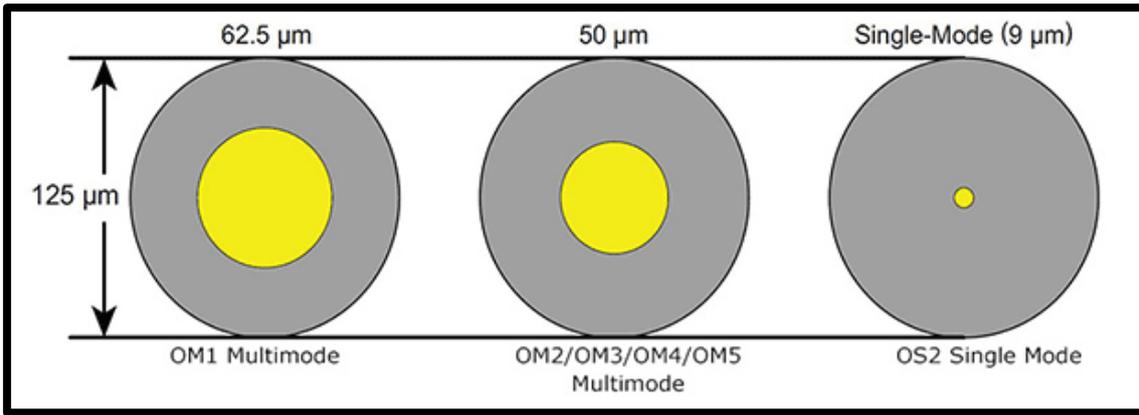


**Figura 4-2.** Estructura básica y dimensiones de una fibra óptica multimodo

**Fuente:** (Laumayer, 2021)

Generalmente la fibra multimodo se presentan en dos tamaños de núcleo y cinco variantes: 62,5 micras OM1, 50 micras OM2, 50 micras OM3, 50 micras OM4 y 50 micras OM5, donde OM significa modo óptico. Todas estas variantes disponen del mismo diámetro de revestimiento de 125 micrones. (Black Box Mexico, 2022)

En la actualidad, este tipo de fibra ha corregido el efecto de la dispersión modal, su utilización permite abreviar distancias aunque los modos seguirán teniendo una tendencia a separarse en trayectos demasiado largos.



**Figura 5-2.** Estructura de la fibra óptica monomodo y fibra óptica multimodo

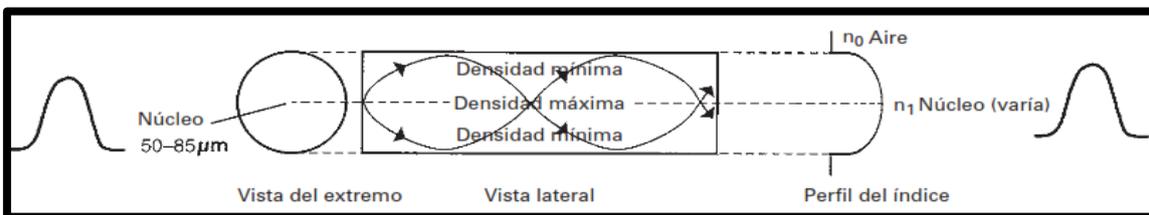
Fuente: (Black Box Mexico, 2022)

- *Índice Gradual o graduado*

Se caracterizan por un núcleo central cuyo índice de refracción no es uniforme; es máximo en el centro y disminuye en forma gradual hacia la orilla externa. La luz se propaga por refracción. (Tomasi, 2003)

Al propagarse un rayo de luz en dirección diagonal por el núcleo hacia el centro este pasa continuamente de una fase menos densa a una más densa, en consecuencia, los rayos se refractan en forma constante, la luz entra formando diferentes ángulos por lo tanto la deflexión es continua. (Tomasi, 2003)

Los rayos que viajan en la zona más externa recorren una distancia mayor. El índice de refracción disminuye, la velocidad es inversamente proporcional al índice de refracción, la luz que va más alejada del centro se propaga con mayor velocidad, en consecuencia, aproximadamente se tardan lo mismo en recorrer la longitud de la fibra. (Tomasi, 2003)

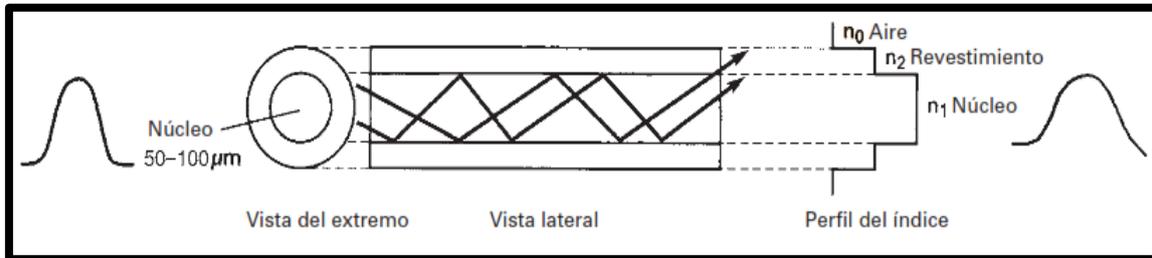


**Figura 6-2.** Proceso de transmisión estándar en una fibra óptica de índice gradual

Fuente: (Tomasi, 2003)

- *Índice Escalonado*

En este tipo de fibra los rayos ópticos viajan reflejándose a diferentes ángulos, esto implica que los rayos recorren diferentes distancias y se desfasan al viajar dentro de la fibra. (Tomasi, 2003)



**Figura 7-2.** Proceso de transmisión estándar en una fibra óptica de índice escalonado

Fuente: (Tomasi, 2003)

Para comprender de mejor manera las diferencias entre la fibra monomodo y la fibra multimodo, se detallan las principales características en la Tabla 2-2.

**Tabla 2-2:** Diferencias existentes entre la fibra óptica multimodo y la fibra óptica monomodo

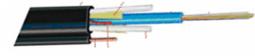
MULTIMODO	MONOMODO
La luz se transmite por varios caminos	La luz se transmite por un solo camino
Fuente de Luz LED	Fuente de Luz Laser
Mayor Atenuación	Menor Atenuación
Cortas Distancias (Mayor atenuación)	Largas distancias (menor atenuación)
Fibra más costosa	Fibra más económica
Hardware y accesorios más económicos	Hardware y accesorios más costosos
Menor ancho de banda	Mayor ancho de banda

Fuente: (Black Box México, 2022)

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

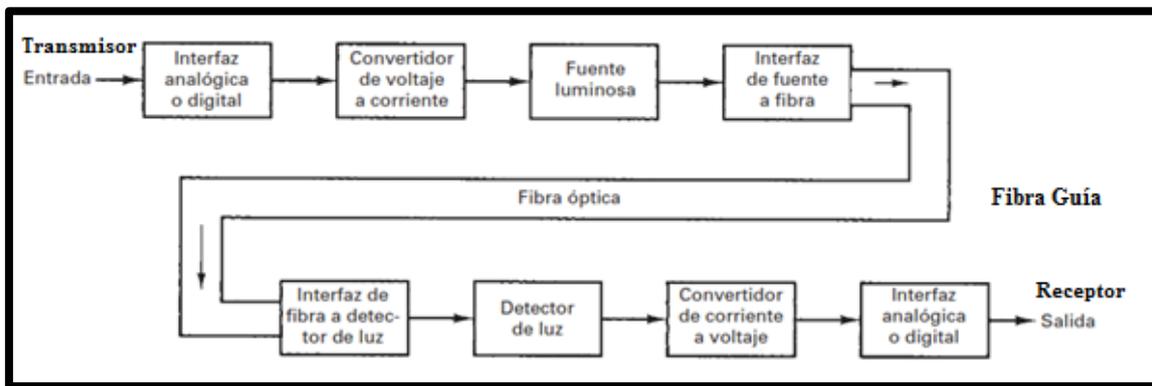
### 2.2.1.3 Tipos de Cable de Fibra Óptica

**Tabla 3-2:** Descripción de los cables de fibra óptica según su aplicación

TIPO DE CABLE	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN	CAPACIDAD
<p><b>LOOSE TUBE</b></p> 	Las fibras se encuentran dentro de un buffer (tubo de plástico), de manera holgada. Los buffers se encuentran alrededor de un elemento central.	Redes acometidas canalizadas, aéreas con sujeción y directamente enterrada.	Altas capacidades de cables. Presentaciones de 6, 12, 24, 48 y 96 hilos
<p><b>CENTRAL LOOSE TUBE</b></p> 	Contienen un solo buffer central.	Redes acometidas canalizadas	Manejan bajas capacidades de cables hasta 12 hilos
<p><b>ADSS</b></p> 	All-dielectric self-supporting. Puede ser loose tube o central loose tube. No tiene partes metálicas.	Se utiliza para tendidos aéreo. Red de transporte y de Acceso	Manejan altas capacidades de cables. Presentaciones de 6, 12, 24, 48 y 96 hilos
<p><b>FIGURA 8</b></p> 	Su nombre se debe a su forma física. Consta de un mensajero de acero pegado al cable. (cubierto por la misma chaqueta)	Se utiliza para tendidos aéreo. Red de usuario o de abonado	Manejan altas capacidades de cables. Presentaciones de 2, 4, 6 y 8 hilos
<p><b>CABLE PLANO</b></p> 	Es de forma ovalada-plana, es liviano. Suele ser tipo central loose tube.	Se utiliza para acometidas.	Bajas capacidad de cables hasta 24 fibras
<p><b>PATCHCORDS</b></p> 	Se constituye por un hilo de fibra con una chaqueta de 2 mm y 2 conectores en los extremos.	Los patchords conectan el ODF con el equipo activo uso interior.	2 fibras, alguno modelos viene de forma dual 2 conectores por lado y vienen de diferentes longitudes
<p><b>PIGTAILS</b></p> 	El pigtail es un hilo de fibra con una cubierta de 900 um, sus longitudes son variables y pueden tener cualquier tipo de adaptador.	Se fusiona con un hilo del cable de fibra óptica. Se puede usar para la fusión en la roseta óptica	1 fibra

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

### 2.2.1.4 Enlaces Óptico



**Figura 8-2.** Diagrama de bloques de un enlace simplificado de comunicaciones con fibra

Fuente: (Tomasi, 2003)

En la fig. 8-2 se detalla un diagrama de bloques simplificado de un enlace de fibra óptica para transmitir datos. Como se observa en la gráfica los tres bloques principales que conforman el enlace son: el transmisor, el receptor y la fibra guía. (Tomasi, 2003)

El transmisor posee una interfaz analógica o digital, un convertidor de voltaje a corriente, una fuente luminosa y un acoplador de luz de fuente a fibra. (Tomasi, 2003)

La fuente luminosa del transmisor puede modular mediante una señal digital o analógica, depende de la aplicación o lo que se vaya a transmitir.

Para la modulación analógica, la interfaz de entrada compensa las impedancias y limita la amplitud de la señal de entrada. Para la modulación digital, la fuente puede tener forma digital o analógica, debe convertirse en una corriente de pulsos digitales y se debe agregar un convertidor analógico-digital en la interfaz. (Tomasi, 2003)

La guía de fibra es el core de fibra. El receptor es un equipo detector acoplador de fibra a luz, un detector fotoeléctrico que convierte de corriente a voltaje, amplifica, además de ser una interfaz analógica o digital. (Tomasi, 2003)

El convertidor de voltaje a corriente permite la interconexión eléctrica entre los circuitos de entrada y la fuente luminosa. Dicha fuente puede ser un diodo emisor de luz led o un diodo de inyección láser. La cantidad de luz es proporcional a la cantidad de la corriente de excitación. De esta manera el convertidor convierte un voltaje de señal de entrada en una corriente que se usa para activar la fuente. (Tomasi, 2003)

El detector de luz es, con mucha frecuencia, un diodo PIN (tipo p tipo intrínseco) o un fotodiodo de avalancha (APD, de avalanche photodiode). Tanto el diodo APD como el PIN convierten la energía luminosa en corriente. En consecuencia, se necesita un convertidor de corriente a voltaje.

El convertidor de corriente a voltaje transforma los cambios de la corriente del detector en cambios de voltaje de la señal de salida. (Tomasi, 2003)

La interfaz analógica o digital en la salida del receptor también es una interconexión eléctrica. Si se usa modulación analógica, la interfaz compensa las impedancias y los niveles de señal con los circuitos de salida. Si se usa modulación digital, la interfaz debe incluir un convertidor de digital a analógico. (Tomasi, 2003)

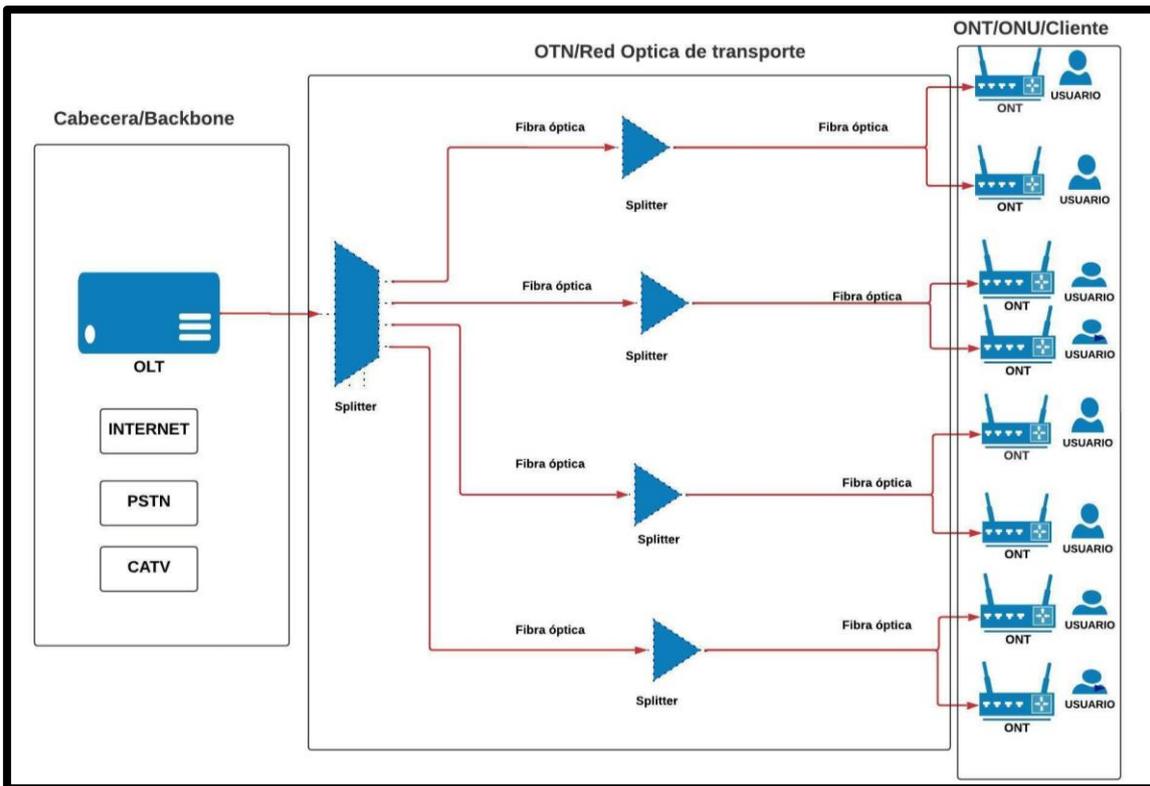
### **2.2.2 Redes FTTH**

FTTH significa *Fiber To The Home*, que en español significa fibra hasta la casa, es decir la red completa es de fibra óptica, hasta llegar al usuario. Este cable puede ser tipo ADSS, cable DROP u otros de fibra y no necesariamente es hasta llegar a un hogar sino que puede ser un edificio, conjunto residencial, oficinas, etc.

El uso de esta tecnología se ha extendido a pasos agigantados en todo el mundo, esto debido a sus múltiples prestaciones y beneficios. Dependiendo de la red se pueden ofertar varios servicios avanzados, como es el caso del Triple Play en donde se aúna, telefonía, Internet y televisión por cable, a los diferentes usuarios finales.

Existen variantes de este tipo de redes, esto depende de hasta donde llegue la de fibra óptica. Se pueden encontrar las siguientes variantes más utilizadas tenemos:

- FTTB *Fiber to the Building*, Fibra hasta el edificio
- FTTC, *Fiber To The Cabinet*, Fibra hasta el armario
- FTTD *Fiber to the Desktop*, Fibra hasta el escritorio
- FTTH, *Fiber To The Home*, Fibra hasta la base del hogar
- FTTM *Fiber to the Machine*, Fibra hasta la maquinaria
- FTTN, *Fiber to the Node*, Fibra hasta el nodo
- FTTO *Fiber to the Office*, Fibra hasta la oficina
- FTTR *Fiber to the Room*, fibra hasta la habitación
- FTTS, *Fiber To The Street*, Fibra hasta la calle



**Figura 9-2.** Diagrama esquemático general de una red completa FTTH con Tripleplay

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

FTTH – xPON reemplaza la infraestructura basada en cobre (xDSL) y coaxial / fibra (HFC) debido a las siguientes razones:

- La capacidad de proporcionar velocidades de transmisión bidireccionales más altas, que brindan una gran cantidad de información digital de manera eficiente.
- La fibra tiene una capacidad “ilimitada” y sus actualizaciones de ancho de banda son limitadas únicamente por los equipos activos utilizados.
- La reducción de costos de componentes y equipos
- Los costos de mantenimiento también se reducen ya que no hay equipos activos, solo en la cabecera, La operación y el mantenimiento de la red es más simple utilizando la automatización total y un software de control, lo que requiere menos personal.
- La larga vida útil del cable de fibra óptica es aproximadamente de 30 años.
- No se ve afectado por la interferencia electromagnética.
- Menor consumo de electricidad en comparación con sus predecesoras, tecnologías xDSL o HFC.

Las redes FTTH proveen suficiente ancho de banda para manejar las demandas proyectadas de los consumidores durante la próxima década.

#### 2.2.2.1 FTTB

FTTB (*Fiber to the Building*), en español, Fibra hasta el edificio: En este caso la conexión por fibra llega hasta un determinado edificio. Desde ese punto la conexión hasta el usuario utiliza la infraestructura existente, es decir, puede reutilizar redes LAN basadas en Ethernet, cables de acceso de tipo coaxial o de teléfono. Este caso ocurre en grandes complejos o ciudadelas residenciales, hospitales, edificios empresariales, cadenas de hoteles, etc. (Pavón Serrano, 2018)

#### 2.2.2.2 FTTC

FTTC (*Fiber to the Cabinet*), en español, Fibra hasta el armario: Se refiere al empleo de fibra desde la central de la red del operador hasta un nodo intermedio como un pedestal o una central pequeña que da servicio a por zonas, para el resto del trayecto habitualmente se emplea el par de cobre de telefonía (para ofrecer accesos ADSL, VDSL, etc.) o cable coaxial también conocido como HFC (Hybrid Fiber Coaxial), emplea tecnología DOCSIS (*Data Over Cable Service Interface Specification*) que significa en español Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable. (Pavón Serrano, 2018)

#### 2.2.2.3 FTTD

FTTD (*Fiber to the Desktop*), Fibra hasta el escritorio: este concepto es similar al término FTTR (*Fiber to the Room*) pero se aplica a empresas, donde la densidad de puntos de terminación de red es mucho mayor, el uso de la conectividad es más intensivo en horas pico, el empleo de la red requiere de mayores recursos para realizar tareas específicas del área empresarial.

En este tipo de configuración se requiere obligatoriamente autenticación, autorización y registro, segmentación de la red, alimentación PoE (*Power over Ethernet*), soporte de Telefonía IP, entre otros.). En resumen se puede decir que FTTD = FTTO + LAN (con Passive Optical LAN). (Pavón Serrano, 2018)

#### 2.2.2.4 FTTH

FTTH (*Fiber To The Home*), Fibra hasta la base del hogar, conocida como fibra por excelencia o fibra de verdad. Es una conexión de fibra que va desde la central, oficina, edificio, hogar es decir cliente, de forma directa y sin ninguna clase de bloqueos o cambios de línea, es decir 100% fibra. (Iglesias Fraga, 2019)

#### 2.2.2.5 *FTTM*

*FTTM (Fiber to the Machine)*, Fibra hasta la maquinaria: es similar a FTTR y FTTD, pero con enfoque en la Industria 4.0. La diferencia es que la tecnología de fibra se usa para proporcionar conectividad con máquinas tales como grúas, puertas, luminaria, fresadoras, alarmas, señalización, etc. Por ejemplo podría servir para el control de semáforos inteligentes entre otros. (Pavón Serrano, 2018)

Este tipo de requerimientos exige que los equipos que llevan la fibra en el último tramo estén ruggedizados es decir resistente y que posea características adicionales como: rangos extendidos de temperatura, humedad, presión, etc., y posean determinado grado de protección IP, dependiendo del tipo de red. (Pavón Serrano, 2018)

#### 2.2.2.6 *FTTN*

*FTTN (Fiber to the Node)* Fibra hasta el nodo: se refiere al empleo de fibra desde la central principal del cable operador hasta un nodo secundario. Se puede considerar una central principal o nodo principal que centraliza la conectividad de un determinado sector y las centrales secundarias. (Pavón Serrano, 2018)

#### 2.2.2.7 *FTTO*

*FTTO (Fiber to the Office)*, Fibra hasta la oficina, muy similar a FTTH, la diferencia es que los servicios ofertados por el proveedor, están orientados a un uso empresarial. Por ejemplo, con FTTO el router suministrado por el operador es gestionado de forma remota, admite mayor número de conexiones simultáneas, es posible contratar la asignación de IP's públicas, presencia en Internet, servicios de ciberseguridad, etc. Al igual que en FTTH, al cliente sólo se le deja una ONT. (Pavón Serrano, 2018)

#### 2.2.2.8 *FTTR*

*FTTR (Fiber to the Room)*, fibra hasta la habitación; este caso aplica especialmente a sectores específicos como hoteles, hospitales, residencias universitarias, centros de capacitación, etc. Consiste en llevar la conexión por fibra hasta la habitación, donde los usuarios van a usar la red. Debido a una cuestión de eficiencia en costes de servicio, en realidad el operador lleva la fibra hasta el edificio y es el quien despliega su red dentro de la edificación. Se podría resumir como FTTR = FTTH + LAN (con Passive Optical Network). (Pavón Serrano, 2018)

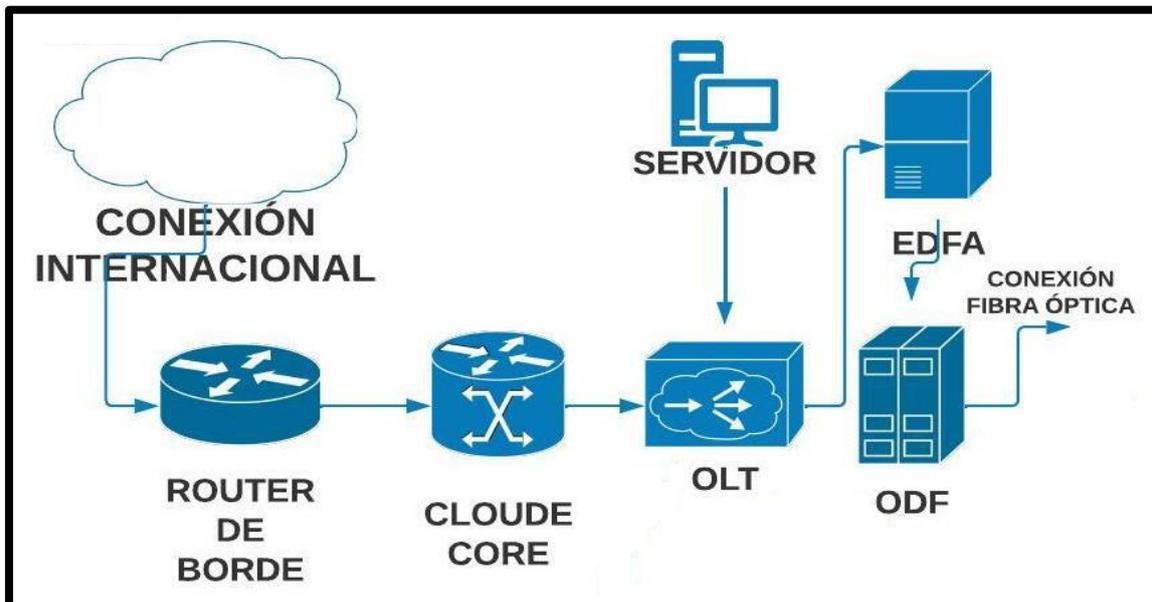
### 2.2.2.9 FTTS

FTTS (*Fiber to the Street*), Fibra hasta la calle

Muy parecida a la modalidad FTTC, este tipo de red requiere el despliegue de red de banda ancha que no llega directamente a una casa u oficina, sino que ésta se acaba en un armario cerca del edificio (a unos 150-200 metros). Luego de esto, para llegar al punto final, requiere cable de cobre. (Iglesias Fraga, 2019)

### 2.2.3 Cabecera de Fibra Óptica

Conocido también como Headend o Backbone, es el lugar en donde se instala y configura la OLT (Optical Line Terminal), en español, Terminal de Línea Óptica. Este equipo es activo, es decir, requiere energía eléctrica para funcionar y se encarga de enviar la señal o señales que contrate el cliente para que llegue a los usuarios finales. En la cabecera también se instalan otros equipos tales como router de borde, switch, amplificador EDFA, ODF, servidores, entre otros, esto dependerá del tipo de servicios que se vayan a entregar.



**Figura 10-2.** Estructura típica de una cabecera de Servicio de Acceso a Internet

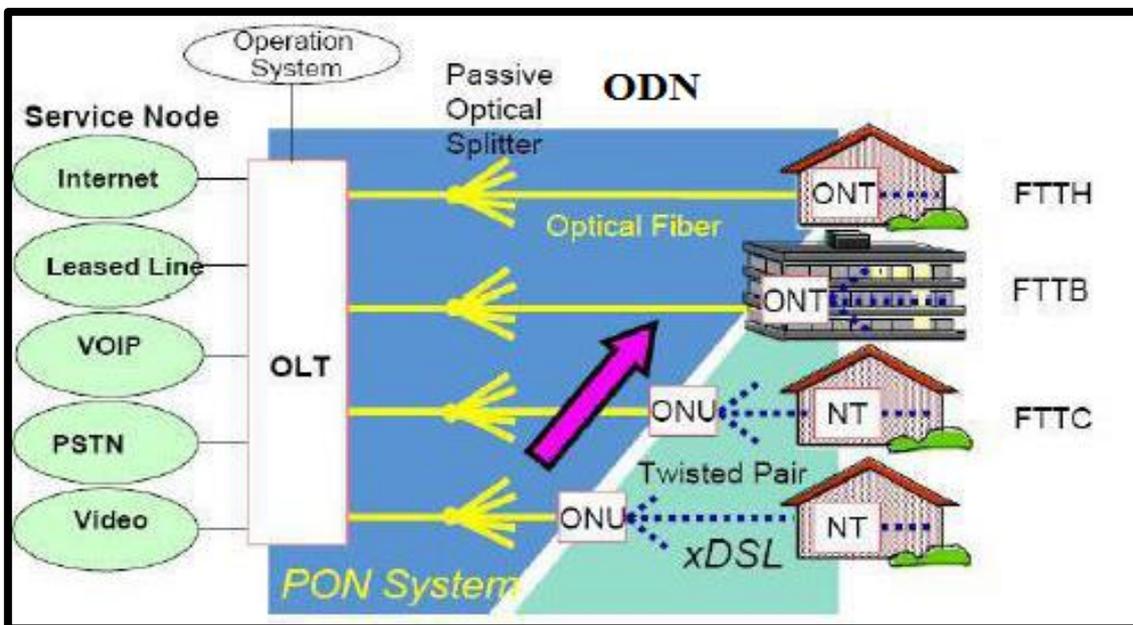
Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

### 2.2.4 ODN

ODN (*Optical Distribution Network*), en español Red de distribución óptica. La ODN es el medio de transmisión óptica para la conexión física de las ONU a las OLT. Su alcance máximo es de 20 km, aunque se podría extender un poco más.

Dentro de la ODN, el cable de fibra óptica, los conectores de fibra óptica, los divisores ópticos pasivos y los componentes auxiliares colaboran entre sí. El ODN tiene específicamente cinco segmentos: la fibra de alimentación, el punto de distribución óptica, la fibra de distribución, el punto de acceso óptico y el divisor de fibra. La fibra de alimentación va desde el distribuidor de fibra óptica conocido como ODF (*Optical Distribution Fiber*) en la cabecera hasta el punto de distribución óptica para coberturas de larga distancia. Distribuye fibras ópticas para las áreas de su lado desde el punto de distribución óptica hasta el punto de acceso óptico. (FS Community, 2018)

El divisor de fibra conecta el punto de acceso óptico a los terminales (ONT), logrando así la repartición de la fibra óptica a los usuarios. La ODN es esencial para la transmisión de datos PON (*Passive Optical Network*) y su calidad afecta directamente al rendimiento, la confiabilidad y la escalabilidad del sistema PON. (FS Community, 2018)



**Figura 11-2.** Diagrama esquemático básico de una red ODN con varios servicios

Fuente: (XXXAMIN, 2018)

### 2.2.5 ONT

La ONT (del inglés Optical Network Terminal) es el equipo terminal que se coloca en el punto cliente y se encarga de convertir la señal óptica en una señal Gigabit Ethernet de banda ancha. La ONT necesita de energía para funcionar, es decir, es un elemento activo.

Dependiendo del servicio que contrate el cliente, se colocará el modelo adecuado de ONT. Algunos autores describen a este equipo como ONU del Inglés (Optical Network Unit).

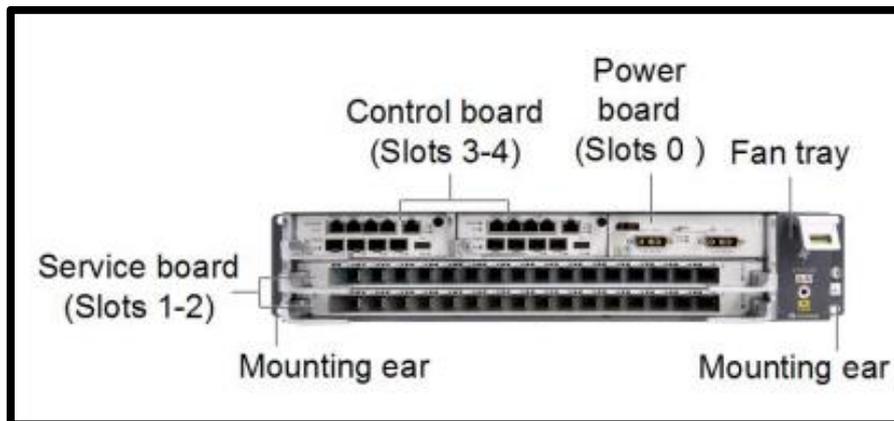


**Figura 12-2.** Diferentes modelos vigentes de ONTs, ONUs o equipo terminal usuario

Fuente: (ZC Mayoristas, 2022)

## 2.2.6 Características Técnicas de los elementos fundamentales de una Red FTTH

### 2.2.6.1 OLT



**Figura 13-2.** Diagrama descriptivo básico de un equipo OLT multipropósito, parte delantera

Fuente: (Huawei, 2022)

La marca más utilizada para el tendido de redes de fibra óptica es Huawei, debido a que provee equipos de calidad con altas prestaciones.

