



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

**“DISEÑO DE UNA RED GPON PARA BRINDAR SERVICIO
TRIPLE PLAY EN LA ZONA CENTRICA DE LA PARROQUIA
QUISAPINCHA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTOR:

JONATHAN EDUARDO HERNÁNDEZ GAVILANES

Riobamba – Ecuador

2023



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

**“DISEÑO DE UNA RED GPON PARA BRINDAR SERVICIO
TRIPLE PLAY EN LA ZONA CENTRICA DE LA PARROQUIA
QUISAPINCHA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTOR: JONATHAN EDUARDO HERNÁNDEZ GAVILANES

DIRECTOR: Ing. MARCO VINICIO RAMOS VALENCIA MSc.

Riobamba – Ecuador

2023

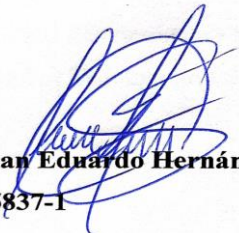
© 2023, Jonathan Eduardo Hernández Gavilanes

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

Yo, JONATHAN EDUARDO HERNÁNDEZ GAVILANES, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 24 de marzo 2023



Jonathan Eduardo Hernández Gavilanes
180475837-1

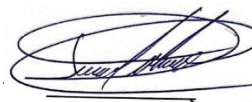
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA TELECOMUNICACIONES

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO DE UNA RED GPON PARA BRINDAR SERVICIO TRIPLE PLAY EN LA ZONA CENTRICA DE LA PARROQUIA QUISAPINCHA**, realizado por el señor: JONATHAN EDUARDO HERNÁNDEZ GAVILANES, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Paul David Moreno Avilés
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



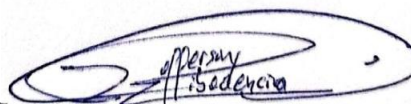
2023/03/24

Ing. Marco Vinicio Ramos Valencia
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



2023/03/24

Ing. Jefferson Alexander Ribadeneira Ramírez
ASESOR DEL TRABAJO DEL TRIBUNAL



2023/03/24

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios, por permitirme llegar hasta estos momentos de mi vida y sé que con la ayuda de él llegaré más lejos aún, a mis amados padres Livino y Zoila que gracias a su paciencia y apoyo incondicional a lo largo de toda esta etapa he logrado culminar satisfactoriamente mis estudios profesionales, a mis hermanos Rubén y Edison por ser una guía y un ejemplo a seguir en cada momento.

Jonathan

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por darme la dicha de tener a mis padres junto a mí.

A mis padres Livino y Zoila que gracias a ellos hacen posible que haya finalizado esta etapa de mi vida quienes con su apoyo incondicional y sus consejos han sabido guiarme en cada momento de mi vida. A mis hermanos Rubén y Edison por compartir sus experiencias conmigo y de esa forma ayudarme a superar cada obstáculo que se presentó en mi camino, siempre velando por mi futuro para llegar a ser un excelente profesional y gran persona.

A mi abuelita Luzmila y a mi abuelito Telmo que descansa en el cielo, a cada uno de mis tíos Roberto, Jaime, Marcelo, Cecilia, Jannethe y Mercedes por estar siempre pendiente de mi bienestar y de toda la familia.

A una nueva integrante que se unió a la familia que se convirtió en una hermana más, Jessenia gracias por cada uno de los consejos y por ser un apoyo fundamental en mi vida y nunca dejarme rendir en el camino.

A cada una de las personas que formaron parte de mi formación académica amigos y docentes gracias por brindarme un poco de su compañía y su conocimiento sin duda cada uno de ustedes aportó mucho para que hoy en día esté culminando esta etapa.

Jonathan

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Formulación del problema	4
1.3. Sistematización del problema	4
1.4. Justificación del trabajo de titulación	4
1.4.1. Justificación teórica.....	4
1.4.2. Justificación aplicativa	5
1.5. Objetivos.....	6
1.5.1. Objetivo general.....	6
1.5.2. Objetivos específicos.....	6

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Fibra óptica.....	7
2.1.1. Estructura de la fibra óptica	7
2.1.1.1. Núcleo	8
2.1.1.2. Revestimiento.....	8
2.1.1.3. Cubierta	8