El modelo MA5800x2 utiliza la arquitectura distribuida (igual que el enrutador). Bajo esta arquitectura, el procesamiento de servicios en el tablero de control es distribuido a cada tablero de servicio, mejorando la capacidad de conmutación del sistema, rendimiento y confiabilidad.

Admite monitoreo de calidad de video U-vMOS. Sondas integradas en placas para recopilar indicadores de video y el NMS por medio del control remoto. (Huawei, 2022)

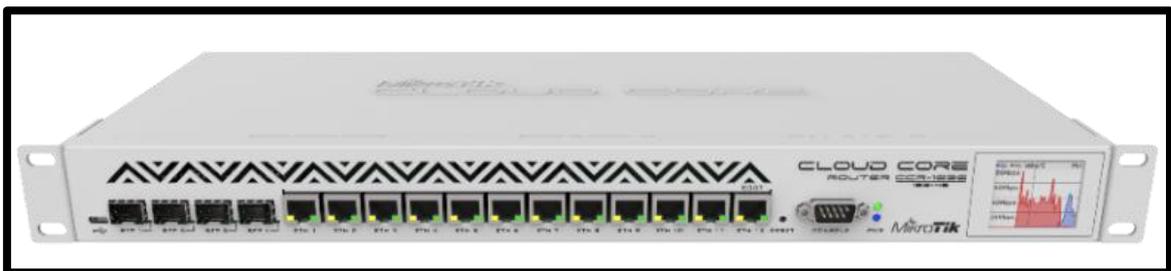
**Tabla 4-2:** Características técnicas principales de la OLT o terminal óptica de línea

Ítem	Descripción
Capacidad de conmutación del tablero de control	480 Gbit/s
Ancho de banda máximo por slot	80 Gbit/s
Número de usuarios de video 4K simultáneos	2000
Modo de fuente de alimentación	· DC fuente de alimentación (dual para respaldo) · AC fuente de alimentación + batería
Voltaje Nominal	· DC fuente de alimentación: -48 V/-60 V · AC fuente de alimentación: 110 V/220 V
Temperatura Ambiente	40°C to +65°C* (operación normal) Temperatura mínima de inicio: -25°C *65°C indica la temperatura de ventilación de entrada de aire del subrack de servicio.
Puertos GPON, puertos XG-PON	16*2 = 32
Puertos XGS-PON	8*2 = 16
Puertos upstream GE/10GE (control de tablero para la transmisión upstream)	4*2 = 8
Puertos upstream GE/10GE (tablero upstream para transmisión upstream)	8*2 = 16

**Realizado por:** Bedón Bonilla, José, 2022.

**Fuente:** (Huawei, 2022)

### 2.2.6.2 Router de borde



**Figura 14-2.** Parte delantera de Router de Borde y/o Cloud Core Router

Fuente: (Mikrotik, 2021)

A este dispositivo llega la conexión internacional que será proporcionada por una Empresa legalmente autorizada en el Ecuador y posee las siguientes características.

- 2 y 1 unidades RU RU con un máximo de 2 puertos GE integrados WAN
- 1 Módulo de Servicios Integrados (ISM)

- Hasta 11 puertos de switch LAN, dos ranuras para tarjetas de interfaz WAN de alta velocidad mejoradas
- Acelerada por hardware DES, 3DES y AES de IPSec y SSL VPN
- 802.11a/g/n punto de acceso integrado con 802.11i, WPA y WPA2 para la seguridad
- 16 VLANs inalámbricas y 15 SSIDs
- Optimización WAN a través WAAS exprés
- Acceso a la nube segura con prevención de intrusiones integrado, filtrado de contenidos y seguridad web cloud

### 2.2.6.3 Cloud Core Router

Para la configuración como Cloud Core Router se puede utilizar el mismo equipo del punto anterior, este dispositivo actúa como enrutador. Almacenará el contenido usado o consultado con más frecuencia por los usuarios, se recomienda el Cloud Core Router de la marca Mikrotik, modelo CC1036-12G-4S, que es un enrutador de grado industrial con CPU de 36 núcleos. Viene preinstalado con 16 GB de RAM. Viene en una caja de montaje en rack de 1U, tiene cuatro puertos SFP, doce puertos Gigabit Ethernet, un cable de consola serial y un puerto USB.

### 2.2.6.4 Switch de Administración



**Figura 15-2.** Parte delantera de switch de administración de la marca TP-Link

Fuente: (TP LINK, 2021)

El switch permite administrar los servicios y los usuarios conectados a la red, los más utilizados son de la marca TP-LINK.

- Conexiones Gigabit Ethernet en todos los puertos que proporcionan la máxima velocidad de transferencia de datos
- Estrategia integrada de seguridad, incluyendo 802.1Q VLAN, seguridad de puertos que ayudan a controlar lasobrecarga protegiendo sus inversiones de la zona LAN
- L2/L3/L4 QoS e IGMP snooping para optimizar las aplicaciones de voz y vídeo

- Modos administrador de WEB / CLI, SNMP, RMON para abundantes funciones de administración

El Smart switch Gigabit de TP-LINK TL-SG2216 está equipado con 16 puertos RJ45 Gigabit y 2 ranuras SFP combo. El switch proporciona un alto rendimiento, QoS de nivel empresarial y estrategias de seguridad y funciones avanzadas de nivel 2. : (TP LINK, 2021)

El Smart Switch Gigabit TP-LINK TL-SG2216 es una solución efectiva para la pequeña y mediana empresa. El TL-SG2216 tiene características de seguridad útiles. La función de Storm-Control protege contra Broadcast, Multicast y Unicast desconocidos. : (TP LINK, 2021)

La calidad de servicio (QoS, L2 a L4) proporciona capacidades de gestión de tráfico mejoradas para mover los datos de forma más rápida y fluida. Además, el interfaz sencillo de gestión web, junto con el CLI, SNMP y RMON, hace que la instalación sea más rápida y la configuración cueste menos tiempo. Para grupos de trabajo y departamentos que requieran de un switch a coste razonable de capa 2 y capacidad de gigabit, el TL-SG2216 le ofrece la solución ideal de acceso de última generación. : (TP LINK, 2021)

#### 2.2.6.5 Servidor

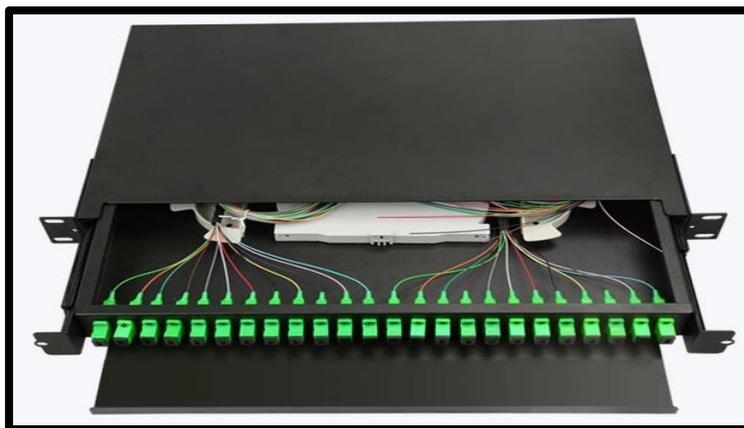


**Figura 16-2.** Parte delantera de un servidor tradicional que soporta tráfico G-PON

Fuente: (HPE, 2018)

HPE ProLiant ML30 Gen10 Server, este equipo posee compatibilidad con SSD NVMe M.2 a bordo, Puerto HPE iLO dedicado y puerto serie, permite ejecutar soluciones en la nube híbrida, que brindan rendimiento, seguridad, confiabilidad y capacidad de expansión. Los discos duros de conexión en caliente SFF brindan disponibilidad y flexibilidad. Se dispondrá de dos servidores para configurar los diferentes servicios y administrar la red. (HPE, 2018)

#### 2.2.6.6 ODF



**Figura 17-2.** Parte delantera de la bandeja de un equipo ODF básico de 24 puertos

**Fuente:** (FS community, 2021)

El ODF es el armario desde donde se distribuyen las fibras para salir a planta externa. Proporciona interconexiones de cables entre las instalaciones de comunicación, que pueden ser empalmes de fibra, terminación de fibra, adaptadores, conectores de fibra óptica y conexiones de cables en una sola unidad. (FS community, 2021)

También puede funcionar como un dispositivo de protección para proteger las conexiones de fibra óptica de daños. Las funciones básicas de las ODF proporcionadas por los proveedores actuales son casi las mismas. Sin embargo, tienen diferentes formas y especificaciones. (FS community, 2021). Suele tener un diseño modular con una estructura firme.

Se puede instalar en el rack con más flexibilidad de acuerdo con las especificaciones y el número de cables de fibra óptica. Este tipo de sistema de distribución óptica es más conveniente y puede brindar más posibilidades para el futuro. La mayor parte del ODF de montaje en bastidor es de 19", lo que garantiza que se puedan instalar perfectamente en el rack de transmisión estándar de uso común. (FS community, 2021)

**Tabla 5-2:** Características técnicas principales del armario óptico modular denominado ODF o ROM

<b>Marca</b>	Se puede utilizar marcas diferentes, porque generalmente los fabrican en China
<b>Modelo</b>	Los más usados vienen en las presentaciones de 24, 48, 96
<b>Tipo de Conector</b>	SC, FC, LC
<b>Número de Puertos</b>	24 puertos por bandeja
<b>Material</b>	Plástico resistente

**Realizado por:** Bedón Bonilla, José, 2022.

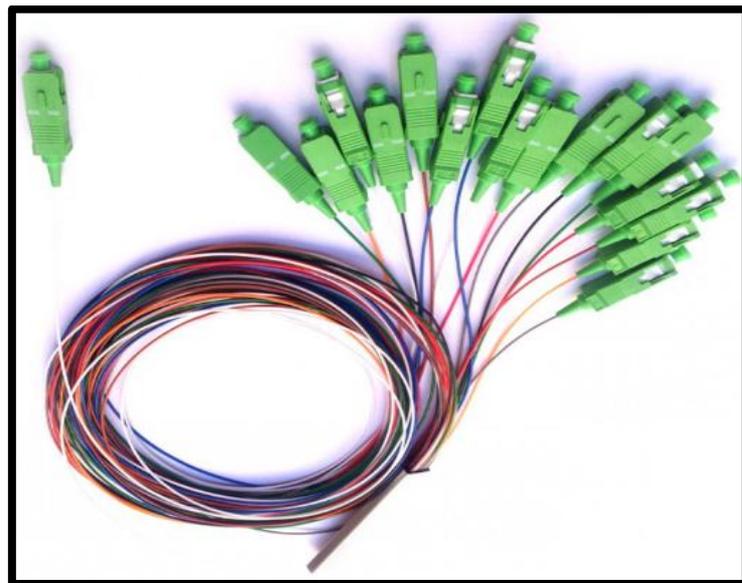
**Fuente:** (Sin cables, 2019)

### 2.2.6.7 Splitters



**Figura 18-2.** Splitter estándar que permite conexión por fusión de sus hilos, modelo 1x16

**Fuente:** Bedón Bonilla, José, 2022.



**Figura 19-2.** Splitter estándar que permite unión por conector, modelo de splitter 1x16

**Fuente:** Bedón Bonilla, José, 2022.

### Característica Técnicas:

- Alta uniformidad
- Instalación fácil
- Alta confiabilidad
- Cumple con GR-1221 y GR-1209
- Diversa relación de acoplamiento6. Modo simple y modo multi disponibles
- PDL bajo, bajo exceso de pérdida, baja pérdida de inserción
- Estable del medio ambiente
- Tipo estándar, tamaño compacto

### Aplicaciones:

- Para EPON, GPON, FTTH
- Redes FTTX
- Sistema de CATV
- Dispositivo de prueba
- Comunicación de datos
- Redes ópticas pasiva (EPON, BPON, GPON)
- Otras aplicaciones en sistemas de fibra óptica

**Tabla 6-2:** Atenuaciones típicas de los splitters ópticos según su tipo de división

División Óptica	Atenuación
1:2	-3.4 dB
1: 4	-6.02 dB
1: 8	-9.03 dB
1: 16	-12.04 dB

**Realizado por:** Bedón Bonilla, José, 2022.

#### 2.2.6.8 Cajas NAP

Las cajas NAP (Network Access Point) son equipos que permiten distribuir la señal de una red, en su interior se encuentra un splitter que puede ser fusionado o conectorizado y que va a depender del diseño de la red. Si son para exteriores deben poseer protección IP65 y pueden ser de 1x8, 1x16, etc.



**Figura 20-2.** Vista de una caja NAP de 16 salidas con protección IP68

**Fuente:** Bedón Bonilla, José, 2022.

#### 2.2.6.9 *Manga*



**Figura 21-2.** Vista lateral de una manga de fibra óptica con protección IP68

**Fuente:** Bedón Bonilla, José, 2022.

Las Mangas son equipos pasivos, en donde se fusionan los diferentes splitter ya sea de 1:4, 1: 8 o 1:16, dependiendo del nivel de splitteo, se utilizarán dos niveles como lo recomienda la norma.

#### 2.2.6.10 Roseta óptica

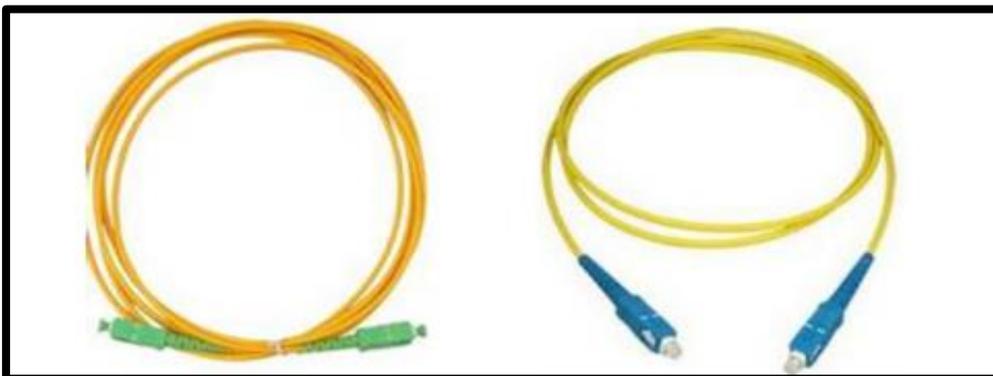


**Figura 22-2.** Roseta óptica con espacio para peinado de hilos y dos conectores

Fuente: Bedón Bonilla, José, 2022.

La Roseta óptica actúa como un punto de terminación de la red óptica utilizando conectorización directa (en campo) o empalme por fusión en una extensión pre-conectorizada.

#### 2.2.6.11 Patchcord



**Figura 23-2.** Modelos de patchcords APC y UPC más utilizados en las redes FTTH

Fuente: Bedón Bonilla, José, 2022.

El patchcord es un cable de conexión que se usa en las redes para conectar un dispositivo con otro. Es de fibra y existe de varios tipos y metrajes, dependiendo de la aplicación.

Poseen las siguientes características:

- Baja pérdida de inserción

- Rendimiento de apareamiento aleatorio perfecto
- Flexible

Aplicaciones:

- Transmisiones de larga distancia que ahorran costos de amplificación de señal.
- Televisión por cable
- Redes de telecomunicaciones
- Redes de datos
- Entornos industriales
- Para conectar dispositivos activos terminales

#### 2.2.6.12 ONTs

Equipo Terminal a donde llega el servicio, debe ser compatible con la ONT, o a su vez en la OLT se debe configurar un parche de software para que se pueda establecer la comunicación.

La ONT o equipo terminal, provee al usuario los servicios contratados en su plan Mensual Huawei HN8055Q FTTH es una ONT de tipo de enrutamiento XG-PON que posee 4 Puertos GE, 1 10GE, 1 Puerto USB, 1 2.4G puerto WiFi y 1 5Puerto WiFi



**Figura 24-2.** Vista trasera de una ONT Huawei con 4 puertos LAN

Fuente: Huawei, 2022

**Tabla 7-2:** Características técnicas más relevantes de la ONT o equipo terminal

<b>Marca</b>	<b>Huawei</b>
<b>Modelo</b>	Huawei HN8055Q FTTH
<b>Dimensiones (alto x ancho x profundidad)</b>	238 mm x 190 mm x 26 milímetro (sin la base)
<b>Peso</b>	< 1000 gramo
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	0Huawei HN8055Q FTTH es una ONT de tipo de enrutamiento XG-PON con
<b>Humedad de funcionamiento</b>	5% derecho a 95% Rh (sin condensación)
<b>Entrada del adaptador de corriente</b>	100–240 V CA, 50/60Hz
<b>Fuente de alimentación del sistema</b>	11-14 V CC, 3 A
<b>UNI</b>	4*DAR + 1*10DAR + 2USB + 2.4GRAMO & 5WiFi
<b>Indicadores</b>	Huawei HN8055Q FTTH es una ONT de tipo de enrutamiento XG-PON con
<b>Sensibilidad</b>	-77dBm

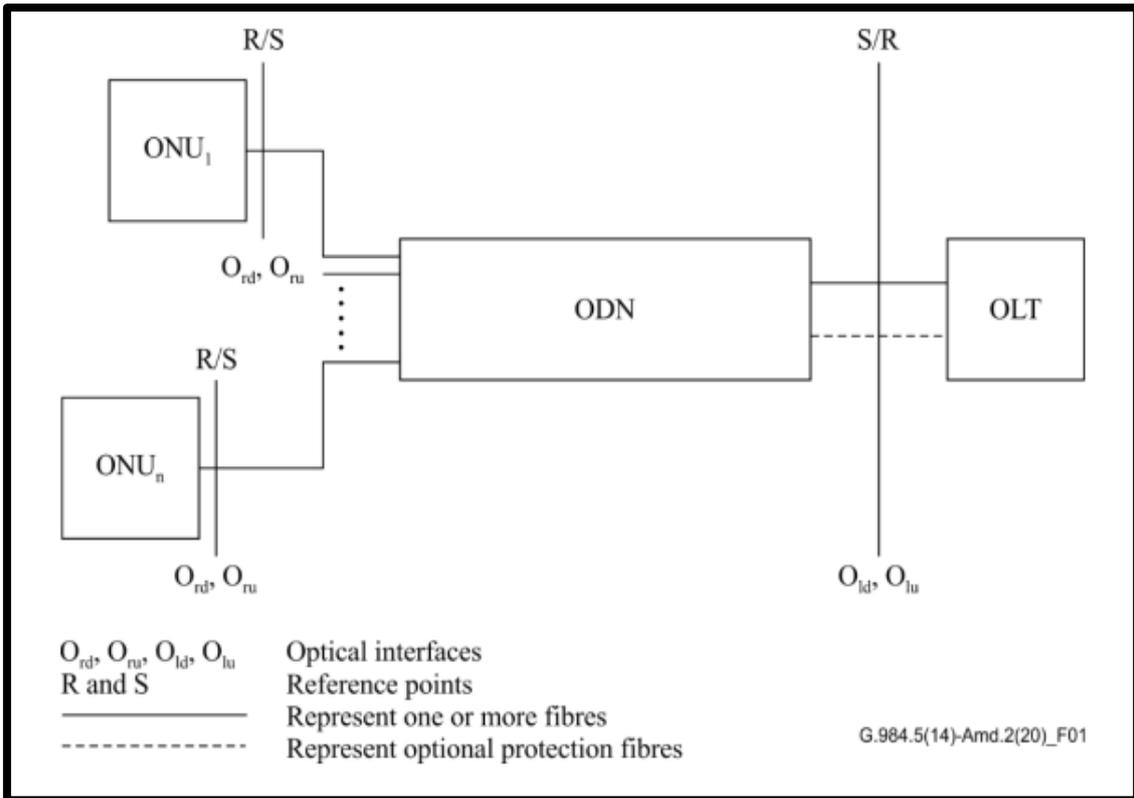
**Realizado por:** Bedón Bonilla, José, 2022.

**Fuente:** (Huawei, 2022)

### **2.2.7 Recomendación ITU-T G.984.5**

El objetivo de esta recomendación es definir las gamas de longitudes de onda reservadas para las señales de servicios adicionales que se superponen mediante multiplexación por división de longitud de onda (WDM) en redes ópticas pasivas (G-PONs) para maximizar el valor de las redes de distribución óptica (ODNs) donde se definen rangos de longitud de onda que deben reservarse y la tolerancia X/S en las unidades de red óptica PON (ONUs). (ITU-T, 2016)

La figura 25-2, a partir de la figura 5 de la ITU-T G.983.1, muestra la configuración física genérica de una red de acceso óptico (OAN). Configuración física de una red de acceso óptico (OAN). (ITU-T, 2016)



**Figura 25-2.** Diagrama de configuración física genérica de la red de acceso óptico

Fuente: (ITU-T, 2022)

Las dos direcciones de transmisión óptica en la red de distribución óptica ODN se identifican como dirección descendente para las señales que viajan desde la terminación de la línea óptica (OLT) hasta la(s) unidad(es) de red óptica (ONU) y dirección ascendente para las señales que viajan desde la(s) ONU(s) hasta la OLT. Según [ITU-T G.983.1], la transmisión en sentido descendente y ascendente puede tener lugar en la misma fibra y componentes separados. Esta Recomendación sólo cubre el funcionamiento dúplex. (ITU-T, 2022)

### 2.2.7.1 Longitud de onda de funcionamiento

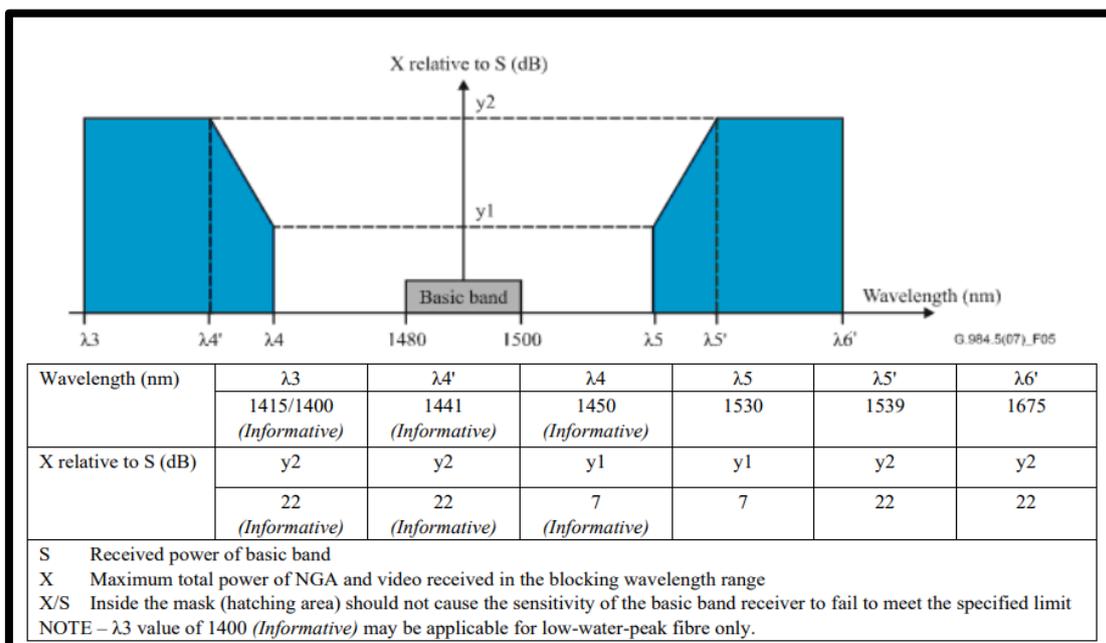
La gama de longitudes de onda de la señal descendente G-PON se especifica en [UIT-T G.984.2] como 1480 nm a 1500 nm y la de la señal G-PON ascendente como 1260 nm a 1360 nm. El objetivo de esta Recomendación es definir las gamas de longitudes de onda (G-PONs) para maximizar el valor de las redes de distribución óptica (ODNs). Definen el plan de asignación de longitudes de onda, incluidas las bandas de longitud de onda reservadas para servicios adicionales. La gama de longitudes de onda de la señal descendente de G-PON se denomina "banda básica". Las bandas reservadas se denominan "banda de mejora". (ITU-T, 2022)

Las aplicaciones para la banda de mejora incluyen los servicios de vídeo y los servicios NGA. La gama de longitudes de onda para los servicios de vídeo sigue siendo la definida en [ITU-T G.983.3]. (ITU-T, 2022)

### 2.2.7.2 Tolerancia X/S de G-PON ONU

Para minimizar el efecto de las señales de interferencia, las ONU G-PON deben aislar las señales de interferencia utilizando un filtro WBF y WDM adecuado. Esta recomendación no especifica las características de aislamiento de los filtros WBF y WDM, pero sí especifica la tolerancia X/S de la ONU G-PON. (ITU-T, 2022)

La figura 26-2 muestra la máscara de tolerancia X/S que no debe hacer que la sensibilidad del receptor de banda básica no cumpla el límite especificado.



**Figura 26-2.** Diagrama de máscara de tolerancia X/S para la red ONU

Fuente: (ITU-T, 2022)

Los dispositivos WDM1, WDM1r, CEx y CEMx pueden tener varias configuraciones diferentes en función de si se proporciona un servicio de superposición de vídeo o un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR). El Apéndice I de [ITU-T G.9805] presenta varios ejemplos de características de los dispositivos. (ITU-T, 2022)

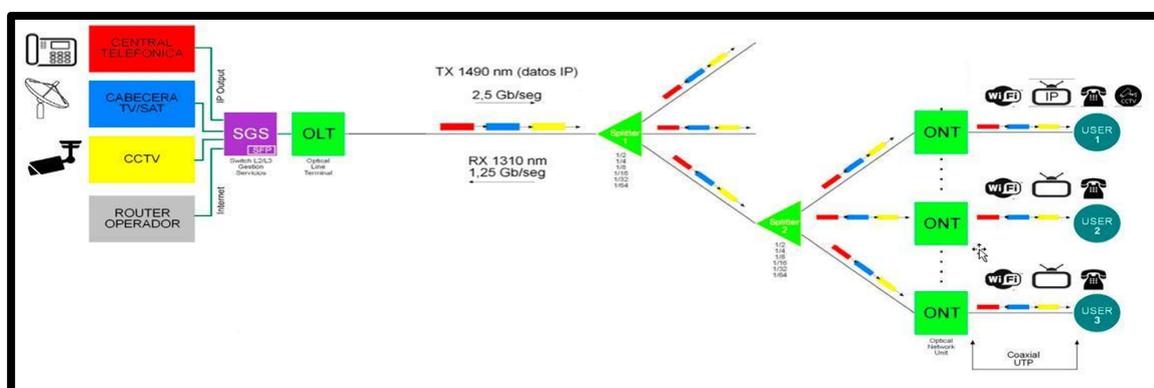
## 2.2.8 Triple Play

El Triple Play también conocido como servicio convergente, es aquel que permite aunar varios servicios por medio de un solo medio de acceso, en este caso la fibra óptica. Los servicios que se ofrecen por medio de una red triplePlay son: televisión por cable, telefonía e internet.

El servicio es mayormente contratado en zonas urbanas en donde la tecnología para realizar labores comerciales, educativas, empresariales y de entretenimiento es demandada por usuarios que cada vez requieren mayores y mejores prestaciones, tomando en cuenta que el servicio ha tenido un despunte considerable desde el inicio de la pandemia por COVID-19. Actualmente este servicio se oferta en el cantón Ambato, parroquia Ficoa-Atocha.

Posee varias ventajas como:

- Implementación menos costosa, una sola infraestructura en lugar de tres
- Escalabilidad y estabilidad dentro de una misma infraestructura
- Fidelidad de los clientes
- Mayor ingreso mensual por usuario
- Precios competitivos
- Una sola factura
- Mayor simplicidad en las gestiones de incidencias
- Convergencia de servicios
- Calidad de servicio
- Comercialización de servicios unificados
- Menor costo por instalación
- Menor contaminación visual por cableado



**Figura 27-2.** Diagrama esquemático de una red tripleplay que ofrece múltiples servicios

Fuente: (Grupo Elektra, 2021)

### 2.2.8.1 Componentes del paquete Triple Play

- Internet

En el mundo de las telecomunicaciones las redes informáticas están interconectadas a nivel mundial, donde se ofrece una gran cantidad de servicios y recursos como: world wide web (www), correo electrónico, videos, información, música, juegos, entre otras aplicaciones y se caracteriza por su ancho de banda elevado. (Openmind BBVA, 2014)

Internet, en el centro de estas redes de comunicaciones, permite producir, distribuir y utilizar información digitalizada en cualquier formato. Según el estudio publicado por Martin Hilbert en Science en 2010, el 95% de toda la información existente en el planeta está digitalizado y en su mayor parte accesible en internet y otras redes informáticas. (Openmind BBVA, 2014)

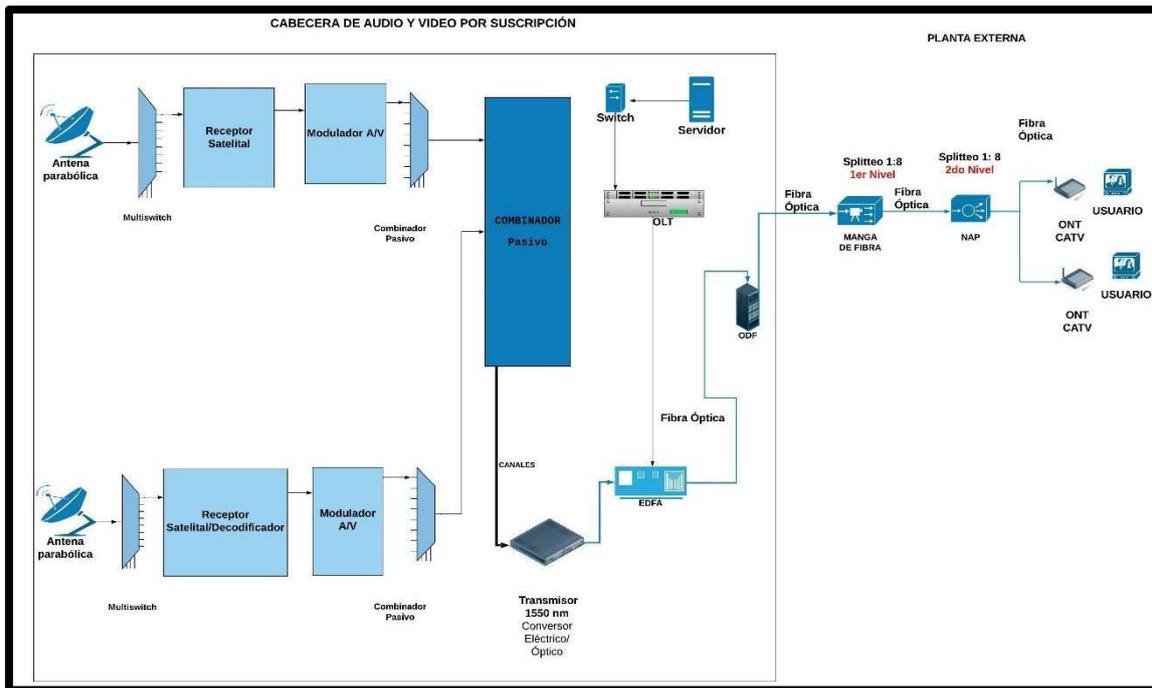
Por medio del internet se puede acceder a un sin número de aplicaciones y beneficios, en estos nuevos tiempos se ha podido fortalecer el comercio electrónico, el teletrabajo, video conferencias, la teleeducación, la telemedicina, web hosting, video bajo demanda, etc., lo que ha permitido que el mundo siga evolucionando, dando inicio a nuevos sectores comerciales y de entretenimiento.

- Voz

Este servicio permite comunicaciones a larga distancia, mismo que funciona por medio de la conexión de una red conmutada de telecomunicaciones, esta red se denomina PSTN (Red Telefónica Pública Conmutada). Para que esta señal viaje por el internet se utiliza el protocolo de IP lo que quiere decir que la voz viaja en forma digital en vez de ser enviada por circuitos como PSTN y la capacidad para la transmisión del servicio de voz es de 200Kbps. (Telefonía Fija, 2022)

- Televisión

Televisión por cable, también conocida como CATV (Cable Television) puede ser de tipo analógico o digital y consiste en un servicio de televisión en el cual la señal de radiofrecuencia llega al usuario a través de una red de fibra óptica o por cable coaxial.



**Figura 28-2.** Diagrama esquemático de una cabecera analógica de audio y video por suscripción  
 Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

### 2.2.9 *OptiSystem*

OptiSystem es un paquete completo para el diseño de redes que permite a los usuarios planificar, probar y simular enlaces ópticos en la capa de transmisión de redes ópticas modernas. Rodríguez, Pérez, & Roque (2016) conceptualizan a OptiSystem como un software con propósitos educativos basado en el análisis de resultados y presentación de ejemplos y ejercicios. Con el mismo se puede diseñar, probar y optimizar cualquier tipo de enlace óptico a nivel físico y analizar las redes ópticas de banda ancha de los sistemas de larga distancia LAN y MAN. Posee un nuevo ambiente de simulación poderoso y una definición jerárquica de componentes y sistemas.



**Figura 29-2.** Interfaz principal del software de simulación de redes ópticas, OptiSystem

Fuente: (Optiwave, 2020).

OptiSystem es un software de diseño integral que permite a los usuarios realizar simulaciones de redes de fibra óptica con ciertas características y componentes activos y pasivos donde se incluye energía, longitud de onda, pérdida y otros parámetros; con el software se puede planificar, realizar pruebas de ensayo y error, simular enlaces ópticos en la capa de transmisión de las modernas redes ópticas. (Enredados, 2013)

OptiSystem es un programa con una interfaz gráfica similar de la herramienta Matlab, como Simulink que permite la simulación de sistemas amortiguados, sub-amortiguados y sobre amortiguados entre otros sistemas análogos y digitales. (Enredados, 2013)

#### 2.2.9.1 Características

- Capacidad de simulación como Mezcla de 4 longitudes de onda, modulación cruzada de fase y modulación de auto-fase.
- Capacidad de diseño y simulación de redes ópticas

Optisystem es un potente software de diseño innovador, que evoluciona rápidamente permitiendo a los usuarios planificar y simular casi todo tipo de enlace óptico en línea de transmisión de un amplio espectro de redes ópticas como: LAN, SAN, MAN a muy largo recorrido.

Este software ofrece líneas de transmisión óptica en sistemas de comunicación, diseñados y planificados de componentes a nivel de sistema, y presenta visualmente análisis y escenarios. (Enredados, 2013)

#### 2.2.9.2 Beneficios

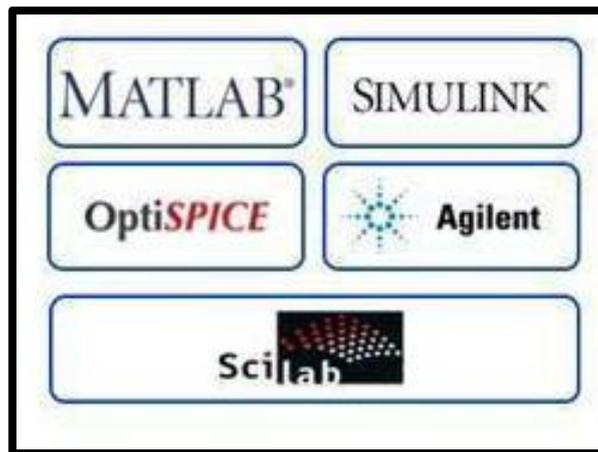
- Proporciona una visión global del rendimiento del sistema
- Evalúa la sensibilidad de parámetros, para ayudar a las especificaciones de tolerancia de diseño (Enredados, 2013)
- Ofrece acceso directo a amplias series de datos de caracterización de sistema (Enredados, 2013)
- Proporciona barrido automático de parámetros y de optimización (Enredados, 2013)
- Permite planear, ensayar y simular enlaces ópticos en la capa de transmisión.
- Fácil de entender

### 2.2.9.3 Aplicaciones

Optisystem fue creado para satisfacer las necesidades de los investigadores científicos, ingenieros de telecomunicaciones ópticas, integradores de sistemas estudiantes y una amplia variedad de otros usuarios. (Enredados, 2013)

Optisystem permite a los usuarios planificar, probar y simular:

- Diseños de red WDM/TDM o CATV
- Diseño en anillo SONET/SDH
- Diseño de transmisor, canal, amplificador y receptor
- Mapa de diseño de dispersión
- Estimación de BER y sistemas de sanciones con receptores de diferentes modelos
- Sistema amplificado de BER. (Enredados, 2013)



**Figura 30-2.** Logos de los principales software de simulación en el mercado

**Fuente:** (Optiwave, 2020).

A continuación, encontrara la interfaz de dicho software con un sistema de fibra óptica simple y con algunos de los 300 implementos que tiene el software como aplicación básica de la herramienta.

### 2.2.9.4 Interfaz de OptiSystem

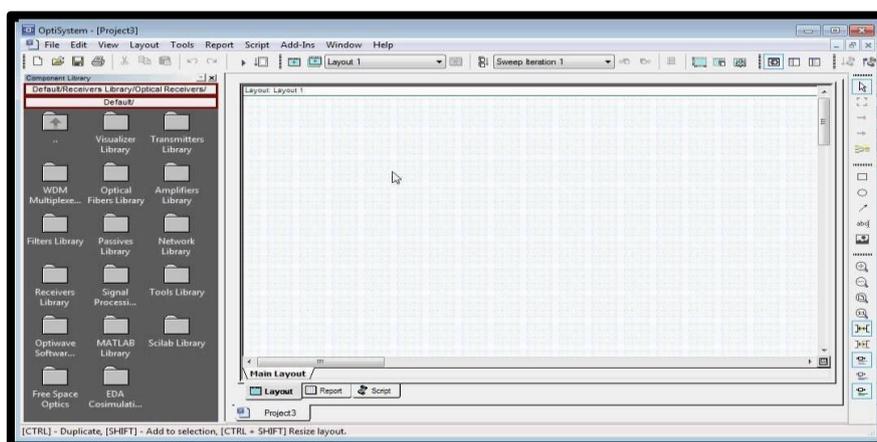
Primero hay que registrarse en la página web de Optiware para poder acceder al software. El enlace del sitio web oficial es el siguiente: <http://www.optiwave.com>.



**Figura 31-2.** Página principal para la descarga del software de simulación, OptiSystem

Fuente: (Optiwave, 2020).

Interfaz a la cual la se entra después de realizar la debida instalación es la siguiente:



**Figura 32-2.** Interfaz gráfica del software de simulación de redes ópticas

Fuente: (Optiwave, 2020).

Después de realizar la instalación del programa aparece una interfaz con varias opciones. Crear una red mono modo con ciertos implementos (red básica), se puede apreciar en donde se encuentran los elementos necesarios para la creación de redes y para qué sirven cada uno de ellos. Se cuenta con la opción de reemplazo de varios elementos por uno solo, sin interferir en el resultado final y maximizar el área de trabajo.

Luego de tener claro el funcionamiento de los menús que se ofrecen en la interfaz, se podrán emplear los implementos básicos con los cuales se construye un sistema óptico de manera sencilla, práctica y eficiente.

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Enfoque

El enfoque de la investigación es cuantitativo y cualitativo porque permite obtener respuestas sobre la evaluación de información a través del uso de técnicas de recolección de datos, como es el caso de las encuestas que se realizaron a los moradores de la parroquia, donde eventualmente se brindará el servicio TriplePlay.

También resalta conceptos relevantes sobre recomendaciones de la ITU-T sobre todo la G.984 además de otros conceptos fundamentales de las redes ópticas, esto permitió obtener conclusiones que validan ampliamente la investigación misma que ayudará a mejorar la calidad de vida del sector por medio de la provisión de servicios eficientes a precios módicos.

#### 3.2 Métodos de Investigación

##### 3.2.1 *Método analítico*

Por medio del análisis realizado en base a los resultados obtenidos tanto en la investigación documental, de encuestas y simulaciones se pudieron establecer los elementos podrían ocasionar inconvenientes en la transmisión de datos por medios ópticos, facilitando la determinación conclusiones, recomendaciones y soluciones viables para proveer un buen servicio TriplePlay, además de demostración de la factibilidad técnica del mismo.

##### 3.2.2 *Método Deductivo*

Este método permitió verificar que es factible la implementación de una red que brinde el Servicio Triple Play en la parroquia Atocha-Ficoa, porque por medio de la determinación de las necesidades de mejoramiento del sistema de transmisión Triple Play se establecieron indicadores del estándar de ITU G.984 que se evaluaron por medio del programa de simulación, lo que permitió una optimización de la transmisión de datos de la red.

Otro aspecto relevante que permitió obtener esta metodología es que por medio de la realización de encuestas se pudo deducir el interés de los moradores del sitio, de adquirir este servicio, lo cual también demuestra que el mismo es rentable.

### **3.2.3 Método Inductivo**

Por medio de la información particular, tal como la observación de simulaciones y la literatura, se pudieron analizar y determinar enunciados universales, tales como parámetros que podrían producir fallas en la transmisión del servicio Triple Play. Se pudieron obtener valores del estándar ITU G.984 cercanos a la práctica, permitiendo tomar los correctivos necesarios. Además de permitir la verificación de la hipótesis y la obtención de conclusiones y recomendaciones.

### **3.3 Revisión Documental**

Se recopiló la información más relevante y también información complementaria para establecer la justificación teórica y metodológica. La información recolectada de libros, internet, foros, chats de discusión, manuales y material de apoyo se clasificó para estudiar y aplicar los conceptos definiciones, características, parámetros, variables del estándar, para la medición del mejoramiento y optimización, funcionamiento de la fibra monomodo, multimodo.

Materiales con los que se elaboró la fibra óptica, el alcance y las velocidades de transmisión dentro de la simulación del software OptiSystem, dando resultados específicos y reales para determinar los correctivos en caso de ser necesario, demostrando la factibilidad técnica del objeto de estudio.

### **3.4 Observación y Análisis**

Se realizaron y observaron múltiples simulaciones en el sistema OptiSystem, lo que permitió analizar el comportamiento de la transmisión de datos del servicio Triple Play a través de la red de fibra óptica, misma que permite el envío de gran cantidad de datos a largas distancias y determinar si se presentan afectaciones por dispersión y/o atenuación.

Durante el proceso de investigación se analizó, estudió e interpretó gran cantidad de información de fuentes oficiales y confiables para determinar las recomendaciones más adecuadas y prácticas.

### **3.5 Técnicas de la Investigación**

La investigación permite obtener los aspectos más importantes del cambio de la tecnología de cobre a fibra óptica en toda la parroquia Atocha – Ficoa y como los usuarios se verán beneficiados por la migración de tecnología, tomando como referencia el diseño de red de la empresa CNT.

### **3.6 Tipos de Investigación**

En el siguiente trabajo de investigación se utilizaron varios tipos de investigación como bibliografía, investigación de campo, descriptiva y correlacional.

#### **3.6.1 Investigación Bibliografía**

En el presente trabajo de investigación se investigó en diferentes fuentes de información como por ejemplo: libros, trabajos de tesis, recomendaciones de la ITU-T, artículos científicos, proyectos de investigación, entre otros que se consideran como fuentes confiables, en donde se priorizaron las redes ópticas, la tecnología SONET, la fibra óptica, el sistema OptiSystem, entre otros. Se seleccionó la información más relevante luego de un análisis a fondo para luego ser utilizada principalmente en el marco teórico, conceptual, metodológico y en el diseño de Red de la parroquia Atocha – Ficoa.

#### **3.6.2 Investigación de Campo**

Se decidió realizar una investigación *in situ* es decir en la parroquia, haciendo un recorrido por la redes implementadas por las empresas de Telecomunicaciones asentadas en el lugar y obtener información actualizada por medio de la observación y encuestas a usuarios del sector.

#### **3.6.3 Investigación descriptiva**

Esta investigación utiliza el método de análisis que se caracteriza por la selección de un objeto de estudio o situación concreta en donde se señalan sus características y propiedades principales. Se describieron los factores que pueden afectar el envío de datos por medio de fibra óptica en un sistema Triple Play (voz, video y telefonía). El análisis de posibles inconformidades se puede hacer a través de la observación directa de la simulación en donde se aplicará el estándar objeto de este estudio.

#### **3.6.4 Investigación correlacional**

Se pretende observar cómo se relacionan o vinculan diversos fenómenos entre sí, o caso contrario si no existe relación entre ellos. Lo más importante cuando se aplica esta metodología es dar a conocer cómo actúa la variable y el comportamiento de la misma con otra posible que se pueda relacionar (evaluar la relación entre dos variables).

En el caso de estudio se evalúa una red de distribución óptica utilizando el estándar ITU G.984 y la tecnología SONET con DWDM con la calidad de servicio sobre Optisystem en una red de acceso óptico.

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

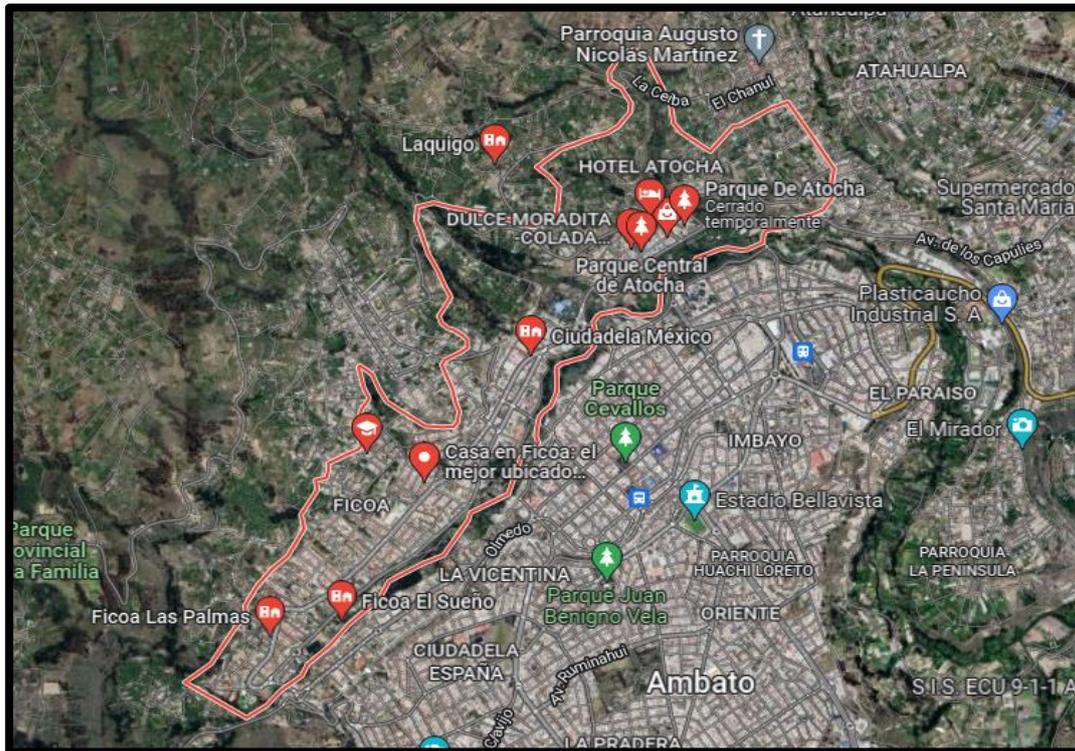
#### 4.1 Requerimientos Técnicos del Diseño

Se tomó en cuenta para el diseño de la red los siguientes parámetros:

- Descripción y mapa de la parroquia (barrio Atocha)
- Arquitectura de Red
- Topología de Red
- Elección de equipos y materiales
- Ubicación Geográfica
- Ancho de Banda
- Presupuesto

#### 4.2 Descripción de la Parroquia Atocha – Ficoa

La parroquia Atocha – Ficoa es una zona urbana que se encuentra dentro del cantón Ambato que pertenece a la provincia del Tungurahua. Tiene una población de 5535 habitantes, según datos obtenidos del portal Ecuador en Cifras – INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos), encuesta poblacional 2010, que corresponde al último censo nacional realizado en el país. Se encuentra ubicada en la Avenida Rodrigo Pachano Lalama, misma que es una prolongación de la Panamericana vía a Salcedo.



**Figura 1-4.** Delimitación geográfica de la parroquia objeto de estudio, Atocha – Ficoa

Fuente: Google Earth

Se eligió el barrio Atocha que está dentro de la parroquia Atocha- Ficoa porque en este sector la empresa CNT (Corporación Nacional de Telecomunicación) efectuó el cambio de infraestructura de cobre a fibra óptica, mayormente el tendido de la red en pozos soterrados, con la finalidad de evitar los cables aéreos en los postes y mejorar la estética urbana de la parroquia. Se tomó en cuenta toda la parroquia para realizar la muestra de las encuestas de satisfacción, referente a los servicios de internet, telefonía y televisión que tienen contratado los moradores del sector.

#### 4.2.1 *Estudio de la Demanda*

##### 4.2.1.1 *Tamaño de la Muestra Poblacional*

El proyecto se delimita en la parroquia Atocha – Ficoa el cálculo de la muestra para las encuestas se determinó con la fórmula de poblaciones finitas:

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

Dónde:

n = Número de encuestas

N = Total de la población, ANEXO C

e = Error muestral (5%)

Así:

$$n = \frac{265}{((265 - 1) \cdot 0.05^2) + 1}$$

$n = 160$  encuestas

Según el cálculo obtenido se determina que el número de encuestas a realizar es de 160.

#### 4.2.1.2 Análisis de los Resultados obtenidos

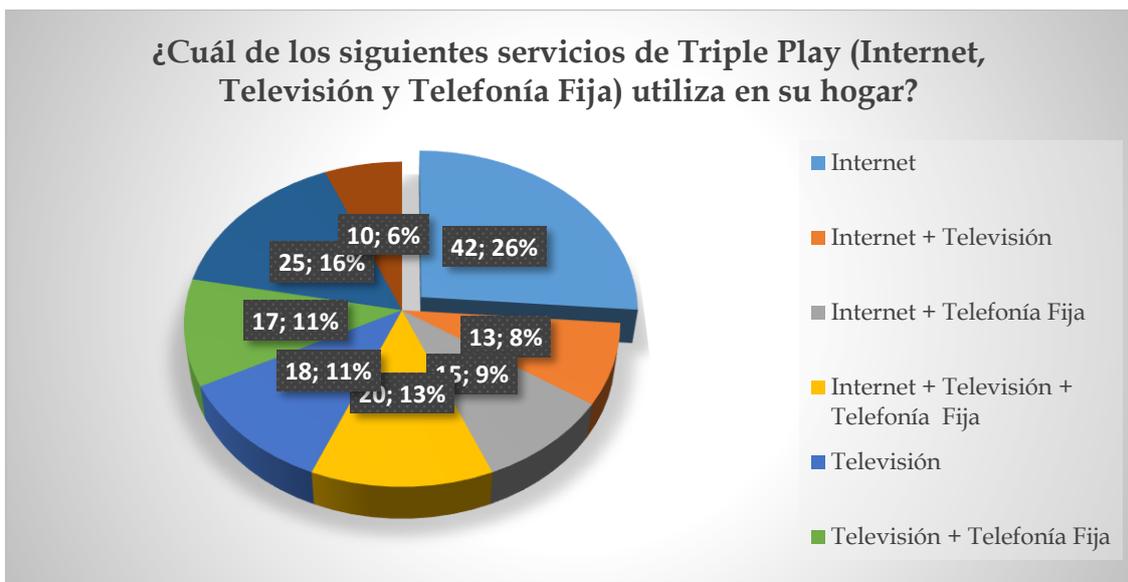
En el barrio Atocha se realizaron 160 encuestas, cada encuesta contiene diez preguntas, por medio de las cuales se recolectaron datos relevantes del consumo del servicio Triple Play contratado por los usuarios y cuantas personas han adquirido este tipo de servicio puntual. El grado de satisfacción, cual característica es la más importante para mantener el servicio contratado, la adquisición del servicio si no lo poseen, las fallas más frecuentes en el servicio, el valor aproximado que pagan por el servicio brindado por las diferentes empresas y con qué frecuencia tienen problemas en el servicio contratado.

**Pregunta 1.-** ¿Cuál de los siguientes servicios de Triple Play (Internet, Televisión y Telefonía Fija) utiliza en su hogar?

**Tabla 1-4:** Servicios contratados por los usuarios encuestados en la zona objeto de estudio

SERVICIOS	PERSONAS ENCUESTADAS	PORCENTAJE
Internet	42	26,25 %
Internet + Televisión	13	8,125 %
Internet + Telefonía Fija	15	9,375 %
Internet + Televisión + Telefonía Fija	20	12,5 %
Televisión	18	11,25 %
Televisión + Telefonía Fija	17	10,625 %
Telefonía Fija	25	15,625 %
Ninguna	10	6,25 %
TOTAL	160	100 %

**Realizado por:** Bedón Bonilla, José, 2022.



**Gráfico 1-4.** Porcentaje de servicios utilizados en el hogar de los usuarios encuestados

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

En el gráfico 1-4, se puede observar que de las 160 personas encuestadas que corresponden al 100%, respondieron que el servicio más utilizado es el Internet, como se detalla:

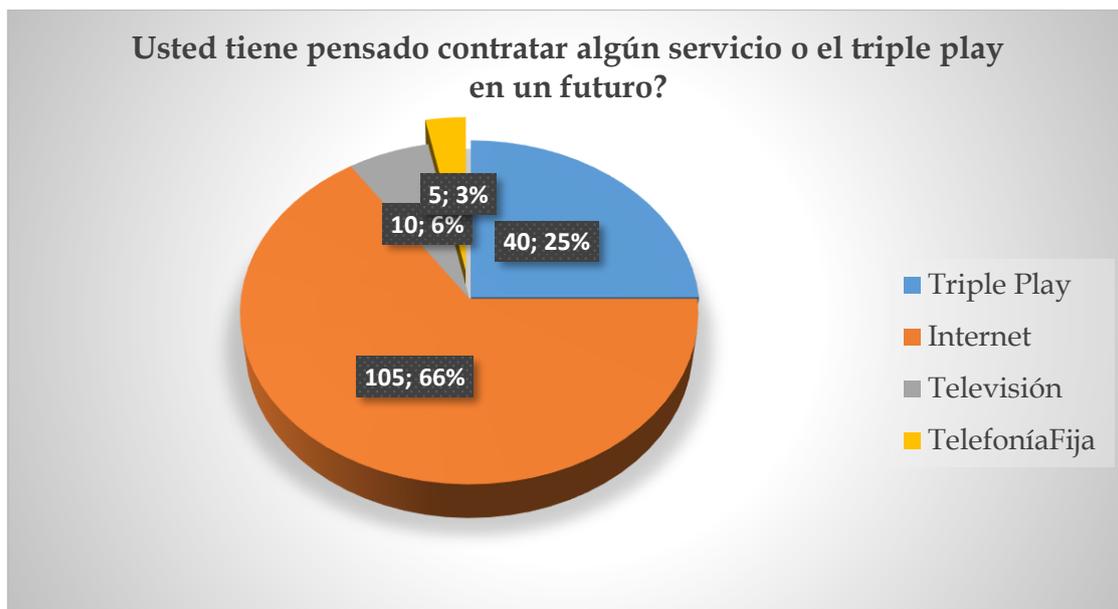
- Internet con el 26,25%
- Telefonía fija con el 15,625%
- Triple Play con el 12,5 %
- Televisión con el 11,25%
- Televisión + Telefonía Fija el 10,625
- Internet + telefonía fija el 9,375%
- Internet + Televisión que corresponde al 8,125%
- Personas que mencionaron que no usan ninguno de los servicios corresponde al 6,25%

**Pregunta 2.-** Si usted respondió Ninguna en la pregunta N.- 1 ¿Usted tiene pensado contratar algún servicio o el Triple Play en un futuro?

**Tabla 2-4:** Interés de adquisición por tipo de servicio, según los requerimientos del usuario

SERVICIO	PERSONAS ENCUESTADAS	PORCENTAJE
Triple Play	40	25
Internet	105	65,625
Televisión	10	6,25
Telefonía Fija	5	3,125
Total	160	100

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.



**Grafico 2-4.** Personas que adquirirán el servicio en el futuro, según los usuarios encuestados

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

En el gráfico 2-4, se puede observar que de las 160 personas encuestadas que corresponden al 100%, respondieron que sí adquirirán uno de los servicios ofrecidos por las diferentes empresas en el barrio Atocha de la siguiente manera:

- Internet con el 66 %
- Servicio Triple Play con el 25%
- Televisión con el 6%
- Telefonía fija con el 3 %

Se puede deducir el uso de telefonía celular es primordial en la comunicación.

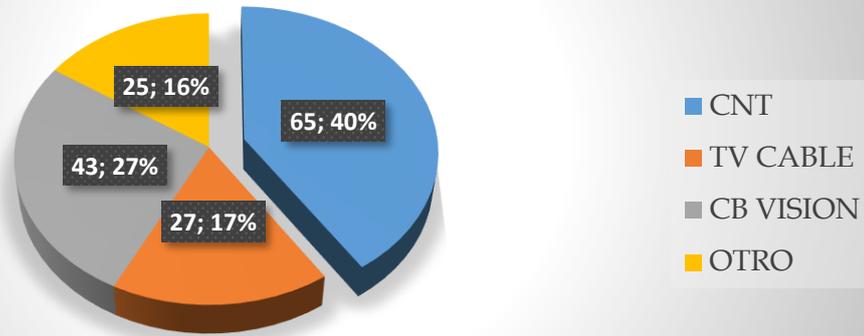
**Pregunta 3.-** ¿Qué empresa le brinda los servicios antes mencionados Internet, Televisión y Telefonía?

**Tabla 3-4:** Empresas que brindan servicios de Telecomunicaciones en la zona encuestada

EMPRESA	PERSONAS ENCUESTADAS	PORCENTAJE
CNT	65	40,625
TV CABLE	27	16,875
CB VISION	43	26,875
OTRO	25	15,625
TOTAL	160	100

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

**¿Qué empresa le brinda los servicios antes mencionados  
Internet, Televisión y Telefonía?**



**Grafico 3-4.** Porcentaje de empresas que ofertan el servicio de Internet, televisión y telefonía

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

En el gráfico 3-4, se puede observar que de las 160 personas encuestadas que corresponden al 100%, contestaron que la empresa que prefieren los usuarios es CNT. El orden de preferencia de los usuarios se detalla a continuación:

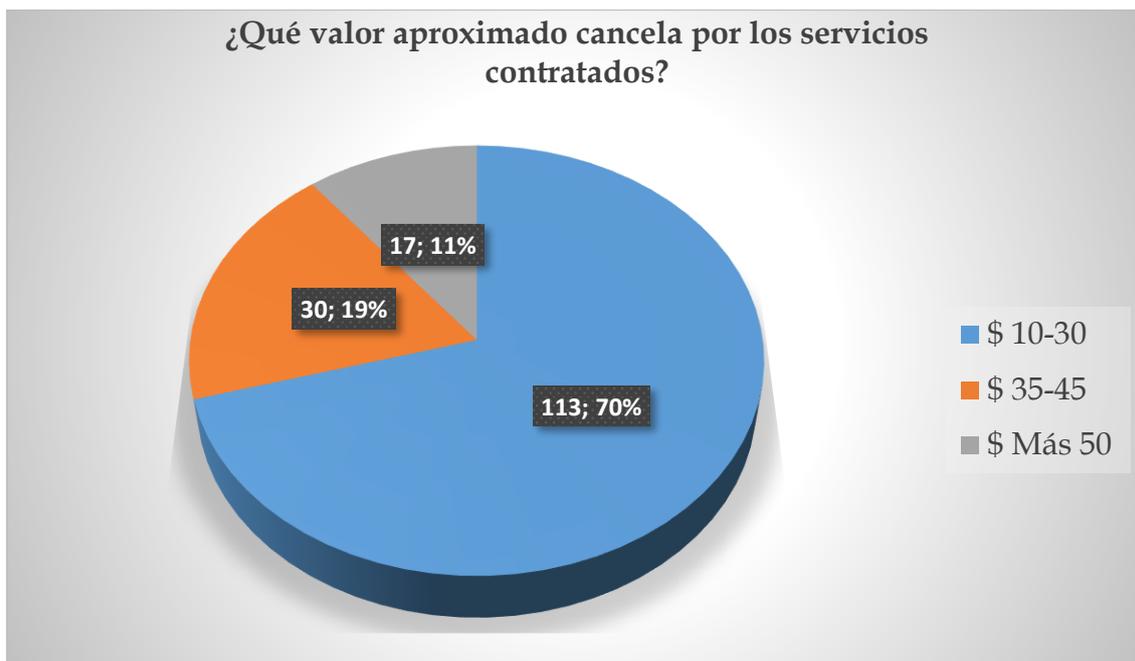
- CNT 40%
- CB Visión 27%
- TV Cable 17%
- Otras empresas 16%

**Pregunta 4.-** ¿Qué valor aproximado cancela por los servicios contratados?

**Tabla 4-4:** Costo mensual aproximado del servicio contratado por los usuarios encuestados

COSTO EN DÓLARES	PERSONAS ENCUESTADAS	PORCENTAJE
10-30	113	70,63
35-45	30	18,75
Más 50	17	10,63
<b>Total</b>	160	100

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.