2.1.2. Características de la fibra óptica	8
2.1.2.1. Características generales	8
2.1.2.2. Características mecánicas.....	9
2.1.3. Modos de transmisión	9
2.1.3.1. Fibra monomodo	9
2.1.3.2. Fibra multimodo.....	10
2.1.4. Clasificación por su índice de refracción	11
2.1.4.1. Fibra óptica monomodo de índice único	11
2.1.4.2. Fibra óptica multimodo de índice escalonado.....	11
2.1.4.3. Fibra óptica multimodo de índice gradual.....	12
2.1.5. Angulo de aceptación y cono de aceptación	13
2.1.6. Apertura numérica	16
2.1.6. Bandas de operación y ventanas de operación	16
2.1.6.1. Ventanas de transmisión.....	17
2.1.6.2. Bandas de transmisión.....	17
2.1.7. Estándares y normas técnicas de la fibra óptica	18
2.1.7. Perdidas existentes en la fibra	19
2.1.7.1. Atenuación	19
2.1.7.2. Dispersión cromática.....	20
2.1.7.3. Dispersión modal	20
2.2. Redes ópticas pasivas (PON)	21
2.2.1. APON	21
2.2.2. BPON	21
2.2.3. EPON	22
2.2.4. GPON	22
2.2.4.1. Recomendaciones GPON.....	22
2.2.4.2. Multiplexación	23
2.2.4.3. Clases que posee GPON.....	24
2.2.5. Arquitectura GPON	25

2.2.5.1. Terminal óptico de línea (OLT)	25
2.2.5.2. Red de distribución óptica (ODN)	26
2.2.5.3. Terminal óptico de red (ONT)	26
2.3. Servicio triple play	26
2.3.1. Funcionamiento	27
2.3.2. Componentes de Triple Play	28
2.3.2.1. Voz sobre IP	28
2.3.2.2. Internet	28
2.3.2.3. IP TV	28
2.3.3. Parámetros de transmisión.....	28
2.3.3.1. Factor de calidad (Q).....	29
2.3.3.2. Bit Error Rate (BER).....	29
2.3.3.3. Codificación NRZ	30
2.3.3.4. Diagrama del Ojo	31
2.4. Software	32
2.4.1. OptiSystem.....	32

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO.....	33
3.1. Metodología	33
3.2. Escenario.....	34
3.2.1. Lugar de estudio.....	34
3.2.2. Situación demográfica	36
3.2.3. Tamaño de la muestra poblacional.....	36
3.2.3.1. Recolección de información.....	37
3.2.3.2. Resultados de la encuesta.....	37
3.2.3.3. Análisis de la encuesta aplicada	42
3.3. Requerimientos de diseño de la red GPON	43

3.3.1. Arquitectura de la red	43
3.3.2. Tecnologías FTTx.....	43
3.3.3. Topología de la red.....	44
3.3.4. Norma técnica para fibra óptica.....	45
3.3.5. Arquitectura del servicio Triple Play.....	46
3.3.6. Capacidad de servicio	48
3.3.7. Determinación del ancho de banda.....	49
3.4. Distribución geográfica de los equipos.....	50
3.4.1 Terminal de línea óptica (OLT).....	50
3.4.2. Mangas porta splitter.....	51
3.4.3. Cajas de distribución ópticas (NAPS)	52
3.5. Diseño de la red GPON.....	53
3.5.1. Red feeder	53
3.5.1.1. Derivación del cable Feeder para la zona 1.....	54
3.5.1.2. Derivación del cable Feeder para la zona 2.....	55
3.5.2. Red de distribución	56
3.5.2.1. Red de distribución para la zona 1	57
3.5.2.2. Red de distribución para la zona 2	57
3.5.3. Red de dispersión	58
3.6. Selección de equipos y materiales.....	58
3.6.1. Selección del tipo de OLT.....	58
3.6.2. Selección del tipo de ONT.....	59
3.6.3. Selección del tipo de cable	60
3.6.4. Selección del tipo de splitter	61
3.6.5. Selección del tipo de conector SC/APC	62
3.6.6. Selección del tipo de manga de empalme	63
3.6.7. Selección del tipo de cajas de distribución óptica.....	64
3.6.8. Roseta óptica.....	65
3.7. Presupuesto óptico	66

3.7.1. Calculo del usuario más cercano	67
3.7.2. Calculo del usuario más lejano	67
3.8. Balance óptico de potencia	68
3.8.1. Balance de potencia del usuario más cercano	68
3.8.2. Balance de potencia del usuario más lejano	68