**Grafico 4-4.** Porcentaje de dinero que cancelan los usuarios encuestados por servicio contratado

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

En el gráfico 4-4, se puede observar que de las 160 personas encuestadas que corresponden al 100%, contestaron que los valores monetarios que cancelan por el servicio adquirido como el internet, telefonía y televisión mayormente están en el rango de 10 a 20 dólares americanos, quedando las preferencias de la siguiente manera:

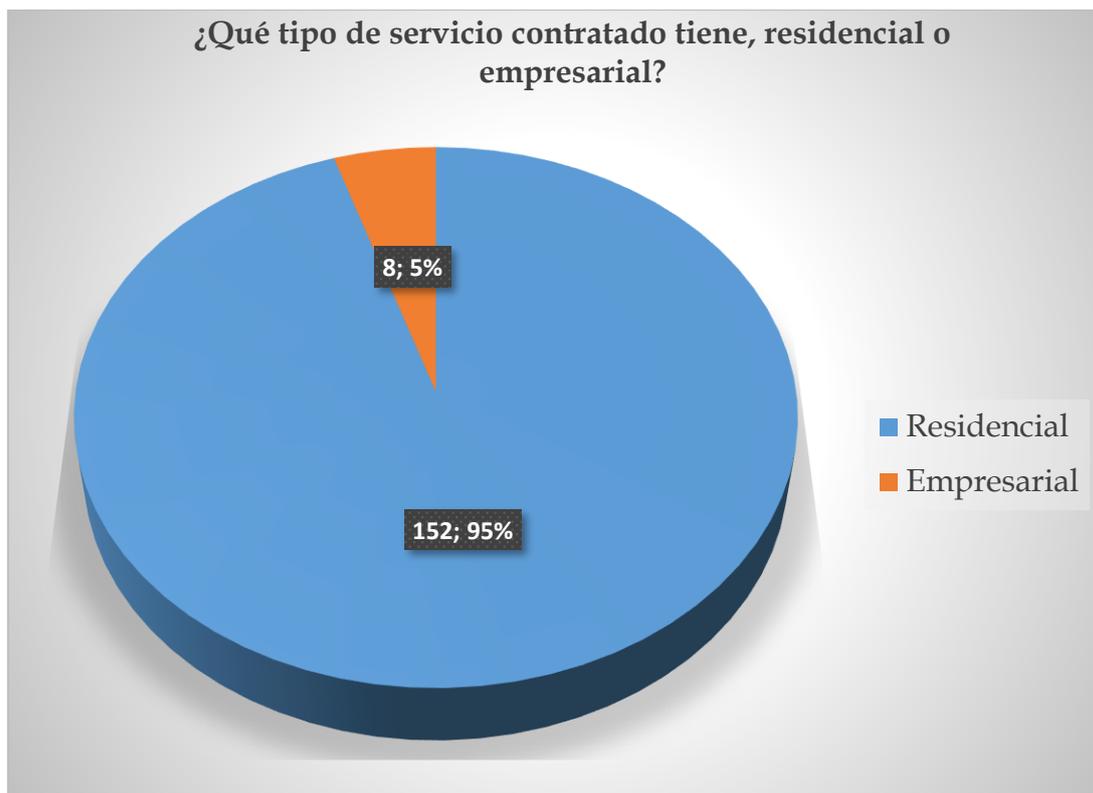
- 10 a 20 USD, corresponde 70%
- 35 a 45 USD, corresponde al 19%
- Más de 50 USD que corresponde al 11%

**Pregunta 5.-** ¿Qué tipo de servicio contratado tiene Residencial o Empresarial?

**Tabla 5-4:** Tipo de servicio o plan contratado por los usuarios encuestados

TIPO DE SERVICIO	PERSONAS ENCUESTADAS	PORCENTAJE
Residencial	152	95
Empresarial	8	5
TOTAL	160	100

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.



**Gráfico 5-4.** Porcentaje de planes de tipo residencial o empresarial, contratado por el usuario  
**Realizado por:** Bedón Bonilla, José, 2022.

En el gráfico 5-4, se puede observar que de las 160 personas encuestadas que corresponden al 100%, contestaron que el tipo de servicio de la siguiente manera:

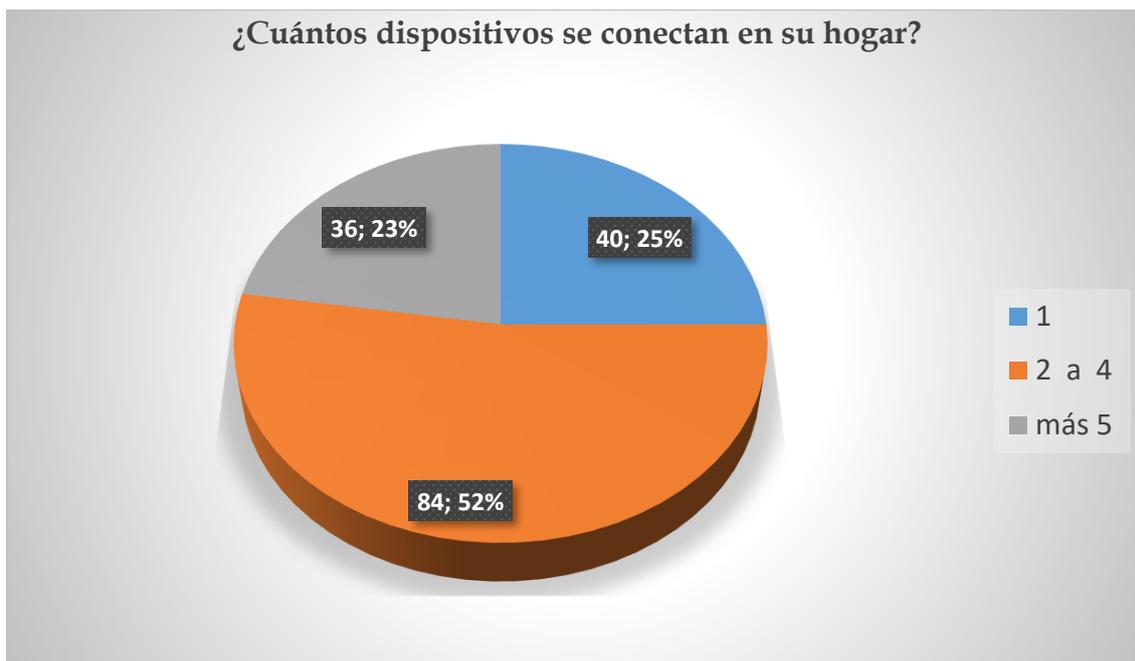
- Plan residencial, 95%
- Plan empresarial, 5%, en donde se encuentran instituciones educativas, hospitales y oficinas.

**Pregunta 6.-** ¿Cuántos dispositivos se conectan en su hogar?

**Tabla 6-4:** Número de dispositivos que se conectan a la red del usuario

Nº. EQUIPOS	PERSONAS ENCUESTADAS	PORCENTAJE
1	40	25
2 a 4	84	52,5
más 5	36	22,5
TOTAL	160	100

**Realizado por:** Bedón Bonilla, José, 2022.



**Grafico 6-4.** Porcentaje de equipos que se conectan al servicio contratado por el usuario

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

En el gráfico 6-4, se puede observar que de las 160 personas encuestadas que corresponde al 100%, contestaron que en sus hogares se conectan de 2 a 4 equipos al servicio de internet y televisión que corresponde al 52%, se conecta 1 equipo al servicio y corresponde al 25% y finalmente que en algunos hogares se conectan más de 5 equipos y corresponde al 23%. Se detalla a continuación:

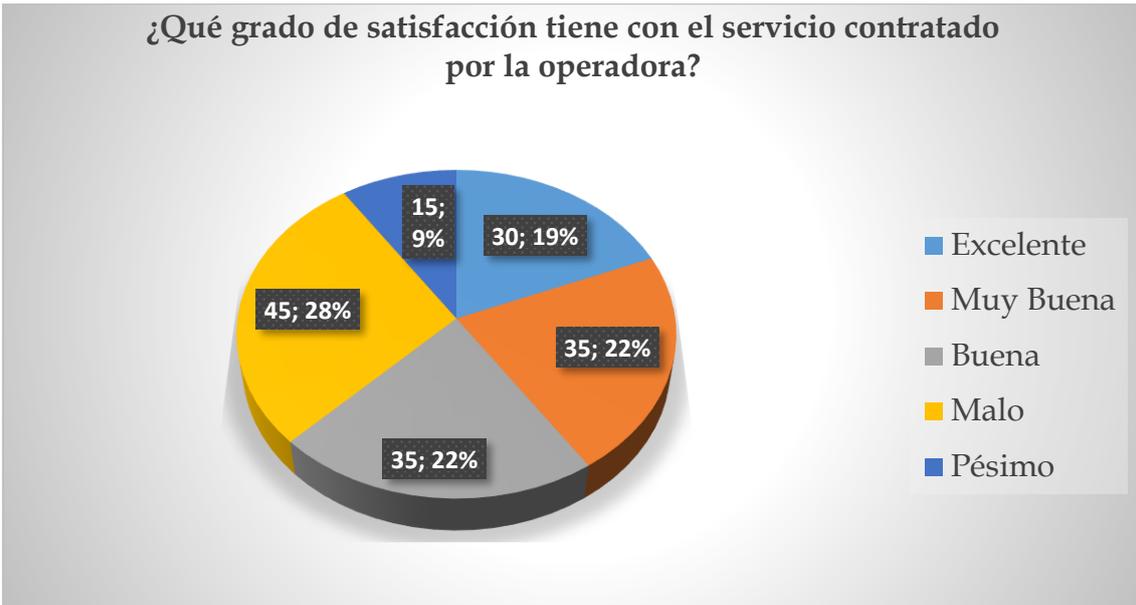
- de 2 a 4, 52%
- 1, 25%
- más de 5, 23%

**Pregunta 7.-** ¿Qué grado de satisfacción tiene con el servicio contratado por la operadora?

**Tabla 7-4:** Grado de satisfacción con el servicio contratado por el usuario encuestado

GRADO DE SATISFACCIÓN	PERSONAS ENCUESTADAS	PORCENTAJE
Excelente	30	18,75
Muy Buena	35	21,875
Buena	35	21,875
Malo	45	28,125
Pésimo	15	9,375
TOTAL	160	100,00

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.



**Gráfico 7-4.** Porcentaje de satisfacción del servicio contratado por el usuario encuestado

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

En el gráfico 7-4, se puede observar que de las 160 personas encuestadas que corresponde al 100%, contestaron mayormente que no están conformes con el servicio de internet, televisión y telefonía fija debido a que presentan inestabilidad.

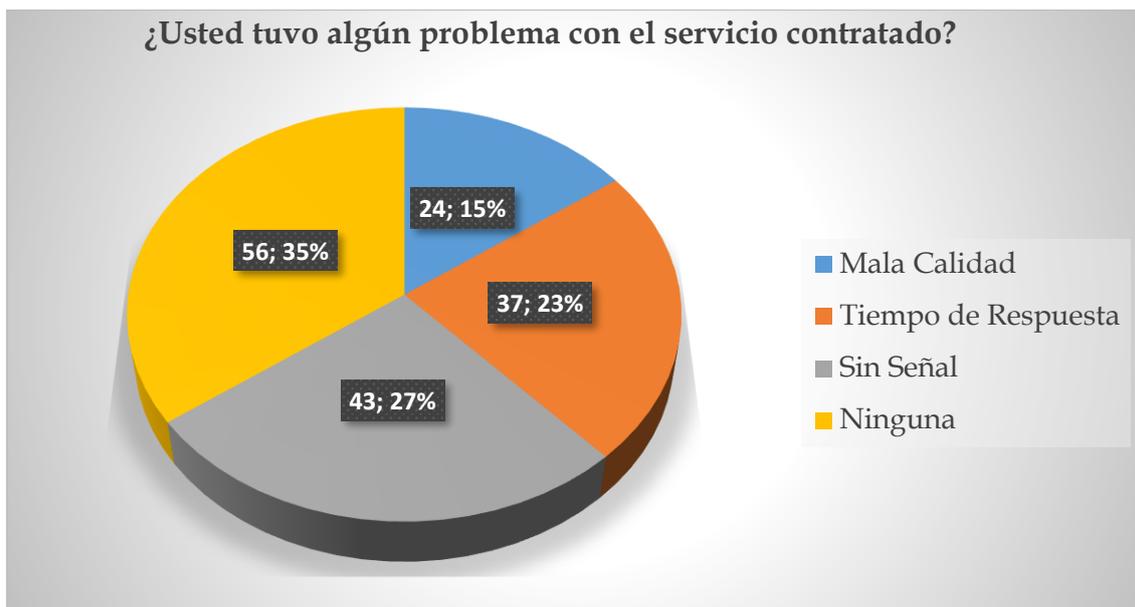
- Mal servicio corresponde al 28%.
- Servicio bueno y muy bueno correspondiente al 22% cada uno
- Servicio excelente, corresponde al 19%
- Pésimo servicio corresponde al 9 %.

**Pregunta 8.-** ¿Usted tuvo algún problema con el servicio contratado?

**Tabla 8-4:** Principales problemas presentados con el servicio actualmente contratado por el usuario

PROBLEMAS DEL SERVICIO	PERSONAS ENCUESTADAS	PORCENTAJE
Mala Calidad	24	15,00
Tiempo de Respuesta	37	23,125
Sin Señal	43	26,875
Ninguna	56	35,00
TOTAL	160	100,00

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.



**Grafico 8-4.** Porcentaje de problemas existentes en el servicio contratado por el usuario

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

En el gráfico 8-4, se puede observar que de las 160 personas encuestadas que corresponde al 100%, contestaron mayormente que en el servicio de internet, telefonía y televisión no tienen inconvenientes.

- Sin inconvenientes, 35%
- Mala señal en el servicio a ciertas horas del día, 27%
- Problemas con el tiempo de respuesta al momento de subir o bajar archivos del internet, al momento de cambiar de canal o en marcar un número telefónico, 23%
- Mala calidad como señal borrosa, eco en las llamadas telefónicas e internet intermitente, 15%.

**Pregunta 9.-** ¿Cuál de las siguientes características considera lo más importante en el servicio contratado?

**Tabla 9-4:** Características más relevantes del servicio actualmente contratado por el usuario

CARACTERÍSTICAS DEL SERVICIO	PERSONAS ENCUESTADAS	PORCENTAJE
Calidad y Nitidez	45	28,125
Velocidad	55	34,375
Seguridad	23	14,375
Disponibilidad	37	23,125
TOTAL	160	100,00

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.



**Grafico 9-4.** Porcentaje de características principales de los servicios contratados por el usuario  
**Realizado por:** Bedón Bonilla, José, 2022.

En el gráfico 9-4, se puede observar que de las 160 personas encuestadas que corresponde al 100%, contestaron que las características más importantes a la hora de adquirir un servicio son las siguientes:

- Internet de mayor velocidad para subir o bajar archivos de la nube, para realizar teletrabajo, recibir clases virtuales en el hogar, etc., 35%
- Calidad y nitidez en la señal de televisión
- Internet con mejor ancho de banda, 28%
- Disponibilidad las 24 horas del día sin ninguna interferencia, 23%
- Seguridad, para evitar el hackeo de la señal de internet u otros, 14%.

**Pregunta 10.-** ¿Usted ha tenido problemas con la conexión en algunos de los servicios contratados?

**Tabla 10-4:** Frecuencia con la que se presentan problemas de conexión con alguno de los servicios contratados

PROBLEMAS DE CONEXIÓN	PERSONAS ENCUESTADAS	PORCENTAJE
Siempre	40	25,00
Casi Siempre	54	33,75
A veces	56	35,00
Nunca	10	6,25
TOTAL	160	100,00

**Realizado por:** Bedón Bonilla, José, 2022.



**Grafico 10-4.** Porcentaje de problemas de conexión del servicio contratado por el usuario

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

En el gráfico 10-4, se puede observar que de las 160 personas encuestadas que corresponde al 100%, contestaron con qué frecuencia se presentan problemas en la conexión del servicio contratado quedando los resultados obtenidos de la siguiente manera:

- A veces, tienen fallas en conexión en horas de la mañana y del medio día que corresponde al 35%
- Casi siempre, cuando los estudiantes tienen que conectarse a las horas de clases virtuales o para el teletrabajo de los profesionales y corresponde al 34%
- Siempre, sin señal de internet o televisión o se presentan interferencias en las llamadas, esto corresponde al 25%
- Nunca, no tienen ningún problema de conexión con el servicio contratado porque en el barrio atocha se realizó la migración del cableado de cobre a fibra óptica que corresponde al 6 %, de esta manera se mejoró y optimizó el servicio contratado por la mayoría de los usuarios evitando fallas y problemas de conexión

#### **4.2.2 Selección del tipo de Arquitectura de la Red**

La ITU-T desarrolló la tecnología de red de transporte óptico que combina la multiplexación óptica y eléctrica dentro de un marco común, que debe ser capaz de soportar múltiples servicios OTN. Es una arquitectura basada en canales ópticos, transportada sobre determinadas longitudes de onda.

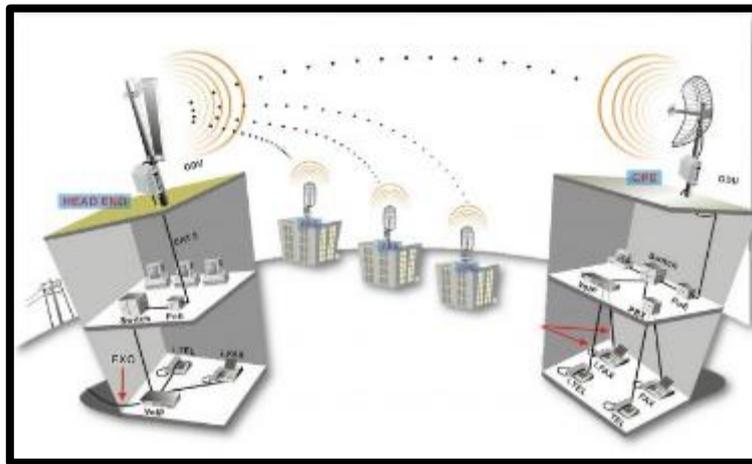
Se determina que la arquitectura que presenta mejores ventajas, después de un análisis exhaustivo, desde la practicidad y la realidad, es la arquitectura FTTH, es decir, el uso de fibra óptica desde la cabecera hasta el usuario final.

#### 4.2.3 Selección de la topología de la Red

Para el diseño de la red se determina topología física en donde se determinó las rutas por donde transitan las fibras ópticas y obligatoriamente una topología lógico que determine que las señales emitidas por las fibras lleguen a su destino sin contratiempos en el camino.

##### 4.2.3.1 Topología lógica

La tecnología XG-PON utiliza la multiplexación por división de longitud de onda (WDM), tiene el canal de subida (upstream) y de bajada (downstream) las cuales trabajan a diferentes longitudes de onda. Por lo que se recomienda utilizar una topología punto – multipunto.



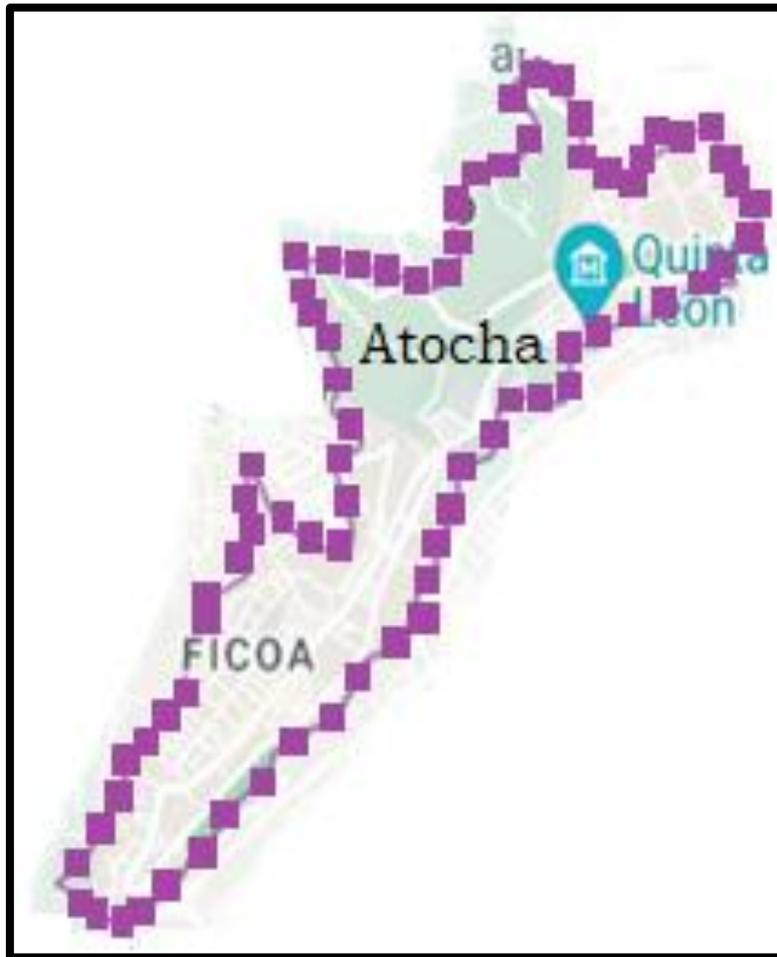
**Figura 2-4.** Esquema gráfico de una red con topología punto a multipunto

Fuente: (Alfatelecom, 2019)

##### 4.2.3.2 Topología Física

La parroquia Atocha – Ficoa fue dividida en zonas, de esta manera se puede llevar un mejor control y tener un mejor mantenimiento de la red. Para realizar la división en zonas, se tomó en cuenta la concentración poblacional, los accesos como calles, carreteras, áreas empresariales, áreas educativas, etc. Estos datos se obtuvieron de la observación de campo que se realizó.

Se delimitó la parroquia Atocha –Ficoa, como se muestra en la Figura 3-4, misma que se dividió por zonas.



**Figura 3-4.** Delimitación geográfica en el plano, de la parroquia Atocha - Ficoa

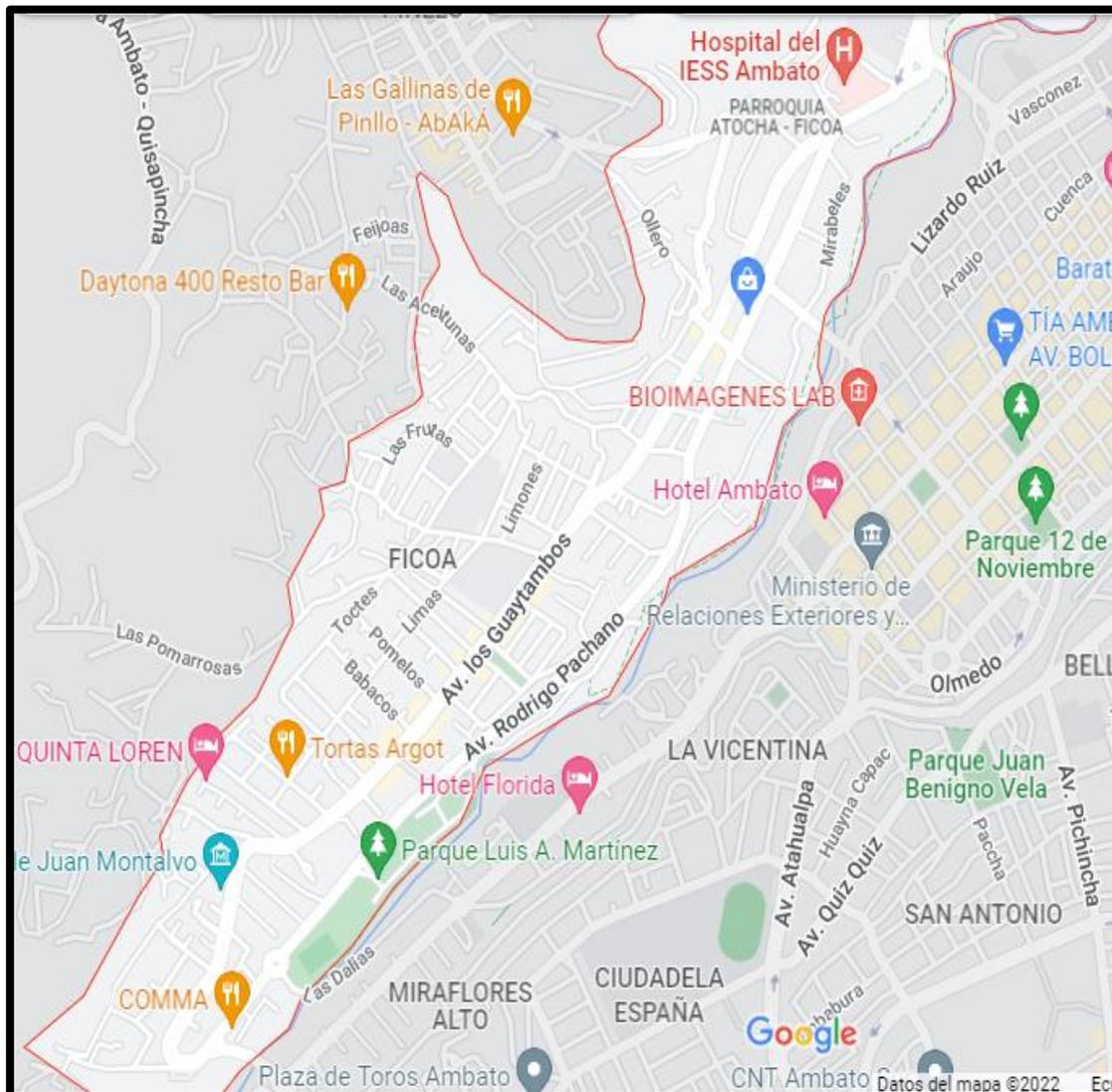
**Realizado por:** Bedón Bonilla, José, 2022.

La parroquia completa Atocha – Ficoa se dividió en dos zonas, para el diseño de la Red.

**Zona1:** Comprende el norte tomando como referencia la calle “Los Chamburos”, hasta llegar a la intercesión de la calle “El Quiteño Libre” en el Sector de Pinllo. Al Este tomando como referencia la calle “Las Aceitunas”.

En sentido Oeste – Este por la calle “Las Uvas”, en el mismo sentido, tomando como referencia la calle “Los Pepinos” formando una línea imaginaria con la calle “Juan Montalvo”. Al Oeste tomando como referencia, la calle “Las Magnolias” desde “Las Pomarrosas” hasta su fin en la Av. de Los Guaytambos, siguiendo este mismo sentido al Sur por la calle “Los Cocos” hasta la intersección con la Av. “Rodrigo Pachano”.

En sentido Oeste – Este tomando como referencia la Av. “Rodrigo Pachano” y “Membrillos” se forma una línea imaginaria en la calle “Los Mirabeles”, en sentido Oeste – Este hasta llegar a la Calle “Juan Montalvo”.



**Figura 4-4.** Delimitación geográfica de la Zona 1, correspondiente a Ficoa en Ambato

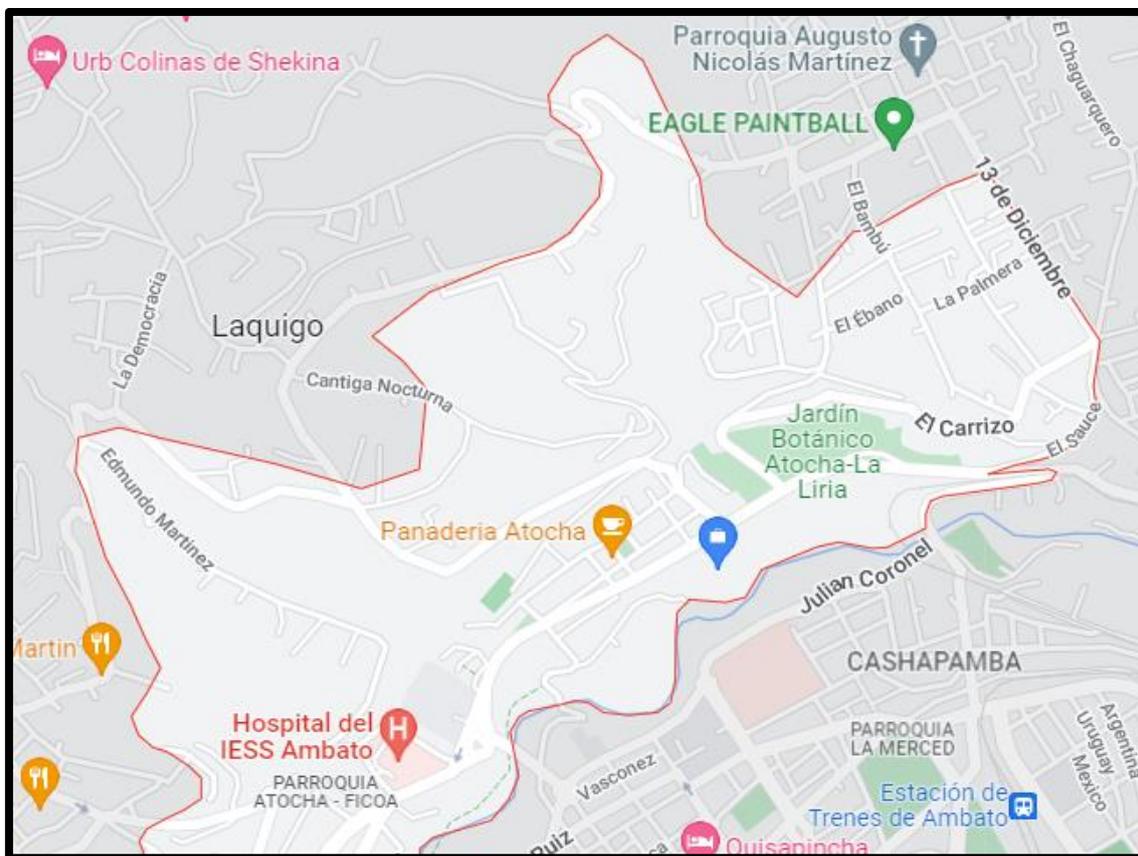
Fuente: Google Maps

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

En esta zona las encuestas no se pudieron aplicar, porque la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A, comenzó con los trabajos de soterramiento de cables aéreos dando de baja provisionalmente el servicio de internet, telefonía y televisión lo cual desencadenó inconformidad entre los usuarios, además que no permitió que la presente investigación se desarrollara según lo planificado.

**Zona 2:** Esta segunda zona representa el barrio Atocha, que delimita al Norte con la Intersección de las calles “Periódico la Democracia” y “Edmundo Martínez”, en sentido Oeste – Este tomando como referencia la Vía Martínez y la Calle “La Ceiba”, en el sentido Oeste – Este tomando como referencia la calle “El Drago”, en el sentido Oeste-Este tomando como referencia la calle “el Bálsamo” hasta la Intersección con la Calle “13 Diciembre” tomando esta calle como referencia Norte – Sur hasta la intersección con la calle “El Carrizo”.

En sentido Norte – Sur por la Calle “El Sauce” en sentido Este - Oeste hasta la intersección con la Av. “Rodrigo Pachano” en el Sentido Este – Oeste se tiene como referencia las riveras del Rio Ambato hasta la calle “Montalvo”, se puede observar en la figura 5-4.

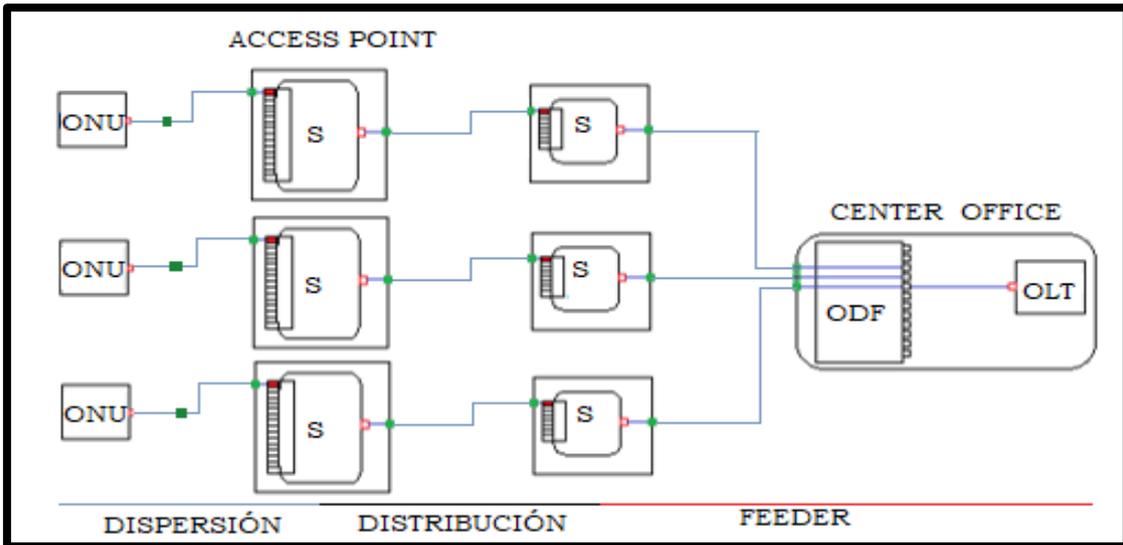


**Figura 5-4.** Delimitación geográfica de la Zona 2, correspondiente a Atocha en Ambato

Fuente: Google Maps

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

En términos generales, las partes más relevantes de la Red XG-PON, van desde la OLT o equipo de transmisión, pasando por la red Feeder a la red de dispersión o punto de acceso y finalmente llegar a los equipos receptores ONT/ONU.



**Figura 6-4.** Diagrama de bloques de una red básica completa XG-PON

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

#### 4.2.4 Selección de Materiales y Equipos

##### 4.2.4.1 Fibra Óptica

La fibra óptica que se utiliza en la red Feeder y de distribución es de tipo monomodo porque trabaja de manera eficiente en enlaces de largas distancias, transmite a mayor ancho de banda y está regido por la recomendación de la ITU-T G.984, porque soporta mayores velocidades.

##### 4.2.4.2 OLT

La OLT elegida es la MA5800-X2 porque cumple con todos los requerimientos y características para el diseño de la red.

**Tabla 11-4:** Principales características técnicas de la OLT a utilizarse en la implementación

<b>Marca</b>	<b>Huawei</b>
<b>Modelo</b>	SmartAX MA 5800-X2 OLT
<b>Longitud de Onda</b>	Downstream: 1260 – 1280 nm
	Upstream: 1575 – 1580 nm
<b>Servicios</b>	Datos, Telefonía, Televisión, IPTV
<b>Ancho de Banda máximo</b>	80 Gbit/s
<b>Número de puertos</b>	32 puertos GPON / XG(S) – PON
	16 puertos 10G GPON / 10G EPON
<b>Fuente de Alimentación</b>	corriente continua (respaldo de energía dual) turbulencia + batería de reserva

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.



**Figura 7-4.** Vista frontal de la OLT Huawei modelo SmartAX MA 5800-X2 OLT

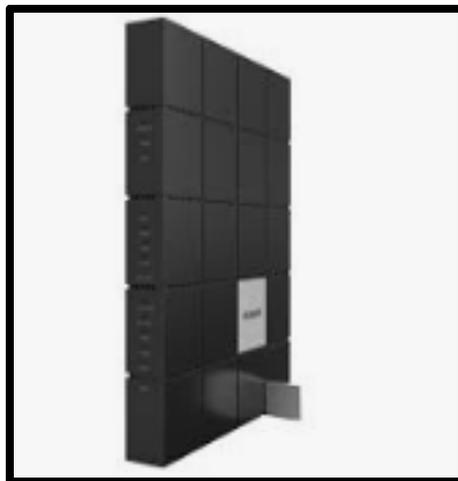
Fuente: (Huawei, 2022)

#### 4.2.4.3 ONTs

**Tabla 12-4:** Características técnicas de las ONTs a utilizarse en la implementación

<b>Marca</b>	<b>Huawei</b>
<b>Modelo</b>	Huawei HN8055Q FTTH
<b>Entrada del Adaptador</b>	100 – 240 V CA 50/60 Hz
<b>Fuente de Alimentación</b>	11 – 14 V CC, 3 A
<b>Servicios</b>	Voz, datos y servicios de video
<b>Puertos</b>	Power, PON, LAN, 2.4G wi-fi, USB, WPS

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.



**Figura 8-4.** Vista lateral de una ONT

Huawei modelo HN8055Q FTTH

Fuente: Huawei, 2022

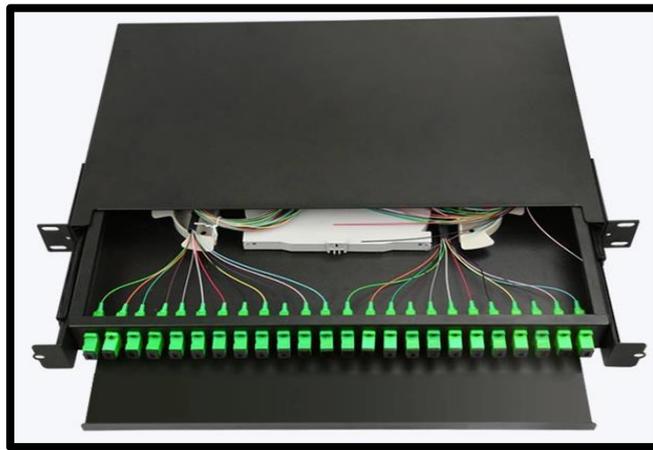
Los equipos OLT y ONTs son compatibles porque pertenecen al mismo fabricante y admiten los mismos protocolos, además se tomó en cuenta los servicios que pueden proveer.

#### 4.2.4.4 ODF

**Tabla 13-4:** Principales características técnicas del ODF a utilizarse en la implementación

<b>Marca</b>	<b>Net – Link</b>
<b>Modelo</b>	NL- 4001
<b>Tipo de Conector</b>	SC, FC, LC
<b>Número de Puertos</b>	24 puertos por bandeja

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.



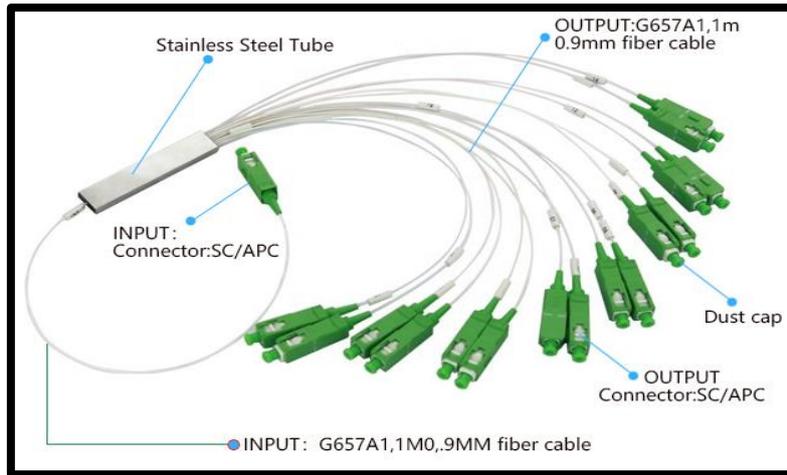
**Figura 9-4.** ODF marca Net – Link modelo NL-4001 con bandeja para 24 puertos

Fuente: (Sin cables, 2019)

**Tabla 14-4:** Atenuación presente en los splitters a utilizarse en la implementación de la red

<b>División Óptica</b>	<b>Atenuación</b>
1: 4	-6.02 dB
1: 8	-9.03 dB
1: 16	-12.04 dB

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.



**Figura 10-4.** Splitter conectorizado de tipo SC/APC PLC de 1x16 hilos

Fuente: (Optictimes, 2018)

Para evitar nuevas pérdidas de atenuación por los enlaces se eligió los power splitters conectorizados, para disminuir la fusión de los conectores.

#### 4.2.4.5 Cajetines

**Tabla 15-4:** Cajas NAPs a utilizarse en la implementación de la red

Equipo	Descripción
Caja NAP IP65	de 1x8 y 1x6, armadas
Roseta óptica	2 Puertos

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.



**Figura 11-4.** Vista de una caja NAP abierta, para exteriores, de 1x8 puertos

Fuente: (Sin Cables, 2015)

Para realizar la distribución de la red se toma en cuenta lo siguiente:

- Primer nivel de splitteo: se utilizan splitters de 1x8
- Segundo nivel de splitteo se utilizan splitters de 1x16
- Se utiliza una la tercera caja para colocarse en el interior de los hogares de los clientes que se denomina roseta óptica en donde se realizará la última fusión.

#### 4.2.5 Ubicación Geográfica de los Equipos

La ubicación de los equipos se realizó de forma estratégica y los equipos de la Red FTTH se encuentran a aproximadamente a distancias similares, permitiendo que la atenuación que se puede producir en la red sea igual en todos los equipos o nula.

La simbología utilizada para crear el mapa de la distribución de red en las zonas de la parroquia Atocha – Ficoa se puede visualizar en la tabla 16-4.

**Tabla 16-4:** Simbología utilizada para la diferenciación de los dispositivos y equipos de las redes FTTH

Descripción	Simbología
Poste	
OLT	
Splitter	
NAP	

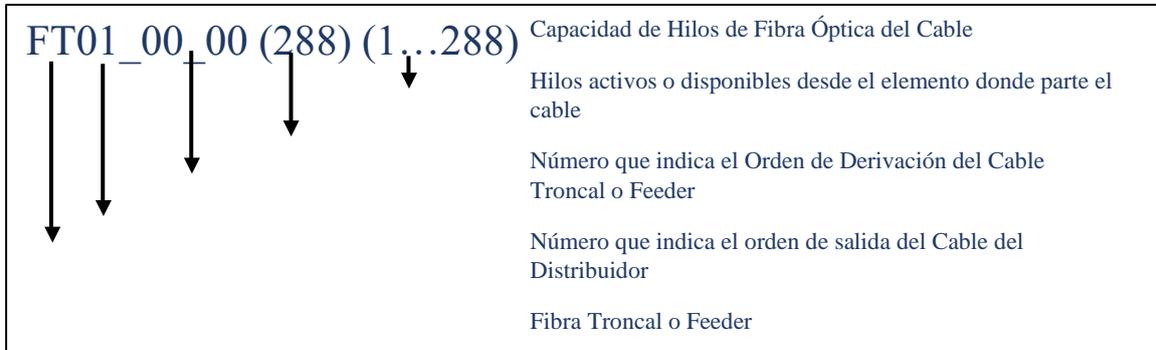
Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

#### 4.2.6 Distribución de Fibra Óptica

##### 4.2.6.1 Red Feeder

El Feeder es la red de alimentación o red troncal o de transporte. Inicia desde el ODF principal desde donde se hace la distribución de las fibras siguiendo las rutas establecidas previa planificación. El tipo de fibra utilizado es de tipo monomodo, siguiendo la actualización del estándar ITU G.984.

En esta investigación el cable de fibra óptica Feeder fue denominado como FT001 y está formado por 96 hilos de capacidad, es utilizado en el soterramiento. El cable se conecta con las mangas troncales que fueron denominadas MTs, donde se realiza la unión primaria. En la OLT se designó una numeración secuencial de acuerdo a como se fueron implementando y a continuación se detalla cómo queda la nomenclatura de la OLT.



**Figura 12-4.** Nomenclatura descriptiva de la red de fibra óptica utilizada para el diseño

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

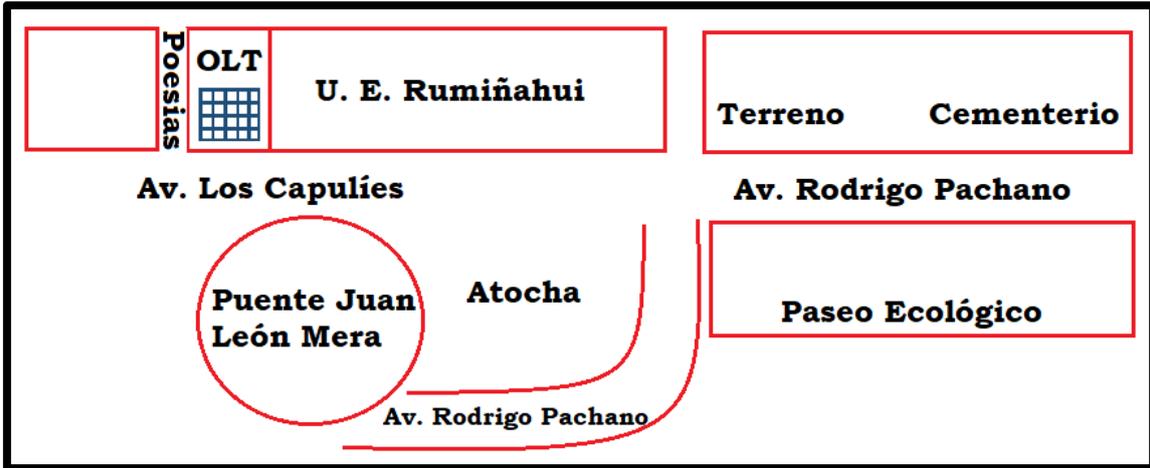
El Análisis económico y la demanda satisfecha de encuentra en el ANEXO C. La división en zonas permitió una mejor asignación de los hilos del Feeder permitiendo un cubrimiento de la demanda actual con cinco hilos y un hilo destinado de reserva como proyección del crecimiento de la red y para uso de fallas.

La OLT está ubicada en la calle Los Capulíes y Poesías que es la vía principal entre las dos zonas después del Hospital del Seguro y la comunicación con el Puente Juan León Mera que lleva al centro de la ciudad, debido a que es la parte con más espacio y menos congestión como se puede observar en la Figura 13-4.



**Figura 13-4.** Mapa de la ubicación física de la OLT a instalarse

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

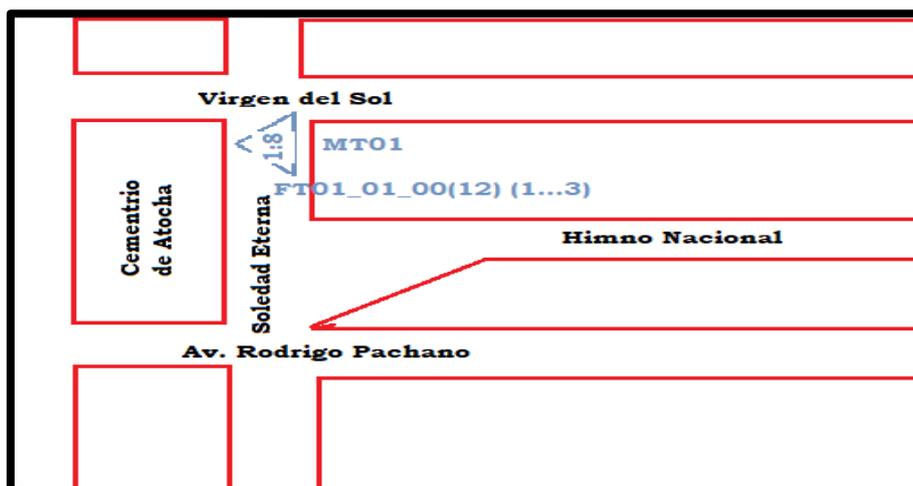


**Figura 14-4.** Ubicación y simbología en el mapa, de la OLT a instalarse

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

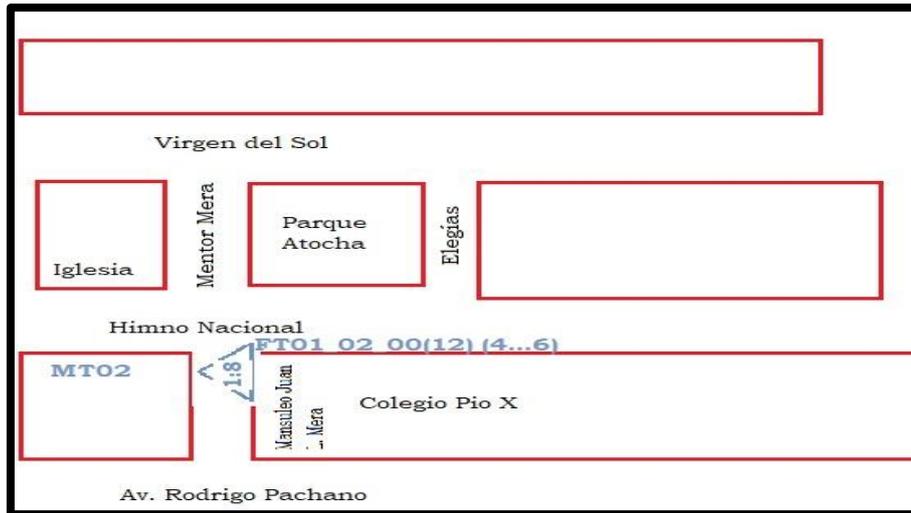
- Derivación del Cable Feeder para la zona 2

En el barrio Atocha se establecen dos mangas troncales, a la primera se la llamara MT, donde ingresan los hilos del primer buffer del cable Feeder FT01\_00\_00(96) (1...6), los cuales se fusionan con la derivación FT01\_01\_00(12) (1...6). En donde se distribuyen tres hilos que van a la MT01, esto quiere decir FT01\_01\_00(12) (1...3) y los tres hilos restantes al MT02 representada por FT01\_02\_00(12) (4...6). Esto se puede apreciar en las figuras 15-4 y 16-4 donde están las mangas MT01 y MT02 que vienen del cable feeder y se derivan en FT01\_01\_00(12) (1...3) y FT01\_01\_00(12) (4...6).



**Figura 15-4.** Ubicación de los elementos a utilizarse en la MT01 de la zona 2

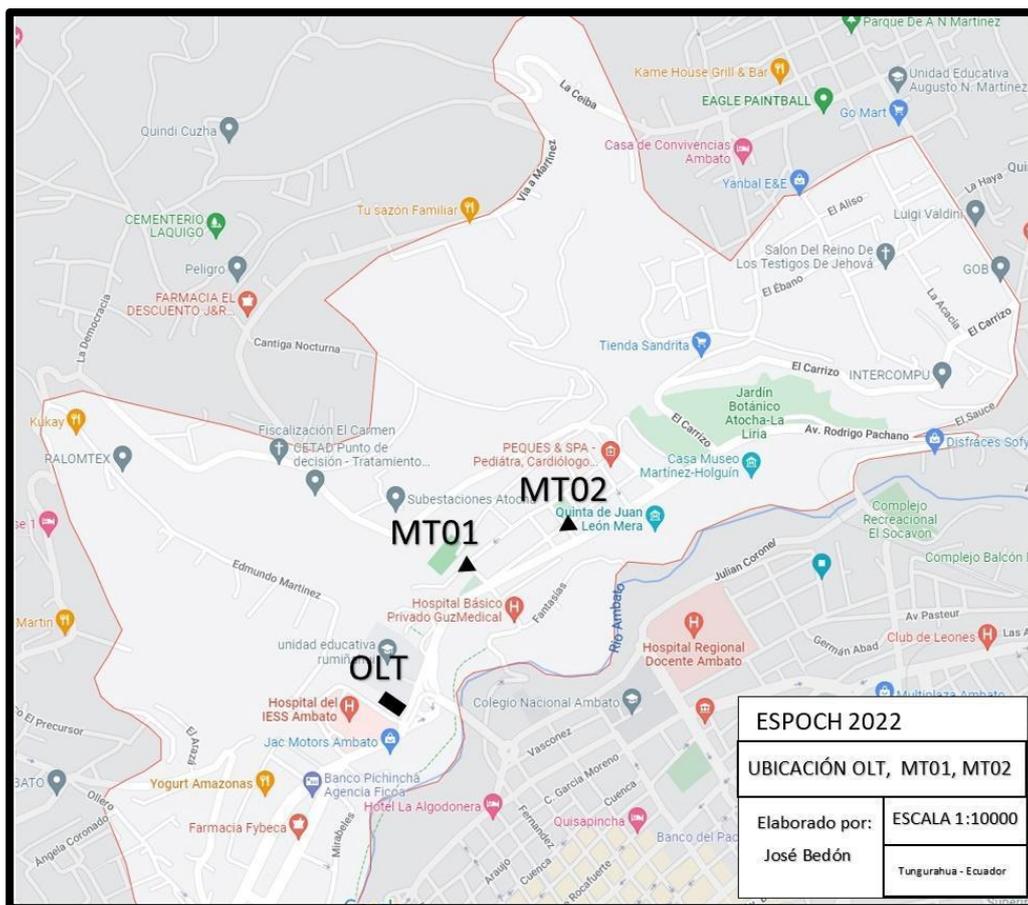
Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.



**Figura 16-4.** Ubicación de los elementos a utilizarse en la MT02 de la zona 2

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

En la figura 17-4 se puede observar la ubicación de la OLT y las mangas MTs en la zona 2 que corresponde al barrio Atocha de la parroquia Atocha – Ficoa.



**Figura 17-4.** Ubicación geográfica de las mangas MT y la OLT a instalarse

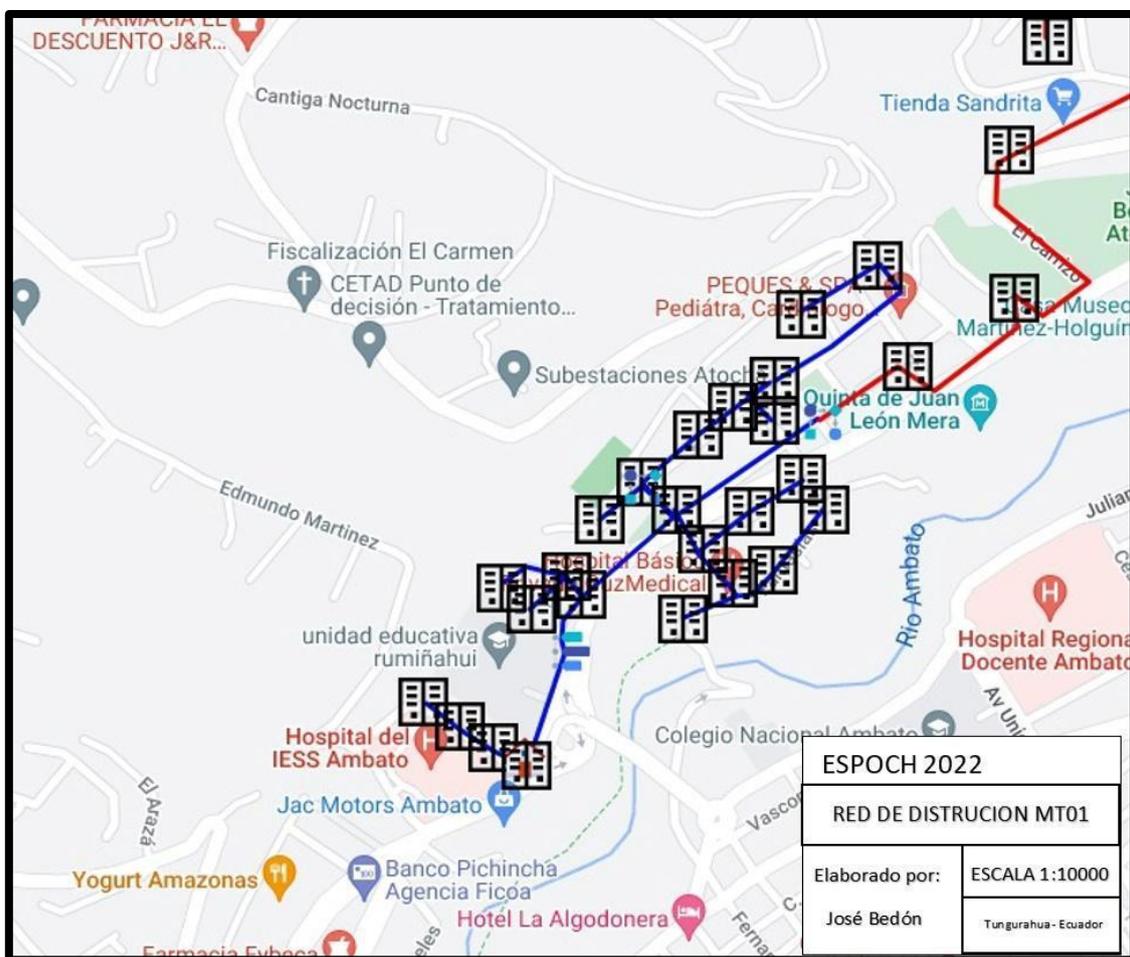
Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

#### 4.2.6.2 Diseño de la Red de Distribución

La red de distribución puede tener una capacidad de 12, 24, 48 o 96 hilos, inicia a partir de los puertos de salida del primer nivel de splitteo en la red que se conectará con las NAPs o segundo nivel de splitteo.

- Red de distribución de la zona 2

Como se puede apreciar en la figura 18-4 se muestra la MT01 la misma que está formada por 26 áreas de dispersión lo que corresponde a 24 NAPs proyectadas las cuales son representadas por letras alfanuméricas las cuales están agrupadas en ocho (ejemplo A1- A8).



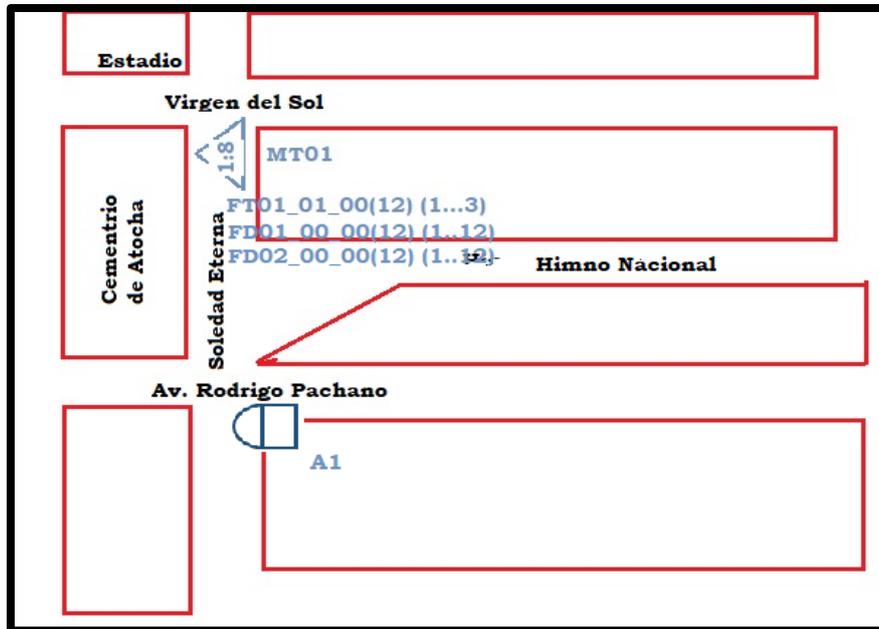
**Figura 18-4.** Ubicación física de las cajas de distribución de la MT01

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

Inicia la serie A hasta la serie C que es una representación muy adecuada, en donde se fusionan dos cables de fibra óptica a la salida del primer splitter de la manga MT01.

- FD01\_00\_00(12) (1...12)
- FD02\_00\_00(12) (1...12)

Es recomendable empezar desde la NAP más cercana para la distribución de los hilos de cada caja de la manga MT01, el ejemplo es la A1 como se muestra en la Figura 19-4.



**Figura 19-4.** Esquema con la ubicación de la NAP más cercana a la MT01

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

La manga MT02 contiene 20 áreas de dispersión lo que indica que son 20 NAPs, las cuales están representadas por caracteres alfanuméricos, agrupadas en 8 valores.