CAPITULO IV

4. RESULTADOS	69
4.1. Simulación de la red GPON	69
4.1.1. Descripción de la OLT	69
4.1.2. Descripción de la ODN	71
4.1.3. Descripción de la ONU/ONT	72
4.2. Evaluación de resultados	74
4.2.1. Potencia	74
4.2.1.1. Potencia a la salida de la OLT.....	74
4.2.1.2. Potencia recibida por el usuario más cercano	75
4.2.1.3. Potencia recibida por el usuario más lejano	75
4.2.2. Espectro de la señal	76
4.2.3. Factor de calidad Q y BER (Bit error ratio)	79
4.2.3.1. Usuario más cercano	79
4.2.3.2. Usuario más lejano.....	81
4.2.4. Diagrama de ojo	83
4.2.4.1. Usuario más cercano	83
4.2.4.2. Usuario más lejano.....	85
CONCLUSIONES	88
RECOMENDACIONES	90

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Características principales de los tipos de fibra óptica, por su índice de refracción	13
Tabla 2-2: Clasificación de las bandas y ventanas de la fibra óptica	18
Tabla 3-2: Características principales de las normativas de la fibra óptica.	19
Tabla 4-2: Recomendaciones para la tecnología GPON.....	23
Tabla 5-2: Velocidades de subida y bajada que posee GPON.....	25
Tabla 1-3: Tipos de servicios en el hogar	37
Tabla 2-3: Satisfacción con el proveedor actual de servicio de telecomunicaciones.....	38
Tabla 3-3: Número de dispositivos por hogar.....	39
Tabla 4-3: Tasa de aceptación a un nuevo proveedor de servicios	40
Tabla 5-3: Tarifa del servicio Triple Play	41
Tabla 6-3: Ventajas y desventajas entre tecnologías FTTx	43
Tabla 7-3: Descripción de la topología de red	44
Tabla 8-3: Parámetros de la recomendación ITU-T G.652 y G.657.....	46
Tabla 9-3: Longitudes de onda para cada servicio del paquete Triple Play.....	47
Tabla 10-3: Capacidad requerida para el servicio Triple Play	48
Tabla 11-3: Ubicación geográfica de Mangas Porta Splitters.....	51
Tabla 12-3: Especificaciones técnicas de las OLT's.....	59
Tabla 13-3: Especificaciones técnicas de las ONT's	60
Tabla 14-3: Desempeño de los tipos de cable de fibra óptica.....	60
Tabla 15-3: Especificaciones técnicas de los splitters PLC	61
Tabla 16-3: Especificaciones técnicas de los conectores SC/APC	62
Tabla 17-3: Especificaciones técnicas de las mangas de empalme.....	63
Tabla 18-3: Especificaciones técnicas de las cajas de distribución óptica.....	64
Tabla 19-3: Especificaciones técnicas de las rosetas ópticas.....	65
Tabla 20-3: Valores de atenuación del presupuesto óptico.....	66

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1.	Zona céntrica de la parroquia Quisapincha	6
Ilustración 1-2.	Componentes de la fibra óptica.....	7
Ilustración 2-2.	Fibra Monomodo.....	10
Ilustración 3-2.	Fibra Multimodo	10
Ilustración 4-2.	Fibra Monomodo de índice escalonado.....	11
Ilustración 5-2.	Fibra Multimodo de índice escalonado	12
Ilustración 6-2.	Fibra Multimodo de índice gradual	12
Ilustración 7-2.	Clasificación de la fibra óptica por su índice de refracción	13
Ilustración 8-2.	Inserción de un haz de luz en la fibra óptica	13
Ilustración 9-2.	Inserción de un haz de luz en la fibra óptica	15
Ilustración 10-2.	Inserción de un haz de luz en la fibra óptica	16
Ilustración 11-2.	Ventanas de transmisión	17
Ilustración 12-2.	Bandas de transmisión.....	17
Ilustración 13-2.	Atenuaciones presentes en la fibra óptica.	20
Ilustración 14-2.	Estructura de una red APON.....	21
Ilustración 15-2.	Estructura de una red APON.....	22
Ilustración 16-2.	Tipos de multiplexación en redes GPON.	24
Ilustración 17-2.	Arquitectura básica de una red GPON	25
Ilustración 18-2.	Red multiservicios.....	27
Ilustración 19-2.	Relación entre la densidad de probabilidad y el BER.....	30
Ilustración 20-2.	Representaciones NZR-L y NZR-I de la misma serie de bits	30
Ilustración 21-2.	Propiedades fundamentales del diagrama del ojo	31
Ilustración 1-3.	Croquis y división política de Quisapincha.....	34
Ilustración 2-3.	Área Urbana de la parroquia Quisapincha	35
Ilustración 3-3.	División del área urbana de la parroquia Quisapincha.....	35
Ilustración 4-3.	Porcentaje de los servicios en los hogares de la parroquia Quisapincha.....	38