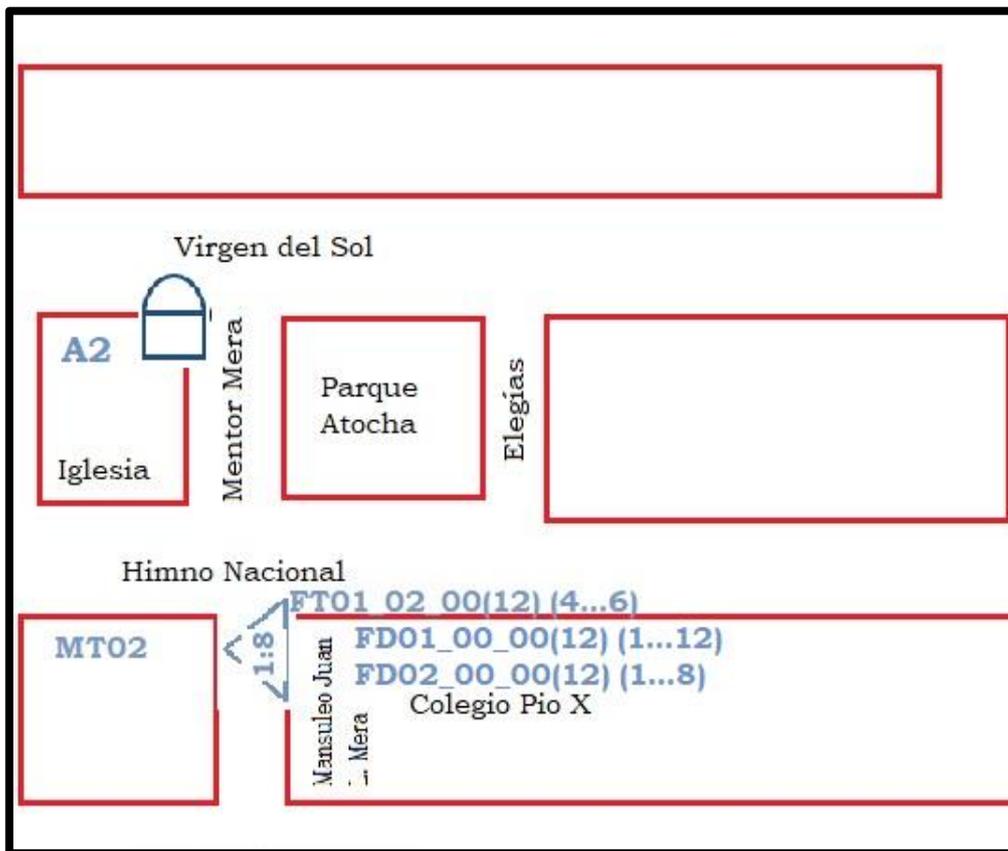
**Figura 20-4.** Mapa de la ubicación de las cajas de distribución en la MT02

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

Las NAPs empiezan con la letra D hasta la F, en donde quedan NAPs de reserva. Se fusionan dos cables de fibra óptica para la distribución de las salidas del primer nivel de splitteo a la manga MT02.

- FD01\_00\_00(12) (1...12)
- FD02\_00\_00(12) (1...8)

En la caja de distribución en los hilos es recomendable empezar de la NAP más cercana a la manga MT02, como muestra en la figura 21-4.



**Figura 21-4.** Esquema con la ubicación de la NAP más cercana a la MT02

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

#### 4.2.6.3 Red de Dispersión

En la caja de distribución óptica el cable tipo que se utiliza es de tipo DROP monomodo G.657 A1/A2, se fusiona con el pigtail de la roseta óptica que se encuentra instalada en el interior de la casa o negocio del usuario. Para evitar la pérdida por retorno e inserción en la red XG-PON y facilitar su conexión se utilizan acopladores, conectores, pigtails y splitters tipo SC/APC. Para finalizar, se conecta a la roseta óptica con la ONT para brindar los servicios que el usuario requiera.

#### 4.2.6.4 *Determinación del Ancho de Banda*

La normativa establecida por la ITU-T para las velocidades nominales en los canales de downlink es de 2,488 Gbps y Uplink es de 1,244 Gbps, donde se calculará el ancho de banda para el primer nivel del que es de 1:8 y del segundo que es de 1:16 con lo que se llegara al usuario final.

- Nivel Uno
  - Velocidad Máxima Downlink = 2,488 Gbps / 4 clientes
  - Velocidad Máxima Downlink = 622 Mbps
  - Velocidad Máxima Uplink = 1,244 Gbps / 4 clientes
  - Velocidad Máxima Uplink = 311 Mbps
  
- Nivel Dos
  - Velocidad Máxima Downlink = 2,488 Gbps / 8 clientes
  - Velocidad Máxima Downlink = 77,75 Mbps
  - Velocidad Máxima Uplink = 1,244 Gbps / 8 clientes
  - Velocidad Máxima Uplink = 38,86 Mbps

#### 4.2.7 *Presupuesto Referencial*

Se solicitaron cotizaciones en empresas de telecomunicaciones de Ambato, Quito y Riobamba, se compararon entre sí para elegir entre estas cual tiene el precio más rentable. La empresa con mejores precios es SITCOM, ubicada en la ciudad de Riobamba donde se obtuvieron precios referenciales como se muestra en la tabla 17-4, Adicionalmente se debe considerar servicios de mano de obra y puesta en marcha, mismos que se detallan en el ANEXO C – Plan de Inversión.

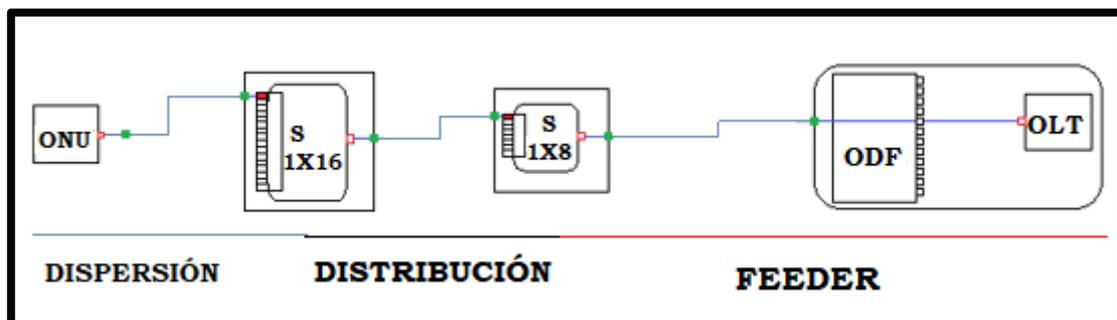
**Tabla 17-4:** Equipos y materiales totales considerados en la inversión económica inicial

Equipo	Tipo	Precio Unitario	Cantidad	Precio total
Router de borde	equipo	1600,00	1	1.600,00
Switch	equipo	130,00	1	130,00
UPS	equipo	256,00	1	256,00
Manga de fibra armada con splitter	equipo pasivo	68,00	10	680,00
Nap de fibra con splitter	equipo pasivo	65,00	10	650,00
Fibra optica 96 hilos	cable	0,90	1.000	900,00
Fibra optica 48 hilos	cable	0,56	1.000	560,00
Fibra Optica DROP (2 hilos)	cable	0,14	1.000	140,00
OLT	equipo	1200,00	1	1.200,00
ODF	equipo	420,00	1	420,00
Patchcord	cable	3,50	48	168,00
Pigtail	cable	2,50	263	657,50
Roseta óptica	accesorio	5,50	263	1.446,50
Servidor	computador	3650,00	1	3.650,00
Ordenador de oficina	computador	650,00	1	650,00
Regletas y cables	cables	100,00	2	200,00
Muebles de oficina	conjunto	1200,00	1	1.200,00
ONT	equipo	80,00	263	21.040,00
Central Telefónica	equipo	425	1	425,00
Camioneta	vehículo	30000,00	1	30.000,00
<b>TOTAL EN DOLARES</b>				<b>66.149,00</b>

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

#### 4.2.8 Presupuesto Óptico

En la red XG-PON los cálculos del presupuesto óptico, se realizaron con el modelo masivo/casas como se muestra en la imagen, que son establecidos por las normas de la CNT.



**Figura 22-4.** Diagrama de la ONU, modelo utilizado masivo/casas, normas CNT

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

El aumento de la atenuación de las OTNs en donde se considera un margen de guarda de 3dB; es una proyección de crecimiento o alteración que podría alcanzar la red a futuro. La atenuación máxima de la red de distribución óptica debe ser de 28 dB, este valor es limitado en los parámetros de los equipos ONTs.

#### 4.2.9 Cálculo de la Atenuación

Los elementos de la red XG-PON para los cálculos de los valores de la atenuación se muestra en la tabla 18-4:

**Tabla 18-4:** Valores de atenuación en dB que se consideran en el diseño de redes ópticas

Elemento	Atenuación (dB)
Conectores	0,5
Empalme por fusión	0,1
Empalme mecánico	0,5
Splitter 1:8	-9,03
Splitter 1:16	-12,04
Fibra óptica	-0,4/Km
Margen de Guarda	3

**Realizado por:** Bedón Bonilla, José, 2022.

Fórmula:

$$A_t = A_{fo} + A_c + A_f + A_{s1} + A_{s2}$$

Dónde:

*A<sub>t</sub>: Atenuación total*

*A<sub>fo</sub>: Atenuación de la fibra óptica*

*A<sub>c</sub>: Atenuación por conector*

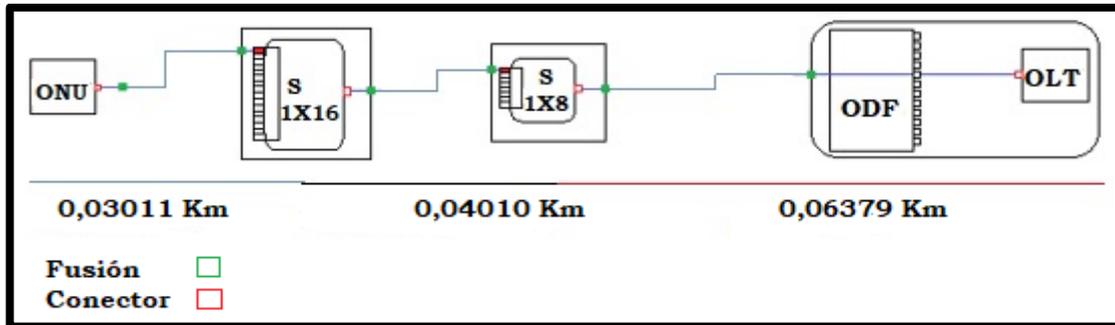
*A<sub>f</sub>: Atenuación por fusión*

*A<sub>s1</sub>: Atenuación splitter primario*

*A<sub>s2</sub>: Atenuación splitter secundario*

#### 4.2.9.1 Usuario más cercano de la Zona 2

A una distancia de 0,1340 Km de la OLT se encuentra el usuario más cercano como se puede visualizar en la figura 23-4 se puede apreciar que tiene 5 conectores, 6 fusiones, 1 splitter 1:8 y un splitter secundario 1:16.



**Figura 23-4.** Diagrama esquemático del usuario más cercano en la Zona 2

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

El cálculo de la Atenuación total es:

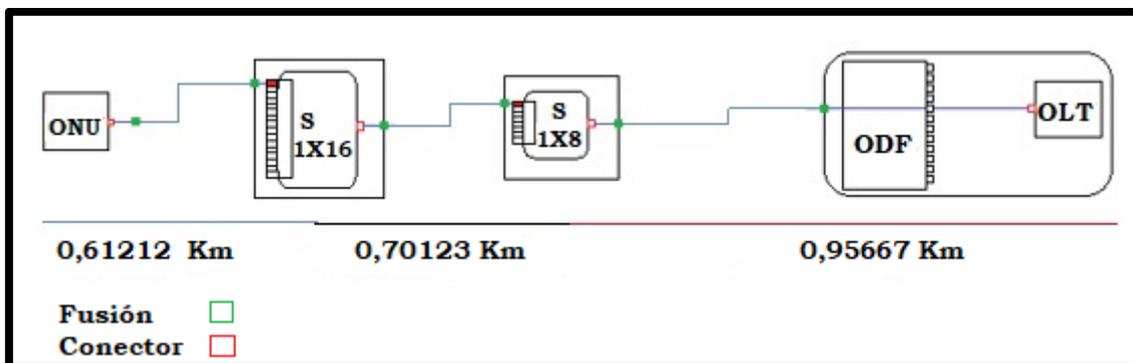
$$A_t = A_{fo} + A_c + A_f + A_{s1} + A_{s2}$$

$$A_t = \left(0,4 * \frac{134,00}{1000}\right) + (5 * 0,5) + (6 * 0,06) + 9,03 + 12,04$$

$$A_t = 23,98 \text{ dB}$$

#### 4.2.9.2 Usuario más Lejano de la Zona 2

El usuario más lejano de la zona 2 del barrio Atocha se encuentra una distancia de 2,27002 Km de la OLT.



**Figura 24-4.** Diagrama esquemático del usuario más lejano en la Zona 2

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

$$A_t = A_{fo} + A_c + A_f + A_{s1} + A_{s2}$$

$$A_t = \left(0,4 * \frac{2270,02}{1000}\right) + (5 * 0,5) + (6 * 0,1) + 9,03 + 12,04$$

$$A_t = 25,08 \text{ dB}$$

#### 4.2.10 Balance óptico de Potencia

Se debe evitar sobrecargas de potencia. Para tener una buena recepción en los equipos se debe tener una potencia de transmisión adecuada aunque también depende de las pérdidas obtenidas en la red, para determinar el cálculo se usó la siguiente fórmula:

$$P_{Rx} \leq P_{Tx} - A_t - M_G$$

Dónde:

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

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

$M_G$ : Margen de guarda (seguridad)

La sensibilidad del receptor para que sea estable debe estar el rango de -28dBm a 5dBm como valor máximo de potencia en la OLT y las ONTs. Para realizar los cálculos de la presente investigación se utilizó un valor de potencia de 4,968 dBm. Los valores mencionados son utilizados en el cálculo del balance de potencia para el usuario más cercano y el usuario más lejano.

##### 4.2.10.1 Cálculo del balance de potencia del usuario más cercano Zona 2

El valor de la atenuación total del usuario más cercano es de 24,2236 dB y el margen de guarda es de 3dB, estos valores son requeridos para el cálculo del balance de potencia.

$$P_{Rx} \leq P_{Tx} - A_t - M_G$$

$$-28dB \leq 4.968 \text{ dBm} - 23,98 \text{ dB} - 3 \text{ dB}$$

$$-28dB \leq -26,012 \text{ dB}$$

#### 4.2.10.2 Cálculo del balance de potencia del usuario más lejano Zona 2

El valor de la atenuación total del usuario más lejano es de -25,08 dB y el margen de guarda es de -3 dB, estos valores son requeridos para el cálculo del balance de potencia.

$$P_{Rx} \leq P_{Tx} - A_t - M_G$$

$$-28dB \leq 4,968 dBm - 25,08 dB - 3 dB$$

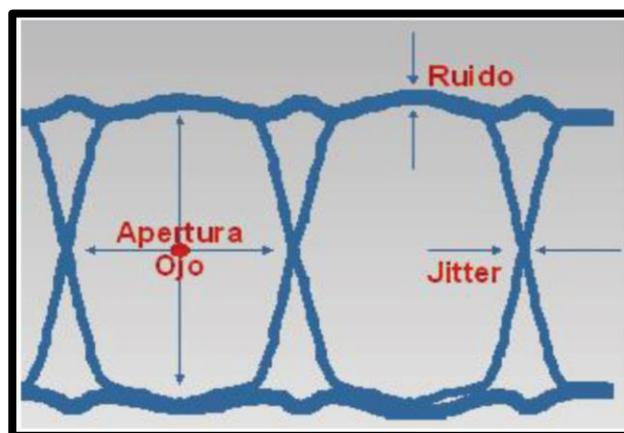
$$-28dB \leq -23,11 dB$$

Los resultados calculados están dentro de los límites establecidos.

### 4.3 Resultados obtenidos en la Simulación

Se pueden observar los resultados obtenidos de la simulación en el software OptiSystem y las evaluaciones del diseño de la red, basados en la potencia de salida de la OLT y los recibidos por las ONTs, los cuales deben estar dentro de los parámetros establecidos, es decir, entre -28dBm a 5dBm. La potencia mínima de recepción del equipo es menor a la potencia de recepción, en donde el enlace se considera como óptimo.

En el sistema OptiSystem se utilizaron complementos para visualizar los resultados como el Optical Power Meter que permite verificar la potencia que sale de la OLT y lo que a las ONTs, el BER Analyzer para visualizar los valores de factor Q, el mínimo error de bit BER y por último el Eye Diagram Analyzer (Diagrama de Ojo) para ver la calidad del enlace del usuario más cercano y más lejano.



**Figura 25-4.** Esquema con las partes básicas de un Diagrama de Ojo ideal

Fuente: (Monografías, 2011)

En la figura 25-4, se puede observar un diagrama de ojo ideal, el mismo se sirvió para comparar con los diagramas de ojo obtenidos de los casos de estudio.

Los resultados obtenidos de las diferentes ONTs permiten verificar que estos se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la normativa la ITU-T G 984, donde el factor Q está cerca de la calidad de conexión que debe ser valor o igual a 6 o mayor y el BER debe ser igual o menor a  $1 * 10^{-10}$ , lo que significa que se puede generar un bit errado por cada 10 mil millones de bits que transitan por la OLT.

#### 4.3.1 Potencia para la Zona 2

La transmisión de la longitud de onda es de 1577 nm para audio y datos y de 1550 nm para video. En la siguiente se puede apreciar la potencia obtenida en diferentes puntos de la Zona 2 empezando por la OLT, los dos niveles de splitteo y finalmente la potencia que llega a las ONTs.

**Tabla 19-4:** Valores de potencias obtenidas en la simulación de la Zona 2

Potencias	Usuario Cercano	Usuario Lejano
Salida OLT	4,968	4,968
Nivel 1 Splitter	-5,342	-5,92
Nivel 2 Splitter	-18,541	-19,231
ONT	-22,2556	-22,2029

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

#### 4.3.2 Potencia de la salida de la OLT

Como se puede observar en la Figura 26-4 el valor de la potencia de salida de OLT, es igual a 5,278 dBm; con ese valor de potencia la señal óptica será transmitida hasta las ONTs.



**Figura 26-4.** Potencia de salida medida en la OTL de la Zona 2

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

### 4.3.3 Potencia recibida por la ONT del usuario más cercano

En la ONT la potencia recibida de acuerdo a la simulación es de -22,265 dBm, por lo que existe un pequeño contraste con el valor del cálculo teórico que es de -22,2556 dBm, por lo que se puede apreciar una diferencia mínima de 0,009 dBm, representa un error porcentual del 0,04%, que se puede considerar como despreciable. El valor obtenido está dentro del rango de sensibilidad de potencia. Se comprueba que la transmisión de la señal es óptima.

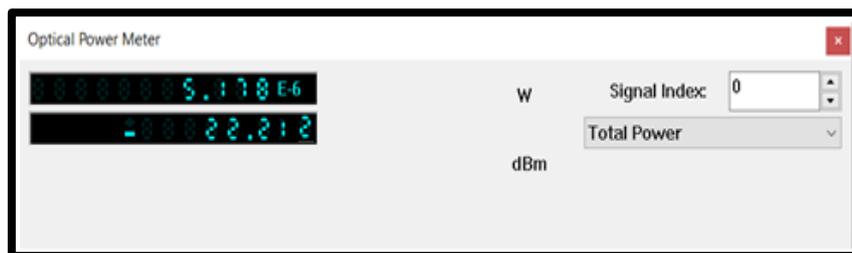


**Figura 27-4.** Potencia recibida de la ONT más cercana de la red

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

### 4.3.4 Potencia recibida por la ONT del usuario más lejano

En la ONT la potencia recibida de acuerdo a la simulación es de -22,2129 dBm, Se aprecia que hay una variación mínima en comparación con el cálculo teórico que es de -22,2029 dBm, por lo que se puede apreciar una diferencia mínima de 0,009 dBm, lo que representa un error porcentual del 0,04%, dado que el valor obtenido está dentro del rango de sensibilidad de potencia se comprueba que la transmisión de la señal es óptima.



**Figura 28-4.** Potencia recibida en la ONT más lejana de la red

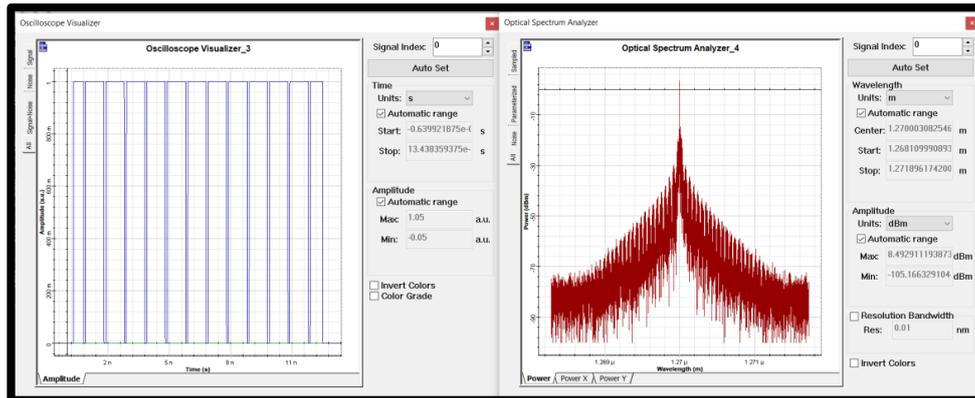
Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

## 4.4 Señales de Transmisión

Por medio de un Oscilloscope Visualizer y un Optical Spectrum Analyzer se pueden visualizar las diferentes señales transmitidas.

#### 4.4.1 Señales de Transmisión en la Zona 2

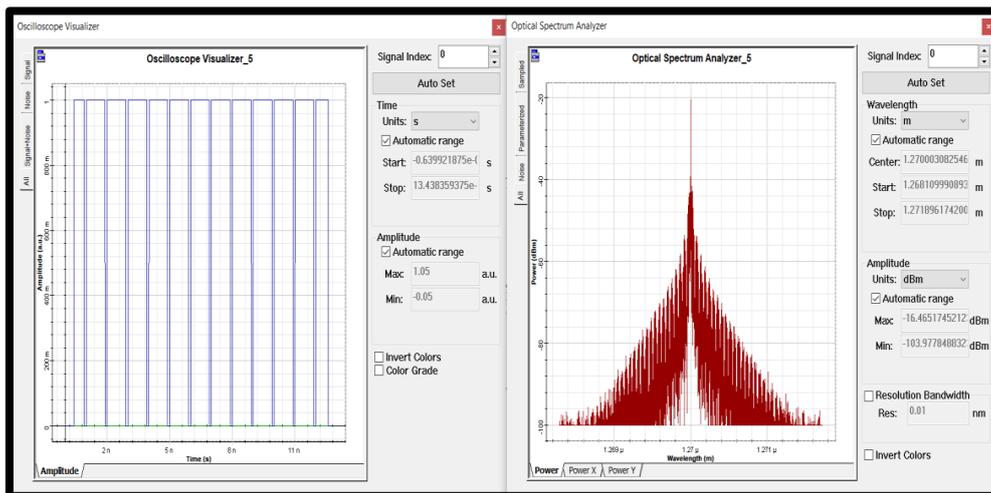
A través del osciloscopio se observa la señal de transmisión que se genera en la OLT en bit/s. El espectro que se forma de la señal se la visualiza con el analizador de espectros, el mismo que tendrá como centro la longitud de onda de 1577 nm, donde se aprecia la transmisión de audio y datos y lo que está alrededor se considera como ruido y será descartado por el filtro del receptor como se muestra en la figura 29-4.



**Figura 29-4.** Señales de audio y video obtenidas en la Zona 2

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

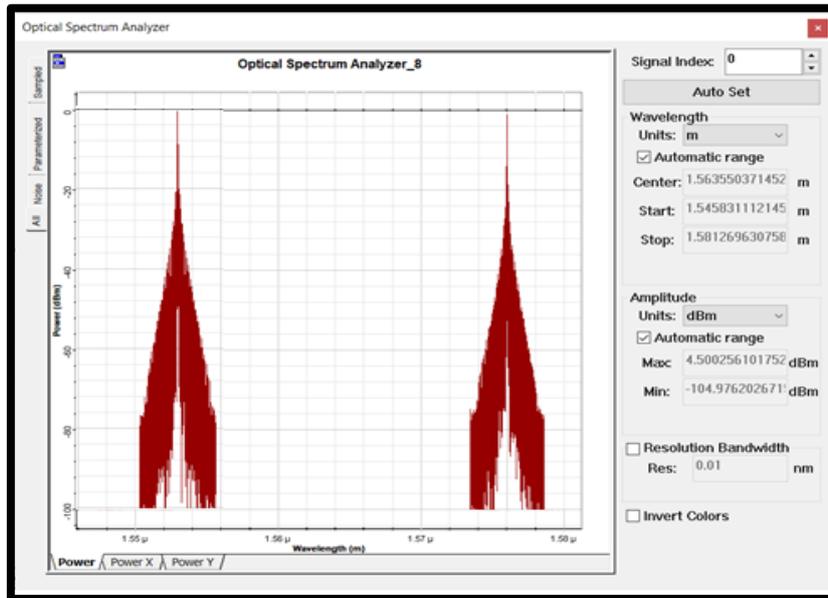
La señal de transmisión que se genera en la OLT en bit/s y el espectro que se forma de la señal teniendo como centro la longitud de onda de 1550 nm se muestra en la figura 30-4.



**Figura 30-4.** Señales de video obtenidas de la simulación en la Zona 2

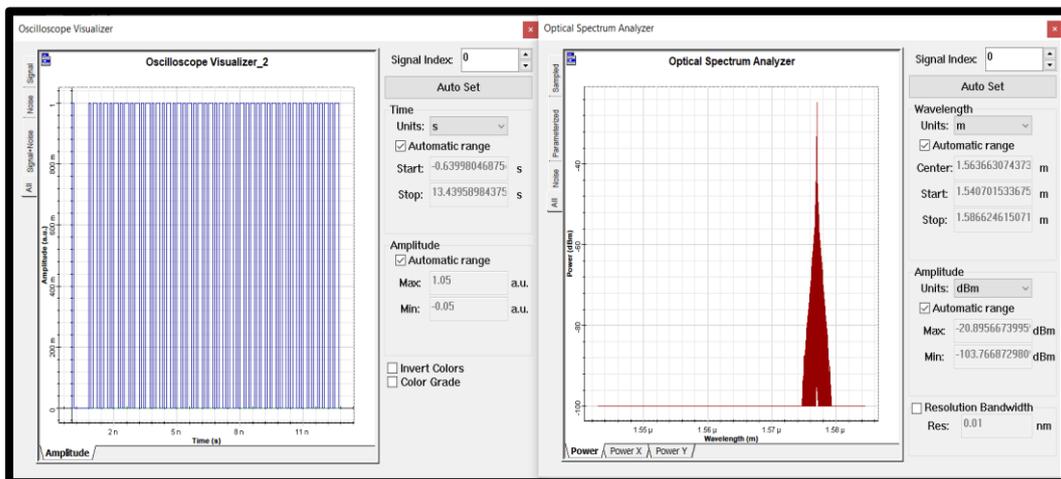
Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

En la OLT, el espectro de la señal de salida contiene audio, video y datos que se transmiten en sus respectivas longitudes de onda de manera simultánea como se muestra en la figura 31-4.

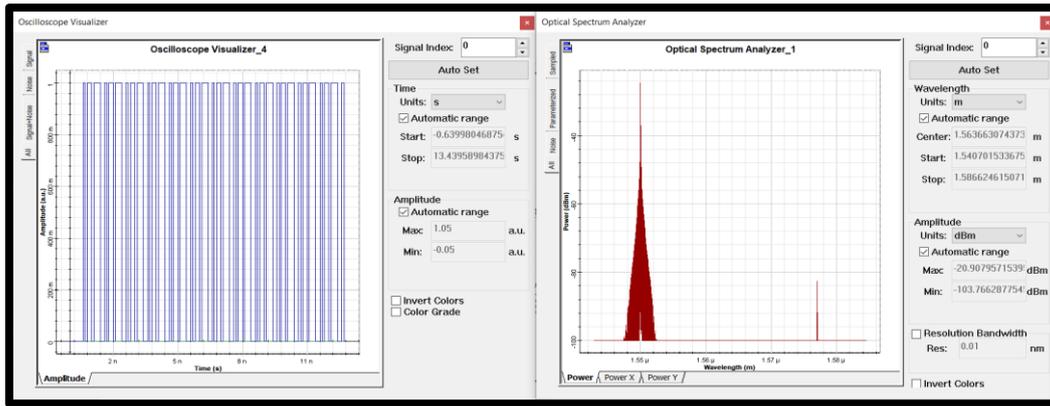


**Figura 31-4.** Señales de audio, video y datos obtenidas de la OLT  
 Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

La señal que llega a la ONT cuenta con un retardo mínimo, debido a la distancia que existe entre la OLT y la ONT y que está contemplado dentro del estándar. Debido al tipo de transmisión que se usa, el espectro de la señal pasa por un filtro para separar los componentes de las señales audio, video y datos, en donde se eliminan las que no correspondan, esto ocurrirá para los dos casos usuario más lejano y usuario más cercano como se puede apreciar en las siguientes figuras:

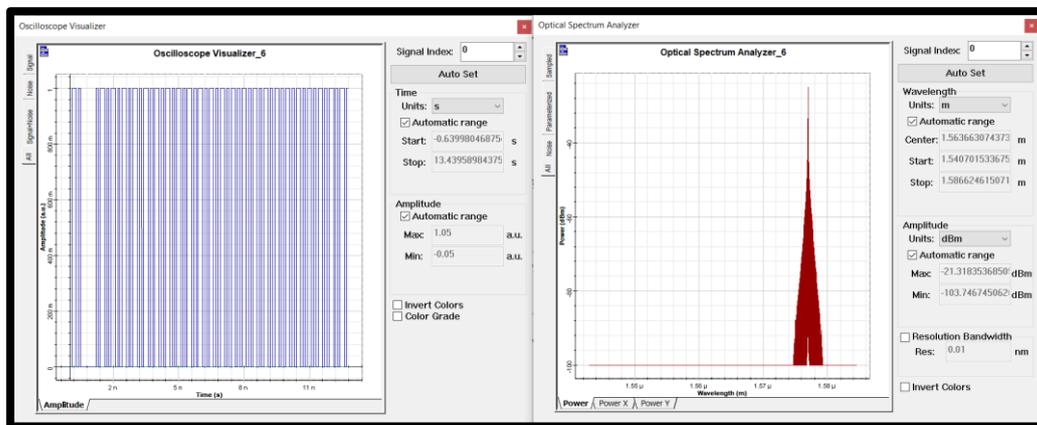


**Figura 32-4.** Señales de audio y datos de la ONT del usuario más cercano  
 Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.



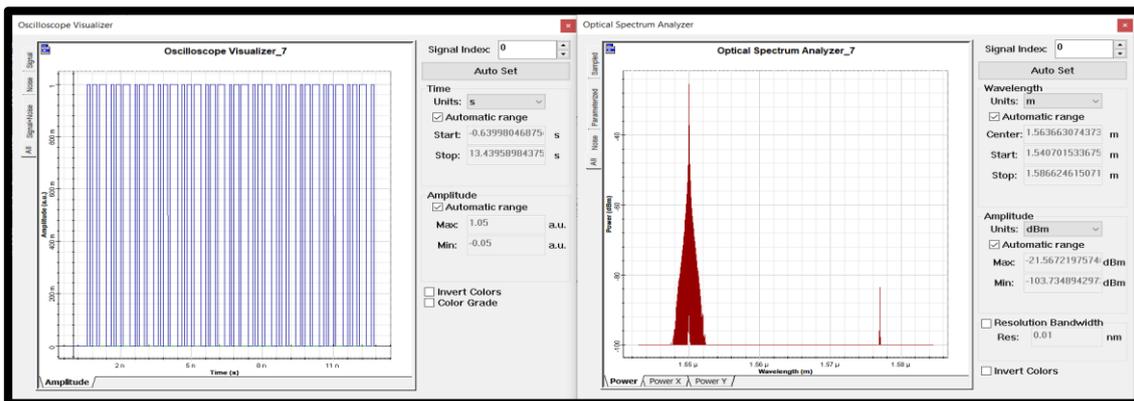
**Figura 33-4.** Señal de video de la ONT del usuario más cercano

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.