Ilustración 5-3.	Porcentaje del nivel de satisfacción de los clientes con su proveedor actual	39
Ilustración 6-3.	Porcentaje del número de dispositivos electrónicos en el hogar	40
Ilustración 7-3.	Porcentaje de aceptación para un nuevo proveedor de servicio Triple Play	41
Ilustración 8-3.	Porcentaje de las tarifas del servicio Triple Play	42
Ilustración 9-3.	Topología Árbol en red GPON	45
Ilustración 10-3.	División del área urbana de la parroquia Quisapincha	47
Ilustración 11-3.	Ubicación geográfica de la OLT en la zona urbana de Quisapincha	50
Ilustración 12-3.	Ubicación de la oficina para el equipo OLT	51
Ilustración 13-3.	Ubicación geográfica de las Mangas Porta Splitters en la urbe de Quisapincha	52
Ilustración 14-3.	Distribución geográfica de las NAPs en la urbe de Quisapincha	53
Ilustración 15-3.	Ubicación geográfica de las Mangas Porta Splitters	54
Ilustración 16-3.	Sangrado y Mangas Troncales MT01 de la zona 1	55
Ilustración 17-3.	Sangrado y Mangas Troncales MT04 de la zona 1	55
Ilustración 18-3.	Sangrado y Mangas Troncales MT02 de la zona 2	56
Ilustración 19-3.	Sangrado y Mangas Troncales MT03 de la zona 2	56
Ilustración 20-3.	Distribución geográfica de las NAPs en la zona 1	57
Ilustración 21-3.	Distribución geográfica de las NAPs en la zona 2	57
Ilustración 22-3.	Equipo OLT Huawei MA5800-X17	58
Ilustración 23-3.	Equipo ONT Huawei HN8M038055Q	59
Ilustración 24-3.	Cable de fibra óptica ADSS 96 hilos	61
Ilustración 25-3.	Divisor óptico modular	62
Ilustración 26-3.	Conector SC/APC	63
Ilustración 27-3.	Manga de empalme tipo Domo	63
Ilustración 28-3.	Caja de distribución de 24 hilos	64
Ilustración 29-3.	Roseta óptica	65
Ilustración 30-3.	Modelo masivos/casa CNT	66
Ilustración 1-4.	Transmisor OLT (Audio y Datos)	70
Ilustración 2-4.	Transmisor OLT (Video)	70

Ilustración 3-4.	Receptor OLT.....	71
Ilustración 4-4.	Red de Distribución Óptica (ODN).....	72
Ilustración 5-4.	Receptor ONU (Audio y Datos).....	73
Ilustración 6-4.	Receptor ONU (Video).....	73
Ilustración 7-4.	Transmisor ONU.....	74
Ilustración 8-4.	Potencia a la salida de la OLT.....	75
Ilustración 9-4.	Potencia recibida en la ONT del usuario más cercano.....	75
Ilustración 10-4.	Potencia recibida en la ONT del usuario más lejano.....	76
Ilustración 11-4.	Espectro de la señal de transmisión (Audio y Datos).....	76
Ilustración 12-4.	Espectro de la señal de transmisión (Video).....	77
Ilustración 13-4.	Espectro de la señal a la salida de la OLT.....	77
Ilustración 14-4.	Espectro de la señal de recibida (Audio y Datos).....	78
Ilustración 15-4.	Espectro de la señal de recibida (Video).....	78
Ilustración 16-4.	Factor Q del usuario más cercano (Audio y Datos).....	79
Ilustración 17-4.	Factor Q del usuario más cercano (Video).....	80
Ilustración 18-4.	Valor mínimo de BER del usuario más cercano (Audio y Datos).....	80
Ilustración 19-4.	Valor mínimo de BER del usuario más cercano (Video).....	81
Ilustración 20-4.	Factor Q del usuario más lejano (Audio y Datos).....	81
Ilustración 21-4.	Factor Q del usuario más lejano (Video).....	82
Ilustración 22-4.	Valor mínimo de BER del usuario más lejano (Audio y Datos).....	82
Ilustración 23-4.	Valor mínimo de BER del usuario más lejano (Video).....	83
Ilustración 24-4.	Diagrama del ojo del usuario más cercano (Audio y Datos).....	84
Ilustración 25-4.	Diagrama del ojo del usuario más cercano (Video).....	84
Ilustración 26-4.	Diagrama del ojo del usuario más lejano (Audio y Datos).....	85
Ilustración 27-4.	Diagrama del ojo del usuario más lejano (Video).....	86

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** Encuesta a los moradores de la zona urbana de la parroquia Quisapincha
- ANEXO B:** Diseño de la Red GPON para la zona urbana de la parroquia Quisapincha en Optisystem
- ANEXO C:** Aplicación de encuestas en la zona céntrica de la parroquia Quisapincha
- ANEXO D:** Datasheet Equipo OLT Huawei MA5800-X17
- ANEXO E:** Datasheet Equipo ONT Huawei HN8M038055Q

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de integración curricular fue diseñar una red GPON para brindar servicio Triple Play en la zona céntrica de la parroquia Quisapincha, para lo cual se recopiló información y documentación necesaria para la caracterización de los elementos que intervienen en el diseño de una red con tecnología GPON (OLT, ONU, NAPs, splitters, conectores, etc.), así como las diferentes normativas y recomendaciones para la correcta utilización de este tipo de tecnologías de comunicación por fibra óptica. El estudio de las necesidades poblacionales en la parroquia respecto a los servicios de telecomunicaciones que poseen fue de vital importancia para establecer la demanda del servicio y los requerimientos en el diseño de la red FTTH/GPON, en base a la recomendación ITU-T G.984 y a la norma técnica vigente para el despliegue y tendido de redes físicas de telecomunicaciones manejada por ARCOTEL. Finalmente se realizó la simulación de la red mediante el software OptiSystem, configurando los parámetros técnicos establecidos en la norma anteriormente mencionada, para posterior evaluación de los indicadores de potencia, factor de calidad Q y el BER de la señal recibida en las ONT de los usuarios más cercanos y lejanos de cada zona. Los datos conseguidos en simulación fueron comparados con los valores teóricos de atenuaciones y el balance de potencia calculados, obteniendo resultados dentro de las especificaciones de la recomendación. Se concluye que el diseño de la red GPON dispone de un funcionamiento satisfactorio y un servicio Triple Play de calidad a todos los usuarios de la zona de estudio. Se recomienda en trabajos futuros mejorar la infraestructura y arquitectura de la red GPON existente, mediante la incorporación de la recomendación ITU-T G.987, que contempla redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit (X-GPON), con anchos de banda mayores y velocidades de internet de 10 Gbps.


Palabras Clave: <TELECOMUNICACIONES>, <RED ÓPTICA CON CAPACIDAD DE GIGABIT (GPON)>, <SERVICIO TRIPLE PLAY>, <QUISAPINCHA (PARROQUIA)>, <RECOMENDACIÓN ITU-T G.984>, <OPTISYS TEM (SOFTWARE)>.



SUMMARY

The objective of this curricular integration work was to design a GPON network to provide Triple Play service in the downtown area of the Quisapincha parish, for which information and documentation necessary for the characterization of the elements involved in the design of a network were collected. with GPON technology (OLT, ONU, NAPs, splitters, connectors, etc.), as well as the different regulations and recommendations for the correct use of this type of fiber optic communication technologies. The study of the population needs in the parish regarding the telecommunications services they have, was of vital importance to establish the demand for the service and the requirements in the design of the FTTH/GPON network, based on the ITU-T G.984 and the current technical standard for the deployment and laying of physical telecommunications networks managed by ARCOTEL. Finally, the simulation of the network was carried out using the OptiSystem software, configuring the technical parameters established in the aforementioned standard, for later evaluation of the power indicators, quality factor Q and the BER of the signal received in the ONTs of the users, nearest and farthest from each zone. The data obtained in simulation were compared with the theoretical values of attenuations and the calculated power balance, obtaining results within the specifications of the recommendation. It is concluded that the design of the GPON network has satisfactory operation and a quality Triple Play service for all users in the study area. It is recommended in future works to improve the infrastructure and architecture of the existing GPON network, by incorporating the ITU-T G.987 recommendation, which contemplates passive optical networks with Gigabit capacity (X-GPON), with higher bandwidths and speeds. 10 Gbps internet.