**Figura 34-4.** Señal de audio y datos de la ONT del usuario más lejano

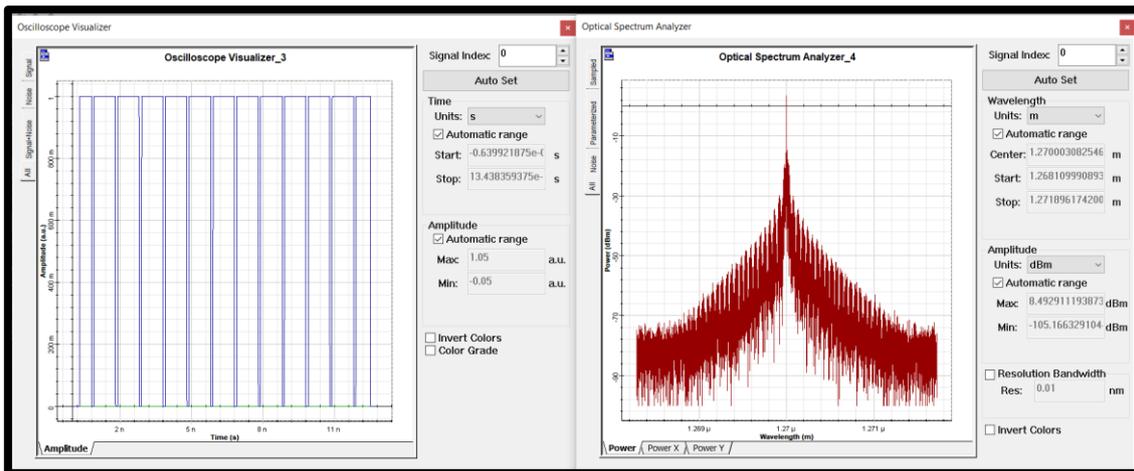
Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.



**Figura 35-4.** Señal de video de la ONT del usuario más lejano

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

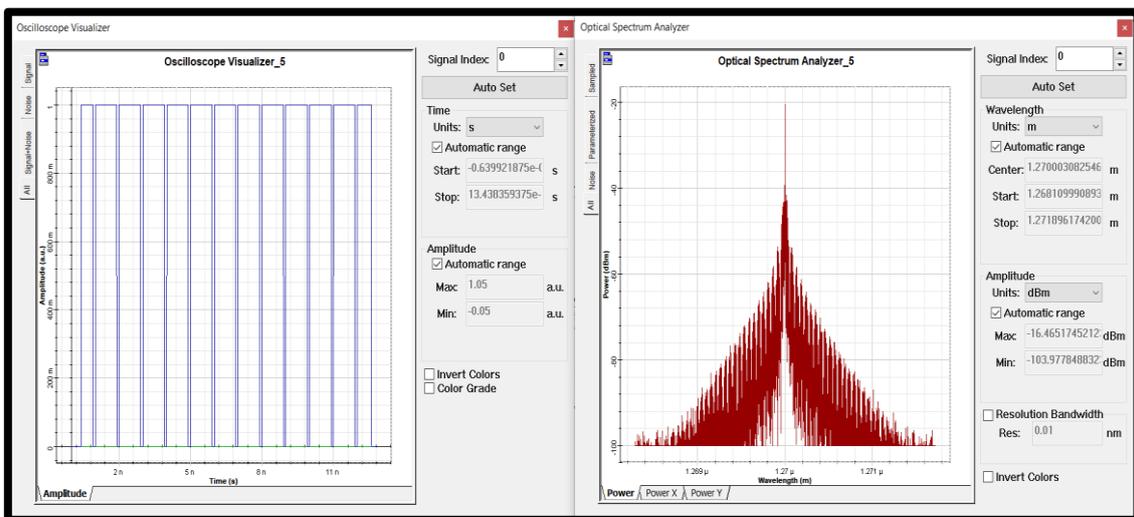
En el usuario se puede apreciar la señal generada en bit/s, además del espectro que se crea sobre la longitud de onda designada para transmitir en subida o ascendente como se muestra en la Figura 36-4.



**Figura 36-4.** Señal de la ONT obtenida mediante el software de simulación

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

La señal recibida por la OLT es más pequeña que la de las transmisiones de subida (hasta 2Gbps), se examina de forma clara que la señal no sufre alteraciones en el trayecto como se puede observar en la Figura 37-4.



**Figura 37-4.** Señal recibida de la OLT obtenida mediante el software de simulación

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

#### 4.4.2 Factor Q y BER

Los bits erróneos y recibidos correctamente son los que conforman el BER, mientras el factor Q está formado por los factores como: la atenuación, dispersión y sobre todo el ruido que es originado por el sistema. Para visualizar estos factores se utiliza el BER Analyzer, en donde se aprecian los índices de tasas de error de bits y el factor de calidad.

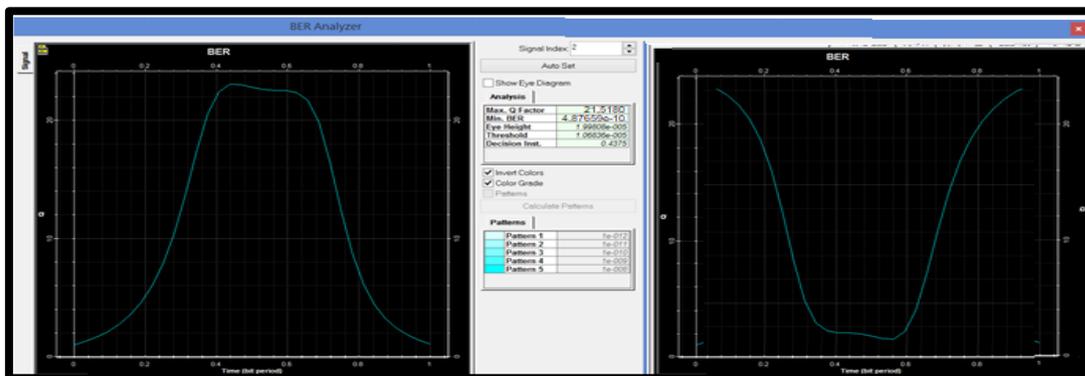
Los valores del factor Q y del BER de las señales de audio, video y datos son recibidos por las ONTs de los usuarios (más cercano y más lejano) de cada una de las zonas, en donde se enfatiza que el valor referencial del factor Q es de 6.4637 y el valor mínimo del BER es de e-028 (que está establecido en el estándar), como se puede apreciar en la Tabla 20-4.

**Tabla 20-4:** Valores del BER y Factor Q para la Zona 2

Usuario	Factor Q	BER
<b>Audio y datos</b>		
Más Cercano	21,5180	4,87659e-104
Más Lejano	20,2222	3,13325e-090
<b>Video</b>		
Más Cercano	23,8154	8,17247e-118
Más Lejano	21,7411	3,98526e-115

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

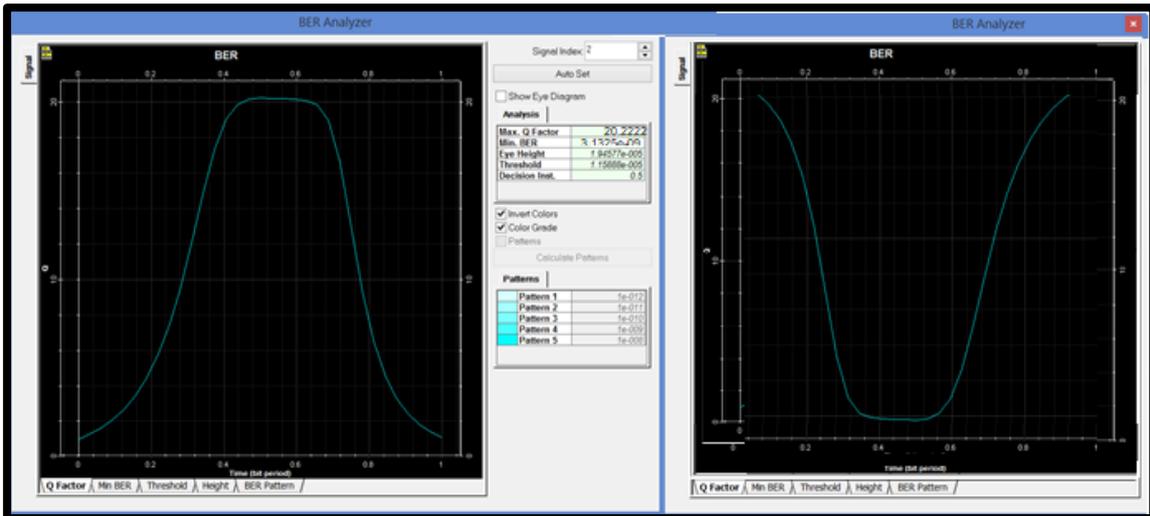
Los valores obtenidos de la simulación realizada en el software, permiten concluir que la transmisión es óptima en la zona dos y el Factor Q es más alto que la referencia; mientras que el valor del BER es mínimo, lo que quiere decir que por cada mil millones de miles de bits transmitidos existirá de uno a tres bits errados. El Factor Q es de 21,5180 y el valor BER mínimo es de 4,87659e-104 y corresponden al usuario más cercano como se muestra en la figura 38-4.



**Figura 38-4.** Gráficas del factor Q y BER del usuario más cercano

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

El valor del Factor Q es de 20,2222 y el valor del mínimo BER es de 3,13325e-090 y corresponden al usuario más lejano como se muestra en la figura 39-4.

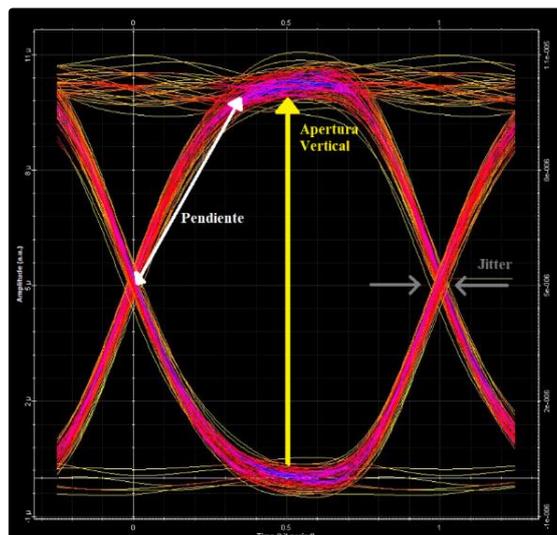


**Figura 39-4.** Gráficas del factor Q y BER del usuario más lejano

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

#### 4.4.3 Diagrama de Ojo

El diagrama de Ojo es un patrón que está diseñado para mostrar las diferentes combinaciones de ceros, unos y la cantidad de bits establecidos, visualizando las propagaciones de pulsos a través de la fibra óptica. Mientras mejor sea el diagrama de ojo, mejor es la comunicación y la transmisión de datos, en consecuencia la señal que llega a las ONTs de los usuarios es de mejor calidad. El diagrama de ojo está formada por tres partes: apertura vertical, pendiente y Jitter como se muestra en la Figura 40-4.

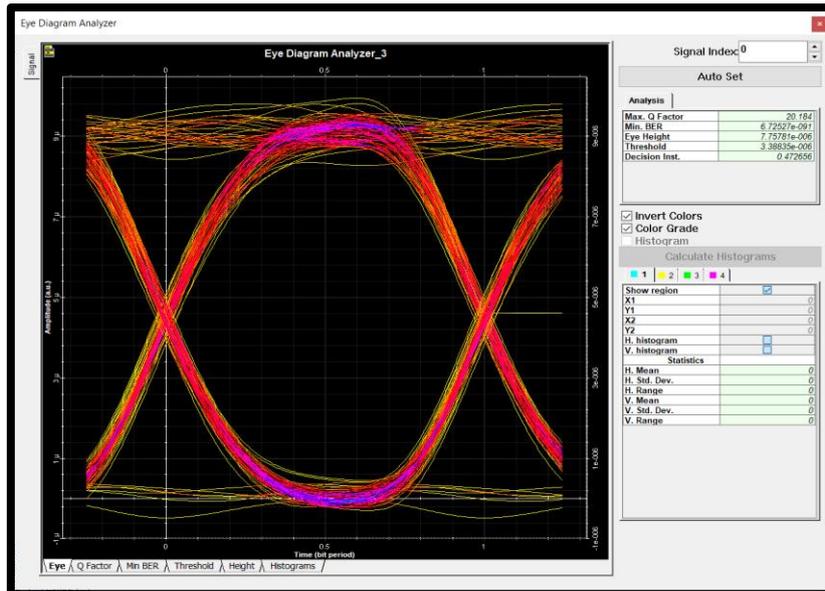


**Figura 40-4.** Esquema de las partes básicas de un diagrama de ojo tradicional

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

La transmisión en la sección vertical contiene ruido o errores, mientras mayor sea la apertura vertical mayor será mayor inmunidad frente al ruido.

Por otra parte la pendiente del ojo dependerá de la apertura vertical y horizontal, cuanto mayor sea la pendiente mayor sensibilidad a errores se presentará en el instante de realizar la recuperación de sincronismo. El jitter debe estar ubicado lo más cercano a los valores de 0 y 1, cuando más pequeño es, menos afectación a la transmisión de la señal.

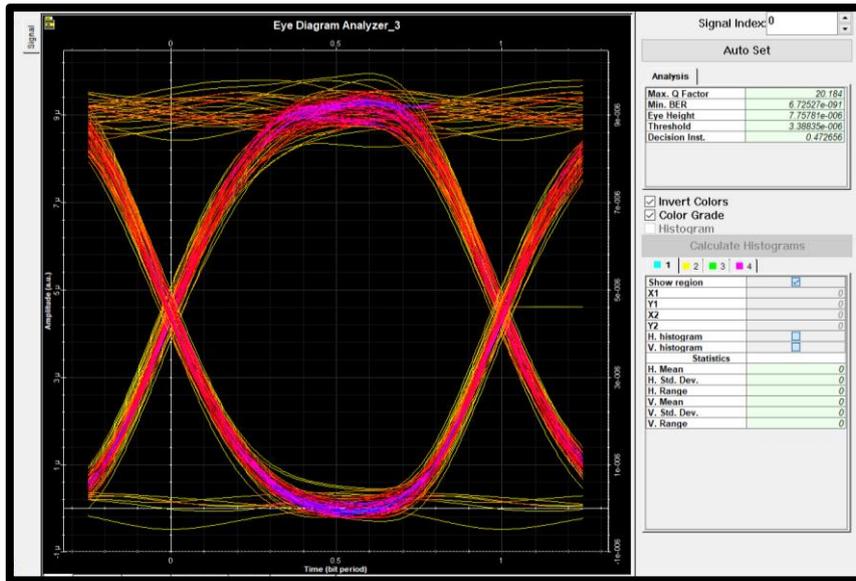


**Figura 41-4.** Diagrama de ojo de la transmisión con valores obtenidos en la simulación

**Realizado por:** Bedón Bonilla, José, 2022.

El diagrama de ojo de la figura 41-4 muestra malas características en la red. Pertenece al usuario más lejano de la red, en donde la apertura del ojo es de  $0,872878 \mu\text{m}$ . Este valor demuestra que empieza a presentarse interferencia Inter simbólica (ISI) mínima, lo que aumenta la posibilidad de errores de bits, en este caso el BER es de  $3,98526e115$ , el cual es muy pequeño.

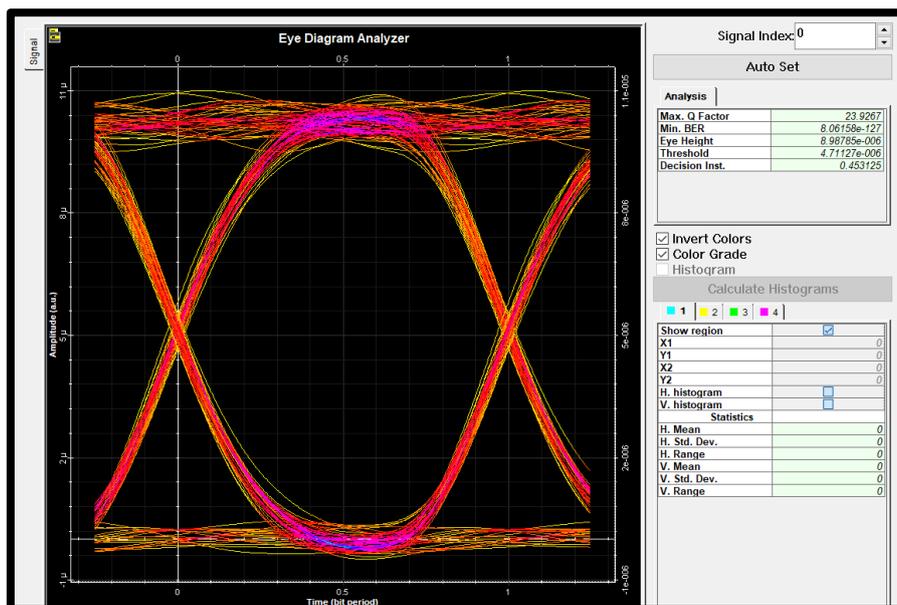
El jitter cuenta con un ancho de 0,065 donde existe una posibilidad muy mínima de presentarse afectación en la transmisión de la señal.



**Figura 42-4.** El peor Diagrama de Ojo del usuario más lejano de la red  
**Realizado por:** Bedón Bonilla, José, 2022.

El diagrama de ojo con las mejores condiciones, tiene una apertura vertical de  $0,88551 \mu\text{m}$ . Se puede observar que la pendiente es mayor que el de la figura 43-4, indicando que el sistema cuenta con mayor sensibilidad a errores al momento de realizar la recuperación de sincronismo.

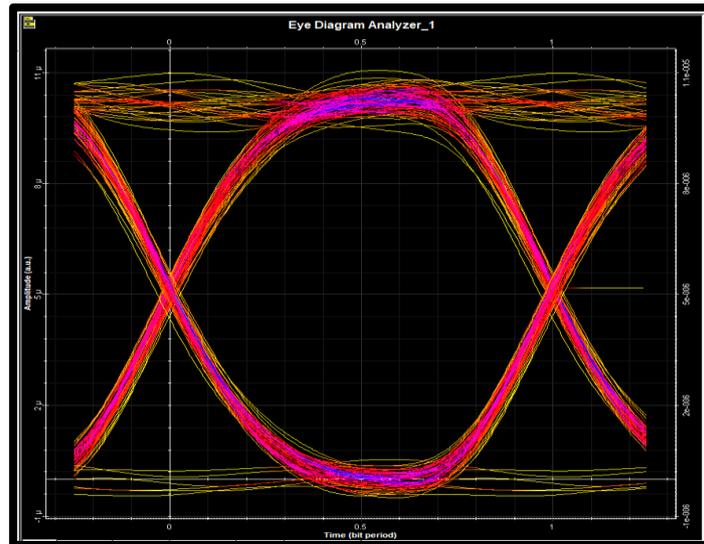
Esto demuestra que el BER es pequeño es de  $4,87659\text{e-}104$ , mientras que el jitter es de  $0,045$ , es decir, es más pequeño que en el peor diagrama de ojo, disminuyendo así la posibilidad de que llegue a afectar la transmisión de la señal, en los dos casos la señal es óptima.



**Figura 43-4.** El mejor Diagrama de Ojo obtenido de la simulación de la red  
**Realizado por:** Bedón Bonilla, José, 2022.

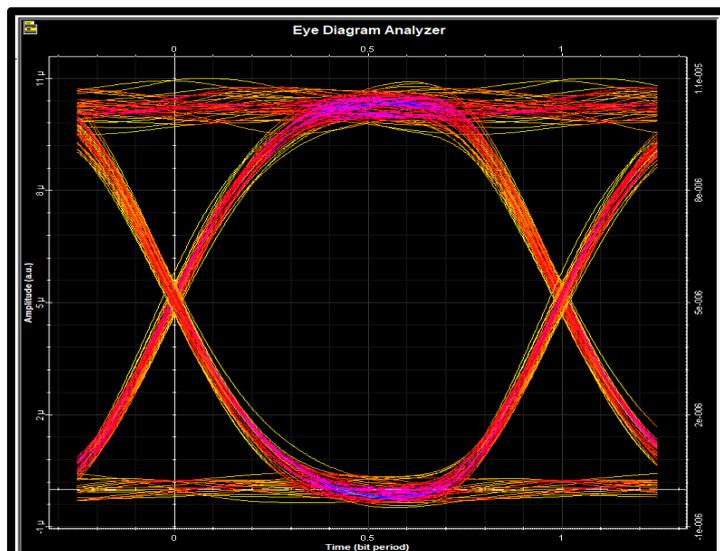
#### 4.4.3.1 Diagrama de Ojo de Usuario más cercano

Los diagramas de ojo obtenidos de las simulaciones en los equipos terminales ONTs, muestran aperturas de ojo similares, debido a que se tomó en cuenta que en el diseño las distancias entre los equipos sean lo más equitativas posibles. El valor del jitter está entre 0,045 - 0,065 los errores de bits entre  $e-092$  -  $e-104$ , lo que demuestra que las señales transmitidas de audio, video y datos son óptimas, no presentan afectaciones ni distorsiones significativas.



**Figura 44-4.** Diagrama de Ojo de audio y datos del usuario más cercano

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.



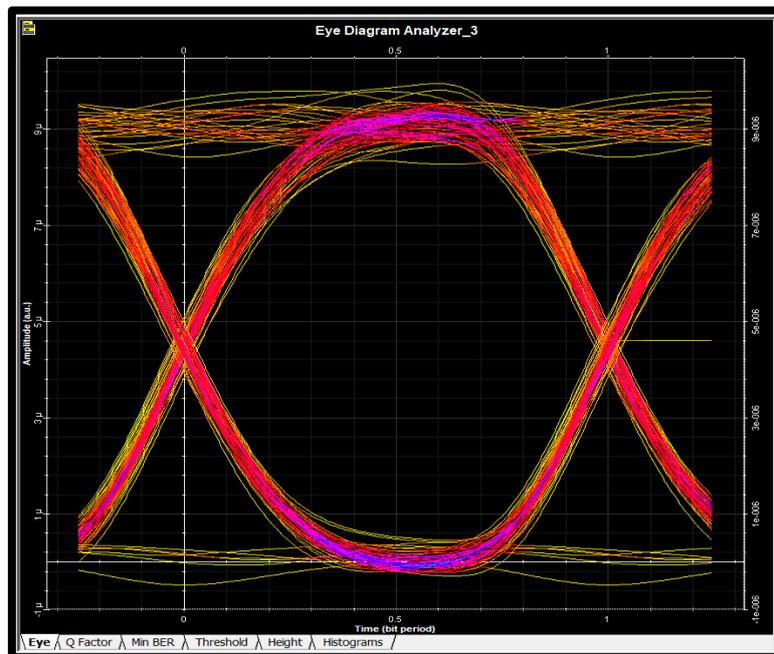
**Figura 45-4.** Diagrama de Ojo de video obtenido del usuario más cercano

Realizado por: Bedón Bonilla, José, 2022.

#### 4.4.3.2 Diagrama de Ojo de Usuario más lejano

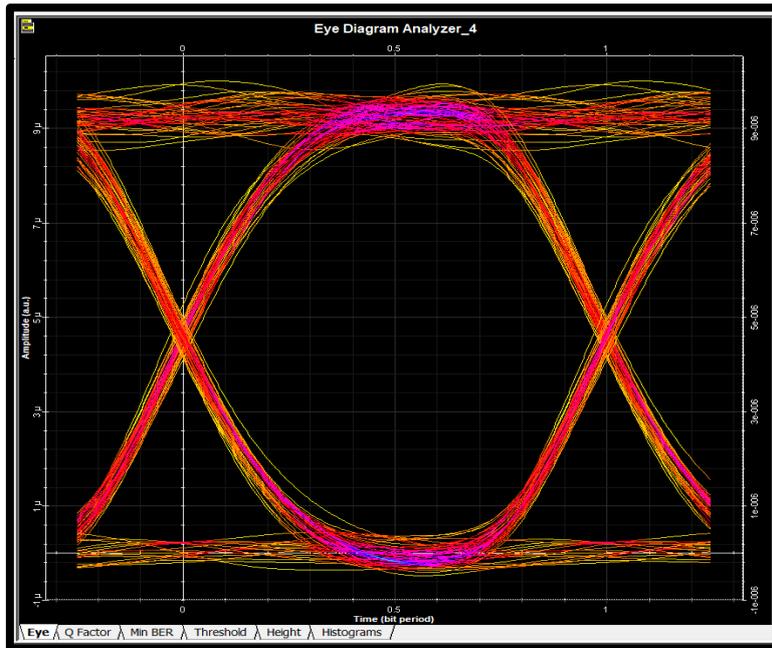
Los diagramas de ojo obtenidos del análisis de la simulación de las ONTs, presentan apertura de ojo similar, esto debido a que se tomó en cuenta el diseño que las distancias entre los equipos para las diferentes zonas sean iguales en la medida de lo posible. El valor del ancho del jitter está dentro de 0,045 - 0,065, los errores de los bits entre  $e-106$  y  $e-118$ , lo que demuestra que las señales transmitidas son óptimas, demostrando que las señales no tienen afectaciones ni distorsiones significativas.

El análisis de los diagramas de ojo del mejor y del peor escenario establecen que las aperturas verticales están entre 0,783978 a 0,88551.



**Figura 46-4.** Diagrama de Ojo de Audio y Datos del usuario más lejano

**Realizado por:** Bedón Bonilla, José, 2022.



**Figura 47-4.** Diagrama de Ojo de video obtenido del usuario más lejano

**Realizado por:** Bedón Bonilla, José, 2022.

## CONCLUSIONES

- Gracias a la recopilación de datos de satisfacción al usuario, encuestas, y el estudio de mercado, se estableció que la demanda satisfecha de los servicios ofertados en sector objeto de estudio, es del 53,04%, demostrando así la necesidad de los usuarios por adquirir servicios que actualmente se consideran básicos para el trabajo, la educación, salud, entretenimiento, entre otros.
- Por medio de la investigación conceptual se determinó que las redes convergentes, redes Triple Play permiten, reducir costos económicos, trayendo beneficios para los prestadores de servicios, los clientes y la comunidad en general. Además la pandemia de COVID-19, ha detonado el uso de herramientas digitales, tecnológicas y de comunicación, por lo tanto, se requiere de mejores servicios.
- Los datos recolectados para la determinación de demanda, establecieron que en los próximos meses el 66% de los usuarios planea contratar el servicio de Internet, el 6% el servicio de Televisión, 3% el servicio de Telefonía fija y el servicio Triple Play un 25%, lo cual determina la factibilidad económica para una futura implementación de la red.
- El software OptiSystem permitió simular, evaluar y corroborar valores de los cálculos realizados para la obtención de las pérdidas en el enlace, tomando en cuenta las peores condiciones, esto es, el usuario más cercano y el usuario más lejano, dando a conocer que los enlaces fueron óptimos.
- Se concluye que es factible la implementación de una red Triple Play en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, parroquia Atocha – Ficoa.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de la normativa de la ITU-T G.984, que con el paso de los años se han venido reformulando para usar de la mano con la tecnología GPON, redes FTTH, red de transporte las cuales permiten la corrección de errores, entre otros beneficios.
- Para la recolección de la información por medio de la técnica de aplicación de encuestas, se debe tener en cuenta si en el sector objeto de estudio se están realizando trabajos de mejoramiento o adecuaciones del municipio, empresa eléctrica, empresa de agua potable y alcantarillado, instituciones públicas o privadas o alguna situación de fuerza mayor, para evitar inconvenientes o retrasos en las actividades previamente establecidas y obtener resultados según lo planeado.
- Cuando se utiliza el software de simulación OptiSystem es necesario realizar en primer lugar una revisión de la configuración y parámetros de cada elemento que intervienen en la simulación; activarlos o desactivarlos de ser el caso, porque se podrían presentar errores o variaciones en comparación con los valores que se obtuvieron de forma manual.
- Al momento de realizar la simulación en el programa OptiSystem se deben tomar en cuenta los peores escenarios que podrían afectar el desempeño de la red, con esto se evitan errores o imprevistos a la hora de la implementación, lo que puede desencadenar en el rediseño e incremento en el presupuesto óptico y económico de la red.
- Se recomienda la implementación de una red Triple Play a futuro o en una siguiente etapa de esta investigación, en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, parroquia Atocha – Ficoa con arquitectura flexible para optimizar recursos en planta interna.

## GLOSARIO

**Backbone:** Línea o conjunto de líneas de transmisión que transportan datos recolectados de líneas más pequeñas que con las que se interconecta para tener conexión de red de área amplia o dentro de una red de área local, para abarcar distancias de manera eficiente. (Computer Weekly Es, 2021)

**Convergente:** Las redes convergentes o multiservicio hacen referencia a la integración de los servicios de voz, datos y video sobre una sola red basada en IP como protocolo de nivel de red. (Mejía Fajardo, 2004)

**Deflexión:** Desviación de la dirección de un fluido, corriente o del haz de luz, que transporta algún tipo de información. (Real academia Española, 2021)

**Elemento pasivo:** Que no requiere de energía o corriente eléctrica para poder funcionar adecuadamente.

**Escalabilidad:** Capacidad de adaptación y respuesta de un sistema con respecto al rendimiento del mismo a medida que aumentan de forma significativa el número de usuarios del mismo. (Junta de Andalucía, 2022)

**Infraestructura:** Conjunto de instalaciones, servicios y medios técnicos físicos o lógicos que soportan el desarrollo de actividades. (Ferrovia, 2021)

**Interferencia:** Señal que interrumpe un sonido, imagen o dato, e impide que llegue bien hasta su receptor. (Diccionario facil, 2016)

**Micrón:** Unidad de longitud equivalente a la milésima parte de un milímetro o a la millonésima parte de un metro. (Wiktionary, 2018)

**Modulación:** Transmisión de información cambiando las propiedades de una forma de onda (señal portadora) con una señal moduladora que contiene la información. (Festo, 2022)

**Monomodo:** Modo de los cables para la comunicación por fibra óptica. Consiste en un núcleo de 9 micras de diámetro de hebras de vidrio, que permite un solo haz de luz. (Patchbox, 2022)

**Multimodo:** Modo de los cables para la comunicación por fibra óptica. Consiste en un núcleo mucho mayor de 9 micras de diámetro de hebras de vidrio, que permite varios haces de luz. (Patchbox, 2022)

**Multiplexar:** Forma de enviar múltiples señales o flujos de información a través de un enlace de comunicaciones al mismo tiempo en forma de una única y compleja señal. (Universidad Viu, 2022)

**Nodo:** Cada uno de los elementos de una lista enlazada, un árbol o un grafo en una estructura de datos. Cada nodo tiene sus propias características y cuenta con varios campos; al menos uno de éstos debe funcionar como punto de referencia para otro nodo. (Definicion de, 2022)

**Portador:** Servicios de telecomunicaciones que proporcionan la capacidad necesaria para la transmisión de señales entre puntos de terminación definidos de red. (Consejo Nacional de Telecomunicaciones CONATEL, 2001)

**Refracción:** La refracción es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro. Sólo se produce si la onda incide oblicuamente sobre la superficie de separación de los dos medios y si éstos tienen índices de refracción distintos. (Gobierno de Canarias, 2011)

**Valor agregado:** Valor añadido, cuando a un producto se le agregan características extras a las que tiene con el fin de darle mayor valor comercial y lograr cierta diferencia para el que lo aplica. (Valdéz, 2013)

## BIBLIOGRAFÍA

- Alfatelecom. (10 de febrero de 2019). *Alfatelecom*. Obtenido de <https://www.alfatelecom.mx/punto-a-multipunto/>
- Black Box Mexico. (18 de julio de 2022). *Black Box*. Obtenido de <https://www.blackbox.com.mx/mx-mx/page/28535/Recursos/Technical/black-box-explica/Fibre-Optic-Cable/Cable-de-fibra-optica-multimodo-vs-monomodo>
- Cadena, L. F. (10 de abril de 2004). *Repositorio Digital Univerdidad del cauca*. Obtenido de <http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/bitstream/handle/123456789/2111/Anexo%20B.%20Gestion%20de%20Redes%20opticas.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Cardozo, J. (02 de junio de 2006). *Monografias.com*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos33/telecomunicaciones/telecomunicaciones>
- Comercio y Justicia Editores. (11 de 01 de 2021). *Comercio y Justicia*. Obtenido de <https://comercioyjusticia.info/pymes/por-que-la-conectividad-digital-es-indispensable-para-las-startups-en-latinoamerica/>
- Computer Weekly Es. (01 de abril de 2021). *Computer Weekly*. <https://www.computerweekly.com/es/definicion/Backbone>
- Comunidad de programadores. (01 de octubre de 2020). *LWP Comunidad de programadores*. Obtenido de <https://www.lawebdelprogramador.com/diccionario/Cladding/>
- Consejo Nacional de Telecomunicaciones CONATEL. (2001). *REGLAMENTO PARA LA PRESTACION DE SERVICIOS*. Consejo Nacional de Telecomunicaciones CONATEL.
- Cruz Naula, N. E. (05 de abril de 2019). *Repositorio ESPOCH*. Obtenido de Diseño de una red FTTx utilizando estándar G.984.x para proveer servicio Triple Play en la zona urbana del cantón Chambo: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11020>
- Definicion de. (02 de junio de 2022). *Definicion de*. <https://definicion.de/nodo/>
- Diccionario facil. (10 de enero de 2016). *Diccionario facil*. Interferencia: <http://diccionariofacil.org/diccionario/I/interferencia-1.html>
- Enredados. (02 de mayo de 2013). *Enredados*. Obtenido de Elementos de Práctica Optisystem: <http://enredados2012.blogspot.com/2013/05/elementos-de-practica-optisystem.html>
- Ferrovial. (27 de septiembre de 2021). *Ferrovial*. <https://www.ferrovial.com/es/recursos/infraestructura/>
- Festo. (15 de abri de 2022). *Festo*. Procesamiento de datos y modulación: [https://www.festo.com/co/es/e/educacion/sistemas-de-aprendizaje/tecnologia-de-comunicacion-y-radares/procesamiento-y-modulacion-de-datos-id\\_32970/#:~:text=La%20modulaci%C3%B3n%20es%20la%20transmisi%C3%B3n,una%20gran%20demanda%20de%20formaci%C3%B3n.](https://www.festo.com/co/es/e/educacion/sistemas-de-aprendizaje/tecnologia-de-comunicacion-y-radares/procesamiento-y-modulacion-de-datos-id_32970/#:~:text=La%20modulaci%C3%B3n%20es%20la%20transmisi%C3%B3n,una%20gran%20demanda%20de%20formaci%C3%B3n.)

- FS Community. (22 de octubre de 2018). *FS Community*. Obtenido de Análisis de PON: Qué es OLT, ONU, ONT y ODN: <https://community.fs.com/es/blog/abc-of-pon-understanding-olt-onu-ont-and-odn.html>
- FS community. (13 de julio de 2021). *FS community*. Obtenido de Conocimientos básicos del distribuidor de fibra óptica (ODF): <https://community.fs.com/es/blog/basic-of-optical-distribution-frame-odf.html>
- Gobierno de Canarias. (18 de enero de 2011). *Gobierno de Canarias*. Recursos educativos digitales para Educación Infantil y Primaria: <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoescuela/recursoseducativos/2011/01/18/reflexion/#:~:text=La%20refracci%C3%B3n%20es%20el%20cambio,tienen%20%C3%ADndices%20de%20refracci%C3%B3n%20distintos.>
- Grupo Elektra. (02 de diciembre de 2021). *Grupo Elektra*. Obtenido de Soluciones GPON con una sola fibra óptica: <https://www.grupoelektra.es/blog/soluciones-gpon-con-una-fibra-optica/>
- HPE. (15 de marzo de 2018). *HPE Proliant*. Obtenido de [https://www.hpe.com/psnow/doc/a00053821enw.pdf?jumpid=in\\_pdp-psnow-qs](https://www.hpe.com/psnow/doc/a00053821enw.pdf?jumpid=in_pdp-psnow-qs)
- Huawei. (17 de julio de 2022). *Support Huawei*. Obtenido de <https://support.huawei.com/enterprise/es/optical-access/smartax-ma5800-pid-21484577>
- Iglesias Fraga, A. (21 de febrero de 2019). *Computer Hoy*. Obtenido de ¿Qué significan las siglas FTTH, FTTC o FTTS de tu fibra óptica?: <https://computerhoy.com/reportajes/tecnologia/significan-siglas-ftth-fttc-ftts-fibra-optica-377091>
- ITCA Escuela de computación. (17 de febrero de 2014). *ITCA*. Obtenido de [https://virtual.itca.edu.sv/Mediadores/irmfi1/IRMFI\\_15.htm](https://virtual.itca.edu.sv/Mediadores/irmfi1/IRMFI_15.htm)
- ITU-T. (2016). *ITU-T G-series Recommendations – Supplement 39 (2016), Optical system design and engineering considerations*. ITU-T.
- ITU-T. (2022). *G.983.1: Broadband optical access systems based on Passive Optical Networks (PON)*. ITU-T.
- ITU-T. (2022). *G.983.2: ONT management and control interface specification for B-PON*. ITU-T.
- ITU-T. (2022). *G.987: 10-Gigabit-capable passive optical network (XG-PON) systems: Definitions, abbreviations and acronyms*. ITU-T.
- Junta de Andalucía. (01 de enero de 2022). *Marco de Desarrollo de la Junta de Andalucía*.

- <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2332462#:~:text=Las%20redes%20convergentes%20o%20redes,protocolo%20de%20nivel%20de%20red.>
- Juste, Marta;. (10 de 02 de 2021). *Expansión*. Obtenido de <https://www.expansion.com/economia-digital/innovacion/2021/02/10/6022c89de5fdea59448b459b.html>
- Laumayer. (01 de marzo de 2021). *Conozca las diferencias entre el cable de fibra óptica monomodo y el cable fibra óptica Multimodo*. Obtenido de <https://laumayer.com/novedades-y-publicaciones/2021-marzo/conozca-las-diferencias-cable-fibra-optica-monomodo-cable-fibra-optica-multimodo/>
- LPS Ingenieria. (08 de octubre de 2012). *LPS*. Obtenido de [https://lpsingenieria.com/fiber-optic/#:~:text=Envoltura%20primaria%20\(Coating%20o%20Jacket,refracci%C3%B3n%20\(Leyes%20de%20Snell\).](https://lpsingenieria.com/fiber-optic/#:~:text=Envoltura%20primaria%20(Coating%20o%20Jacket,refracci%C3%B3n%20(Leyes%20de%20Snell).)
- Mikrotik. (12 de octubre de 2021). *Mikrotik*. Obtenido de MikroTik Routers and Wireless - Products: <https://mikrotik.com/products>
- Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. (13 de mayo de 2016). *MINTEL*. Obtenido de Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/sabe-para-que-sirve-la-fibra-optica/#:~:text=Lo%20primero%20que%20debe%20tener,de%20luz%20en%20frecuencias%20diferentes.>
- Molina Zúñiga, E. D. (06 de noviembre de 2014). *Repositorio Virtual Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7559/6/UPS%20-%20ST001322.pdf>
- Monografias. (05 de enero de 2011). *Monografias*. Obtenido de Soluciones de integridad de señal para el diseño de hardware de alta velocidad: <https://www.monografias.com/trabajos102/soluciones-integridad-senal/soluciones-integridad-senal>
- Openmind BBVA. (17 de marzo de 2014). *Openmind BBVA*. Obtenido de El impacto de internet en la sociedad: una perspectiva global: <https://www.bbvaopenmind.com/articulos/el-impacto-de-internet-en-la-sociedad-una-perspectiva-global/>
- Optictimes. (09 de diciembre de 2018). *Optictimes*. Obtenido de Fiber Optic PLC Splitter: <https://www.ftthtec.com/gepon/ftth-steel-tube-type-plc-splitter-module.html>
- Optiwave. (02 de octubre de 2020). *Optiwave Photonic Software*. Obtenido de <https://optiwave.com/>
- Pavón Serrano, L. (26 de octubre de 2018). *Linkedin*. Obtenido de ¿Qué significa FTTx, FTTH, FTTO, FTTR, FTTD...?: <https://es.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-significa-fttx-ftth-ftto-fttr-fttd-leandro-pav%C3%B3n->



Valdéz, G. (08 de julio de 2013). *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*.

<https://inta.gob.ar/noticias/que-significa-agregar-valor>

VIAVI Solutions Inc. (11 de 01 de 2020). *VIAVI*. Obtenido de [https://www.viavisolutions.com/es-](https://www.viavisolutions.com/es-es/red-optica-pasiva-pon)

[es/red-optica-pasiva-pon](https://www.viavisolutions.com/es-es/red-optica-pasiva-pon)

Wiktionary. (17 de noviembre de 2018). *Wiktionario*.

<https://es.wiktionary.org/wiki/micr%C3%B3n>

XXXAMIN. (23 de octubre de 2018). *XXXAMIN*. Obtenido de ANÁLISIS DE PON: Qué es

OLT, ONU, ONT y ODN: [https://xxxamin1314.medium.com/an%C3%A1lisis-de-pon-](https://xxxamin1314.medium.com/an%C3%A1lisis-de-pon-qu%C3%A9-es-olt-onu-ont-y-odn-8e78eb25e4bb)

[qu%C3%A9-es-olt-onu-ont-y-odn-8e78eb25e4bb](https://xxxamin1314.medium.com/an%C3%A1lisis-de-pon-qu%C3%A9-es-olt-onu-ont-y-odn-8e78eb25e4bb)

*ZC Mayoristas*. (05 de junio de 2022). Obtenido de <https://zcmayoristas.com/zcwebstore/>

## ANEXOS

### ANEXO A. ENCUESTA REALIZADA A LOS USUARIOS DEL BARRIO ATOCHA



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**ESCUELA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES**

**Objetivo:** Conseguir información de cuantos usuarios tienen adquirido el servicio de Triple Play en el barrio Atocha.

**Instrucciones:** Marque con una X la opción elegida

Información correcta y verdadera

1.- ¿Cuál de los siguientes servicios de Triple Play (Internet, Televisión y Telefonía Fija) utiliza en su hogar? Marque la respuesta

Internet	
Internet + Televisión	
Internet + Telefonía Fija	
Internet + Televisión + Telefonía Fija	
Televisión	
Televisión + Telefonía Fija	
Telefonía Fija	
Ninguna	

2.- Si usted respondió Ninguna en la pregunta N.- 1 ¿Usted tiene pensado contratar algún servicio o el Triple Play en un futuro?

Triple Play	
Internet	
Televisión	
Telefonía Fija	

3.- ¿Qué empresa le brinda los servicios antes mencionados Internet, Televisión y Telefonía?

CNT	
TV CABLE	
CB VISION	
OTRO	

4.- ¿Qué valor aproximado cancela por los servicios contratados?

10 – 30	35 – 45	Más de 50

5.- ¿Qué tipo de servicio contratado tiene Residencial o Empresarial?

Residencial	Empresarial

6.- ¿Cuántos dispositivos se conectan en su hogar?

1 equipo	
2-4 equipos	
Más de 5 equipos	

7.- ¿Qué grado de satisfacción tiene con el servicio contratado por la operadora?

Excelente	
Muy Bueno	
Bueno	
Malo	
Pésimo	

8.- ¿Usted tuvo algún problema con el servicio contratado?

Mala Calidad	
Tiempo de Respuesta	
Sin señal	
Ninguna	

9.- ¿Cuál de las siguientes características considera lo más importante en el servicio contratado?

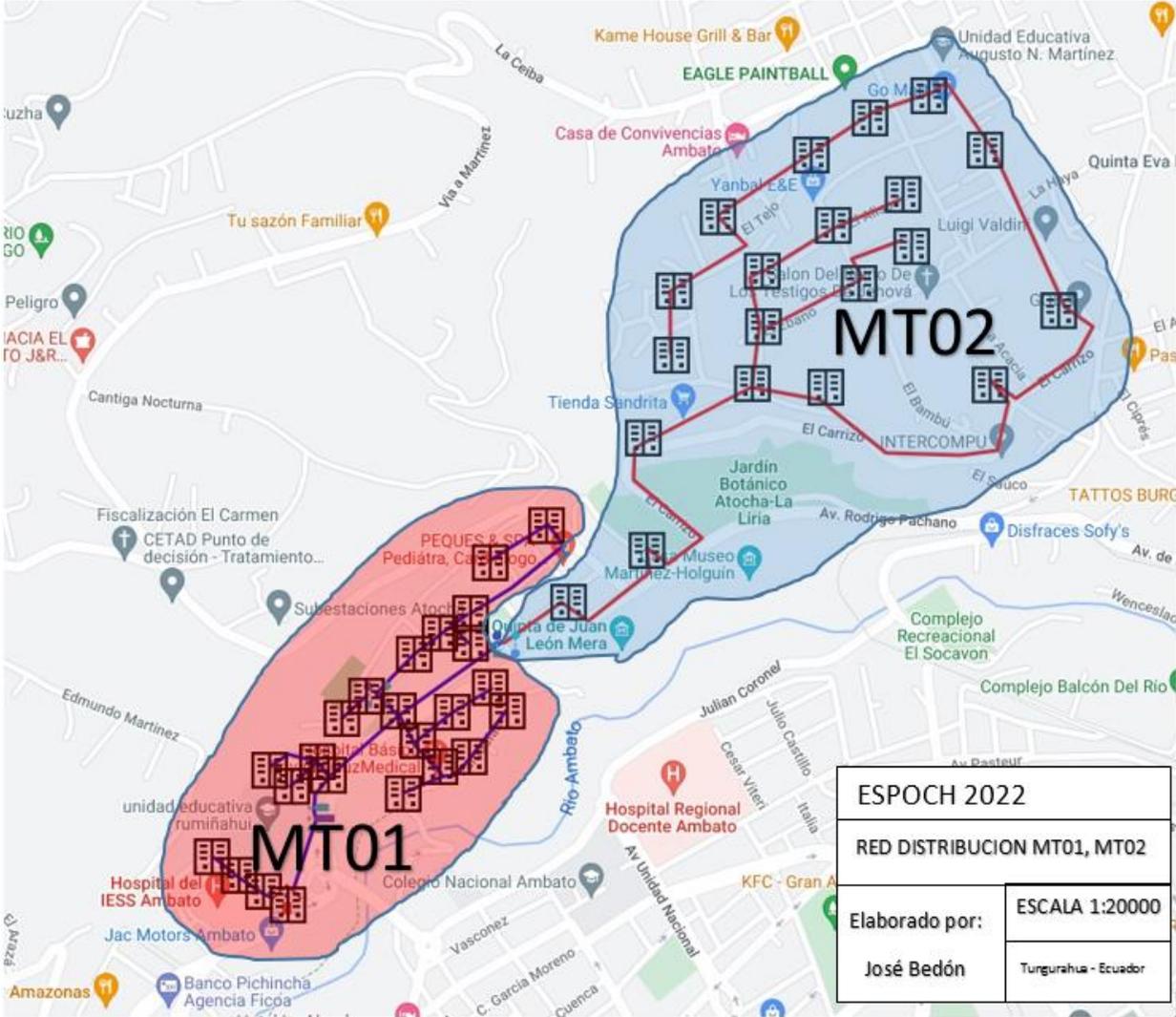
Calidad y Nitidez	
Velocidad	
Seguridad	
Disponibilidad	

10.- ¿Usted ha tenido problemas con la conexión en algunos de los servicios contratados?

Siempre	
Casi Siempre	
A veces	
Nunca	

Gracias por su colaboración.

ANEXO B. PLANO DE RED



## ANEXO C. ANÁLISIS FINANCIERO – PLAN DE INVERSIÓN A 5 AÑOS

### 1. PROYECCIÓN REMUNERACIONES A 5 AÑOS

DATOS PARA CÁLCULOS DE REMUNERACIONES	
Sueldo Básico 2022 (USD)	425
Incremento Salarial %	6,25
Décimo Tercer	1 sueldo
Décimo Cuarto	1 sueldo
Fondo de Reserva	1 sueldo
Porcentaje Individual seguro IESS Empleado	9,45
Porcentaje Patronal seguro 11,15% + CCC 1%	12,15

A partir del Año 2 se considera el incremento anual salarial, que en este caso es del 6,25%, establecido por el Ministerio de trabajo.

Acuerdo Ministerial N: ACUERDO MINISTERIAL No. MDT-2021-276 de fecha 21 de diciembre del 2021.

Fuente: <https://www.trabajo.gob.ec>

VALORES MENSUALES	DIRECTOR	SECRETARIA	TÉCNICO DE FIBRA ÓPTICA	TECNICO DE PLANTA EXTERNA
Sueldo base Jornada Completa	650,00	475,00	475,00	480,00
Fondo de Reserva	650,00	475,00	475,00	480,00
Fondo de Reserva Mensual	54,17	39,58	39,58	40,00
9,45 % IESS Individual	61,43	44,89	44,89	45,36
12,15% IESS Patronal	78,98	57,71	57,71	58,32
Décimo 3er Sueldo Mensual	54,17	39,58	39,58	40,00
Décimo 4to Sueldo Mensual	35,42	35,42	35,42	35,42
Vacaciones Mensual	27,08	19,79	19,79	20,00

Gastos en Remuneración Mensual	DIRECTOR	SECRETARIA	TÉCNICO DE FIBRA ÓPTICA	TECNICO DE PLANTA EXTERNA
Mensual Año 1	845,64	627,50	627,50	633,74
Mensual Año 2	956,05	708,78	708,78	715,85
Mensual Año 3	1.015,80	753,08	753,08	760,59
Mensual Año 4	1.079,29	800,15	800,15	808,12
Mensual Año 5	1.146,74	850,16	850,16	858,63

Gastos en Remuneración Anualizado	DIRECTOR	SECRETARIA	TÉCNICO DE FIBRA ÓPTICA	TECNICO DE PLANTA EXTERNA
Año 1	10.147,70	7.530,05	7.530,05	7.604,84
Año 2	11.472,56	8.505,37	8.505,37	8.590,14
Año 3	12.189,59	9.036,95	9.036,95	9.127,03
Año 4	12.951,44	9.601,76	9.601,76	9.697,47
Año 5	13.760,91	10.201,87	10.201,87	10.303,56

### Total remuneraciones

Total Año 1	Total Año 2	Total Año 3	Total Año 4	Total Año 5
32.812,64	37.073,44	39.390,52	41.852,43	44.468,21

## 2. PROYECCIÓN DE COSTOS Y GASTOS A 5 AÑOS

Inflación junio 2022 =1.66

### 2.1 COSTOS (USD)

Descripción de Costos	Mensual aprox.	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
2.1.1 Operación y Mantenimiento de Equipos	100,00	1.200,00	1.219,92	1.240,17	1.260,76	1.281,69
2.1.2 Instalación de Equipos		15.000,00	10.000,00	3.000,00	5.000,00	3.000,00
<b>2.1.3 Remuneraciones</b>		<b>15.134,89</b>	<b>17.095,51</b>	<b>18.163,98</b>	<b>19.299,23</b>	<b>20.505,43</b>
2.1.4 Arrendamiento de infraestructura	250,00	3.000,00	3.049,80	3.100,43	3.151,89	3.204,22
2.1.5 Tarifas por Concesión		500,00	-	-	-	-
2.1.6 Tarifas Mensuales (Megs de internet y Canales de TV)	1.000,00	12.000,00	12.199,20	12.401,71	12.607,58	12.816,86
2.1.7 Otros Costos	100,00	1.200,00	1.219,92	1.240,17	1.260,76	1.281,69
<b>Total Costos:</b>		<b>48.034,89</b>	<b>44.784,35</b>	<b>39.146,45</b>	<b>42.580,21</b>	<b>42.089,88</b>

A partir del año 2 se considera un incremento de 1.66% correspondiente a la inflación,

### 2.2 GASTOS (USD)

Descripción de Gastos	Mensual aprox.	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>2.2.1 Remuneraciones</b>		<b>17.677,75</b>	<b>19.977,93</b>	<b>21.226,54</b>	<b>22.553,20</b>	<b>23.962,78</b>
2.2.2 Mantenimiento de Oficinas	80,00	960,00	975,94	992,14	1.008,61	1.025,35
2.2.3 Servicios Básicos y Comunicaciones	200,00	2.400,00	2.439,84	2.480,34	2.521,52	2.563,37
2.2.4 Impuestos, Tasas y Contribuciones	120,00	1.440,00	1.463,90	1.488,20	1.512,91	1.538,02
2.2.5 Marketing y Publicidad	200,00	2.400,00	2.439,84	2.480,34	2.521,52	2.563,37
2.2.6 Otros Gastos	100,00	1.200,00	1.219,92	1.240,17	1.260,76	1.281,69
<b>Total Gastos:</b>		<b>26.077,75</b>	<b>28.517,37</b>	<b>29.907,73</b>	<b>31.378,50</b>	<b>32.934,58</b>

	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
<b>Total Costos y Gastos</b>	<b>74.112,64</b>	<b>73.301,72</b>	<b>69.054,19</b>	<b>73.958,71</b>	<b>75.024,46</b>

## 2.3 Equipos (USD)

<b>2.3.1 Precios unitarios Proyectados</b>					
<b>Equipo</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
Router de borde	1600,00	1626,56	1653,56	1681,01	1708,91
Switch	130,00	132,16	134,35	136,58	138,85
UPS	256,00	260,25	264,57	268,96	273,42
Manga de fibra armada con splitter	68,00	69,13	70,28	71,45	72,64
NAP de fibra con splitter	65,00	66,08	67,18	68,3	69,43
Fibra optica 96 hilos	0,9	0,91	0,93	0,95	0,97
Fibra optica 48 hilos	0,56	0,57	0,58	0,59	0,6
Fibra optica drop (2 hilos)	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18
OLT	1200,00	1219,92	1240,17	1260,76	1281,69
ODF	420,00	426,97	434,06	441,27	448,60
Patchcord	3,5	3,56	3,62	3,68	3,74
Pigtail	2,5	2,54	2,58	2,62	2,66
Roseta óptica	5,5	5,59	5,68	5,77	5,87
Servidor	3650,00	3710,59	3772,19	3834,81	3898,47
Ordenador de oficina	650,00	660,79	671,76	682,91	694,25
Regletas y cables	100,00	101,66	103,35	105,07	106,81
Muebles de oficina	1200,00	2000,00			
ONT	80,00	81,33	82,68	84,05	85,45
Central telefónica	425,00	432,06	439,23	446,52	453,93
Camioneta	30000,00	30498,00	31004,27	31518,94	32042,15

**Inflación Anual**      1,66

## 2.4 Inversión

<b>Equipo</b>	<b>Año1</b>	<b>Año2</b>	<b>Año3</b>	<b>Año4</b>	<b>Año5</b>
Router de borde	1600,00	1626,56		1681,01	
Switch	130,00			136,58	
UPS	256,00			268,96	
Manga de fibra armada con splitter	680,00	691,3	702,80	714,50	726,40
NAP de fibra con splitter	650,00	660,8	671,80	683,00	694,30
Fibra optica 96 hilos	900,00	910,00	930,00	950,00	970,00
Fibra optica 48 hilos	560,00	570,00	580,00	590,00	600,00
Fibra optica drop (2 hilos)	140,00	150,00	160,00	170,00	180,00
OLT	1200,00	1219,92			1281,69
ODF	420,00				448,60
Patchcord	168,00				179,52
Pigtail	662,50	215,90	196,08	204,36	210,14
Roseta óptica	1457,50	475,15	431,68	450,06	463,73
Servidor	3650,00				3898,47
Ordenador de oficina	650,00				694,25
Regletas y cables	200,00	203,32	206,70		213,62
Muebles de oficina	1200,00	2000,00			
ONT/CPE	21200,00	6913,05	6283,68	6555,90	6750,55
Central telefónica	425,00			446,52	
Camioneta	30000,00				
<b>Total Anual (USD)</b>	<b>66.149,00</b>	<b>15.636,00</b>	<b>10.162,74</b>	<b>12.404,37</b>	<b>17.311,27</b>

**INVERSION INICIAL 66.149,00 USD**

## 2.5 Depreciación

Equipo	Porcentaje	Estimado
Router de borde	33,33%	\$ 533,28
Switch	33,33%	\$ 43,33
UPS	33,33%	\$ 85,32
Manga De Fibra Armada Con Splitter	10,00%	\$ 68,00
NAP de fibra con splitter	10,00%	\$ 65,00
Fibra optica 96 hilos	10,00%	\$ 90,00
Fibra optica 48 hilos	10,00%	\$ 56,00
Fibra optica drop (2 hilos)	10,00%	\$ 14,00
OLT	33,33%	\$ 399,96
ODF	10,00%	\$ 42,00
Patchcord	10,00%	\$ 16,80
Pigtail	10,00%	\$ 66,25
Roseta óptica	10,00%	\$ 145,75
Servidor	33,33%	\$ 1.216,55
Ordenador de oficina	33,33%	\$ 216,65
Regletas y cables	10,00%	\$ 20,00
Muebles de oficina	10,00%	\$ 120,00
ONT/CPE	10,00%	\$ 2.120,00
Central telefónica	10,00%	\$ 42,50
Camioneta	10,00%	\$ 3.000,00
	<b>Total</b>	<b>\$ 8.361,38</b>

Depreciación anual	Total
<b>AÑO 1</b>	\$ 8.361,38
<b>AÑO 2</b>	\$ 8.500,18
<b>AÑO 3</b>	\$ 8.641,29
<b>AÑO 4</b>	\$ 8.784,73
<b>AÑO 5</b>	\$ 8.930,56

## 3. INGRESOS

### 3.1 Estudio de mercado

Hogares con servicio de internet a nivel nacional

Servicio de Internet	2010	2020	2022
Porcentaje Anual	11,80%	49,29%	53,04%

Fuente: Ecuador en cifras - Principales Resultados DICE, por años consultados

Datos Generales	Valores
Proyección Población ATOCHA- FICOA, AMBATO 2022	43.566,35
Personas por hogar ATOCHA- FICOA, AMBATO	3,45
Hogares en ATOCHA- FICOA, AMBATO 2022 (Aprox.)	12.627,93

PROYECCIONES	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Proyección de Hogares ATOCHA- FICOA, AMBATO	12.627,93	12.793,02	12.960,26	13.129,70	13.301,35
PROMEDIO DE HOGARES CON INTERNET %	53,04%	53,04%	53,04%	53,04%	53,04%
DEMANDA SATISFECHA	6.697,85	6.785,42	6.874,12	6.963,99	7.055,03
DEMANDA INSATISFECHA	5.930,07	6.007,60	6.086,14	6.165,71	6.246,31
% OBJETIVO DEL MERCADO Total	<b>1.976,69</b>	<b>2.002,53</b>	<b>2.028,71</b>	<b>2.055,24</b>	<b>2.082,10</b>

**Determinación del % Objetivo del Mercado 33%**, se toma en cuenta que existen otras empresas que brindan el servicio.

### 3.2 Proyecciones de Mercado

Precios Mensuales / Anuales	
Valor Mensual USD	33,00
Valor Anual (USD)	396,00

### Precio Competencia:

Costo Plan 3Play Claro: 42,56

Fuente: <https://www.claro.com.ec/personas/servicios/servicios-hogar/todo-claro/3-play/>

PAQUETE TRIPLE PLAY					
DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
DEMANDA COBERTURA	1.976,69	2.002,53	2.028,71	2.055,24	2.082,10
DEMANDA SATISFECHA	652,31	600,76	608,61	616,57	624,63
DEMANDA INSATISFECHA	1.324,38	1.401,77	1.420,10	1.438,66	1.457,47
OBJETIVO DE MERCADO (%)	20%	25%	30%	35%	40%
DEMANDA OBJETIVO TOTAL CLIENTES	265	350	426	504	583
Aumento de clientes del 5%		85,00	76,00	78,00	79,00

### Ingresos Totales

Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
104.940,00	138.600,00	168.696,00	199.584,00	230.868,00

### 3. FACTIBILIDAD

Como se puede observar el proyecto tiene ganancias desde el primer año, por lo tanto es rentable.

Detalle	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos	104.940,00	138.600,00	168.696,00	199.584,00	230.868,00
Costos Operacionales	48.034,89	44.784,35	39.146,45	42.580,21	42.089,88
Costos de Ventas	2.400,00	2.439,84	2.480,34	2.521,52	2.563,37
Gastos Administrativos	23.677,75	26.077,53	27.427,39	28.856,99	30.371,21
Total costos gastos ventas	74.112,64	73.301,72	69.054,19	73.958,71	75.024,46
<b>Utilidad Bruta</b>	<b>22.465,98</b>	<b>56.798,09</b>	<b>91.000,52</b>	<b>116.840,56</b>	<b>146.912,98</b>
Total Depreciación Anual	8.361,38	8.500,18	8.641,29	8.784,73	8.930,56
Impuestos	1.440,00	1.463,90	1.488,20	1.512,91	1.538,02
<b>Utilidad Neta</b>	<b>12.664,59</b>	<b>46.834,01</b>	<b>80.871,03</b>	<b>106.542,92</b>	<b>136.444,40</b>

Como se puede observar en la tabla anterior desde el Año 1 se tienen ganancias, por lo tanto es un proyecto rentable.