Keywords: <TELECOMMUNICATIONS>, <OPTICAL NETWORK WITH GIGABIT CAPACITY (GPON)>, <TRIPLE PLAY SERVICE>, <QUISAPINCHA (PARISH)>, <ITU-T RECOMMENDATION G.984>, <OPTISYSTEM (SOFTWARE)>.



MSc. Wilson G. Rojas

C.I 0602361842

INTRODUCCIÓN

Las telecomunicaciones son tendencia en el desarrollo de muchos ámbitos de la vida cotidiana, promoviendo la innovación, productividad, competitividad e inclusión social, al facilitar la prestación de servicios como educación, salud, economía y gestión gubernamental. En la actualidad, los constantes avances en las tecnologías de la información buscan dar soluciones en los servicios que se otorgan al usuario final, cada día surgen nuevas y mejoradas aplicaciones en cuanto a voz, video y datos, por lo que la distribución y despliegue de estas redes deben ser optimas, eficientes y prestar un servicio de alta calidad.

El crecimiento poblacional en el mundo viene de la mano con el incremento en la demanda de servicios de telecomunicaciones, el internet, telefonía y televisión se han constituido como servicios básicos dentro de cada una de las empresas, negocios y hogares, razón por la cual los diferentes proveedores de dichos servicios se ven obligados a mejorar su infraestructura, realizando la migración desde las tradicionales redes de información basadas en cable de cobre o coaxial hacia redes de mayor capacidad de transmisión como la fibra óptica.

La fibra óptica se establece como el medio de transmisión más óptimo y capaz de soportar los servicios de nueva generación, a esto se suma la tecnología GPON (redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits), cuyo principal objetivo radica en ofrecer un gran ancho de banda al usuario final, mayor eficiencia en transporte de servicios IP y la convergencia de los tres servicios (Telefonía, Internet e IPTV). (Millán Tejedor, 2007)

La convergencia integral de estos servicios aparece ante la necesidad de satisfacer una misma demanda, a través de una red principal o más redes, esta integración se denomina como Triple Play, el surgimiento de tecnologías, infraestructuras digitales, operadores y consumidores ha contribuido a esta evolución informática en todo el planeta. El desempeño de Triple Play está íntimamente relacionado con el ancho de banda que utilice la red principal, es importante tener en consideración cada uno de los requerimientos particulares en el tratamiento de los servicios que integran a este concepto. El flujo de información, la digitalización de voz y video se transforman en un reto para los proveedores, ampliando la cobertura del servicio y aumentando la calidad del servicio, por otra parte, para los clientes se convierte en una oportunidad para reducir la brecha digital y obtener un acceso eficaz a la sociedad de la información. (Hidalgo Zúñiga, 2008)

En la parroquia Quisapincha de la ciudad de Ambato, las empresas proveedoras de servicio de internet aún no han realizado con éxito la migración de la red de cobre como medio de transmisión para brindar los diferentes servicios, debido a los requerimientos y necesidades de conexión de la población local, es necesario brindar un servicio de red de alta velocidad en transmisión de datos, mayor ancho de banda, estabilidad, resistencia y robustez.

El presente trabajo de integración curricular, busca mitigar toda la problemática y necesidades requeridas por la población de la zona céntrica de la parroquia Quisapincha, mediante la caracterización y diseño de una red GPON, aplicando los estándares y especificaciones definidos en la recomendación ITU-T G.984, evaluando la calidad y capacidad para brindar de servicio Triple Play a cada uno de los usuarios, con el fin de prestar un servicio óptimo y de calidad en la convergencia de voz, internet y televisión.

CAPITULO I

1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

Hoy en día al escuchar las palabras “fibra óptica” no se asocian como términos desconocidos, sino todo lo contrario, en los últimos años se han vuelto comunes en la vida cotidiana de cada persona, relacionándolos directamente con la palabra “internet”. La fibra óptica es un medio de transmisión que se encuentra presente en gran parte de los hogares e integra parte fundamental de una comunicación mucho más rápida entre personas que se encuentran lejos del hogar.

La fibra óptica constituye un avance tecnológico radical, implementado hace varios años atrás, revolucionó la comunicación por su rápida transmisión de datos, este desarrollo ha tomado casi 200 años para obtener una versión definitiva, los primeros intentos en transmitir información por medios ópticos guiados fueron desarrollados por Alexander Graham Bell en el año 1880, con un aparato que llamó fotófono, este era un dispositivo formado de espejos y detectores de selenio, que transmitía ondas sonoras sobre un rayo de luz. Tras algunos años de espera los científicos J. L. Baird y C. W. Hansell lograron enviar imágenes de televisión a través de cables de fibra no cubierta de vidrio. En 1951, A. C. S. van Heel de Holanda, H. H. Hopkins y N. S. Kapany de Inglaterra experimentaron con transmisión de luz a través de haces de fibras, sus estudios condujeron al desarrollo del fibroscopio flexible, que se usa ampliamente en el campo de la medicina. Kapany fue quien logró sellar el término “fibra óptica” en 1956.

En Ecuador el primer enlace por fibra óptica fue realizado en el año 2003 por medio de la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC-EP), mediante la Unidad de Negocio Transelectric, dicho enlace constituía el tramo de la línea de transmisión Pomasqui-Jamondino, como parte de la interconexión Ecuador-Colombia, hasta el 29 de Octubre de 2019 se contaba con 5600 km de fibra instalada sobre las líneas de transmisión, 120 nodos ubicados en las subestaciones centrales de generación y oficinas, los cuales contaban con equipos de telecomunicaciones de varias tecnologías.

Actualmente la mayor parte de la población en la parroquia Quisapincha ubicada en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, no cuenta con conexión a internet mediante la tecnología de fibra óptica, ciertos emprendedores han logrado constituir miniempresas que brinden este servicio a la comunidad, cada uno de ellos respetando y acogiéndose a las normativas impuestas por la Agencia de Regulación y Control de la Telecomunicaciones (ARCOTEL).

1.2 Formulación del problema

¿Será posible diseñar una tecnología Triple Play en la zona céntrica de la parroquia que permita brindar un servicio de calidad a sus usuarios?

1.3 Sistematización del problema

¿Qué tecnología se encuentran operando actualmente en la parroquia?

¿Cuáles son los diferentes indicadores que debe cumplir una red para brindar servicios Triple Play?

¿Qué estándares que intervienen en la red GPON para cumplir el servicio Triple Play?

Diseñar la red.

Evaluar la red.

1.4 Justificación del trabajo de titulación

1.4.1 Justificación teórica

En la actualidad la Parroquia de Quisapincha cuenta con escasas empresas que brinden servicio de Internet a través de fibra óptica, lo que conlleva a optar por un servicio deficiente con tecnología que está llegando a ser obsoleta. Así surge la necesidad de proponer este proyecto el cual logrará que dicha parroquia cuente con estudio comparativo para verificar que estándar se acopla de mejor manera a la zona y posteriormente realizar un diseño de una red interna Triple Play (datos, voz y video) que permitirá ofrecer un ancho de banda de calidad, con menores precios a largo plazo mediante un mismo medio y esto se logrará mediante la tecnología GPON basada en fibra óptica que ofrecerá un alto rendimiento sin pérdida de información.

Este proyecto se realiza para lograr obtener un estudio en dicha zona y así posteriormente sirva de ayuda a empresas que deseen implementar el servicio antes mencionado, el cual sería de gran ayuda a los habitantes que residen en el sector y mucho más a los estudiantes que afrontan la escasez de un servicio de internet con altas velocidades, esto ayudará de mejor manera a dichas personas.

1.4.2 Justificación aplicativa

Para la elaboración de este proyecto se toma en cuenta el principal inconveniente que afronta la parroquia el cual es, la escases de empresas que brinde un servicio de banda ancha en la transmisión de datos en la parroquia Quisapincha ubicada en la zona urbana de la ciudad de Ambato para lo cual se hará un análisis comparativo entre estándares para a continuación poder elegir uno, el cual sea el mejor acoplado a la zona y posteriormente hacer un diseño de red con tecnología GPON que será aplicado en el sector. Este último diseño se lo hará mediante simuladores existentes en la actualidad que permiten un diseño y presentan datos muy acercados a la realidad.

El diseño la red GPON tiene como ventaja el transmitir y recibir de varios servicios por un mismo hilo de fibra óptica mediante multiplexación por división de onda la cual en una comunicación full dúplex evita que los paquetes choquen, para posteriormente realizar las simulaciones respectivas en el software Optisystem con el objetivo de asegurar la viabilidad del tráfico cumpliendo el QoS de potencias en la recepción, etc. y además con ello garantizar la eficiencia del enlace.

En la Ilustración 1-1. Presentada a continuación se muestra una fotografía obtenida desde Google Earth en la cual se puede observar el área que compone la zona céntrica de la parroquia Quisapincha en la cual se pretende brindar el servicio Triple Play, la zona está limitada por la línea roja marcada

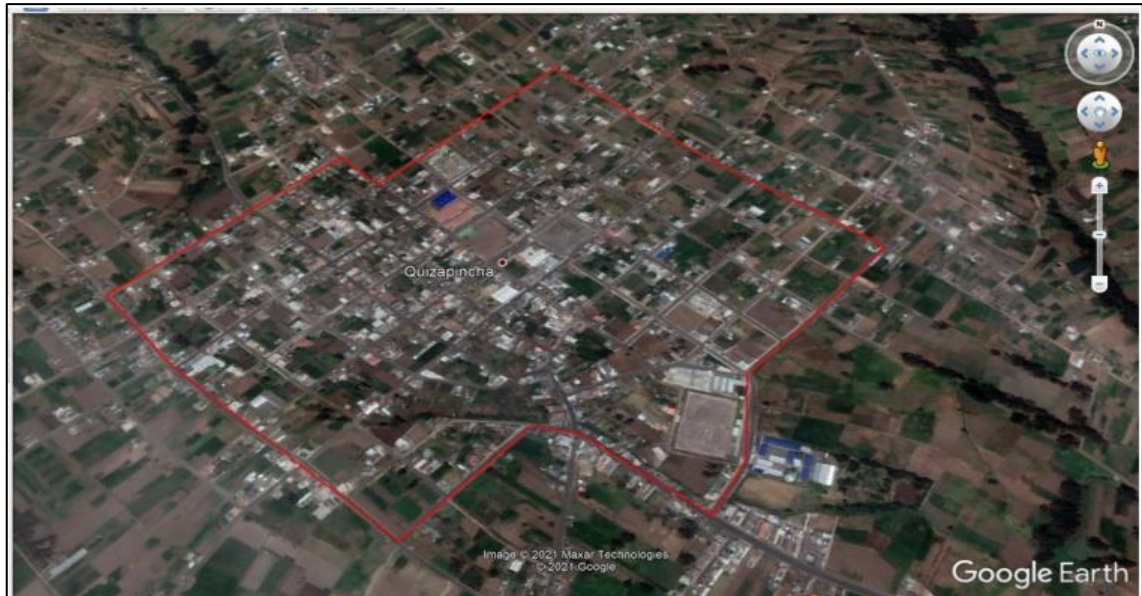


Ilustración 1-1. Zona céntrica de la parroquia Quisapincha

Fuente: Google Earth, 2021

1.5 Objetivos

1.5.1 *Objetivo general*

Diseñar una red GPON para brindar servicio Triple Play en la zona céntrica de la parroquia Quisapincha.

1.5.2 *Objetivos específicos*

- Estudiar los parámetros que garantizan los servicios Triple Play en redes GPON.
- Seleccionar de entre los estándares PON 984.4, 984.5, 984.7 cuál de ellos se adecua de mejor manera al sector, basado en los factores técnicos del estándar para brindar servicio Triple Play.
- Diseñar y simular una red GPON para la zona céntrica de la parroquia Quisapincha, bajo la normativa ARCOTEL y requerimientos Triple Play.
- Evaluar el correcto funcionamiento de la red diseñada bajo los requerimientos Triple Play adecuados a la zona céntrica de la parroquia Quisapincha.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Fibra óptica

La fibra óptica es un medio dieléctrico en forma cilíndrica, posee el comportamiento de una guía de onda, capaz de conducir la luz a ciertas longitudes de onda, con un gran ancho de banda y con una baja atenuación, su comportamiento depende de la frecuencia de operación con la que esté trabajando. (López, 2015)

La estructura de la fibra óptica se compone de un núcleo cilíndrico de material dieléctrico, puede ser de vidrio o de plástico y es el encargado de establecer la comunicación entre el emisor y el receptor a través de las diferentes reflexiones de los haces de luz que se producen en su interior, la información es enviada sin ningún tipo de interrupciones, constituyéndose en la actualidad como el medio más óptimo para realizar la navegación en internet con altos estándares de calidad. (Cruz Naula, 2019)

2.1.1 Estructura de la fibra óptica

La fibra óptica está compuesta principalmente de tres elementos indispensables los cuales son núcleo, revestimiento y la cubierta o también conocido como forro.

La Ilustración 1-2 muestra los componentes básicos de la fibra óptica.

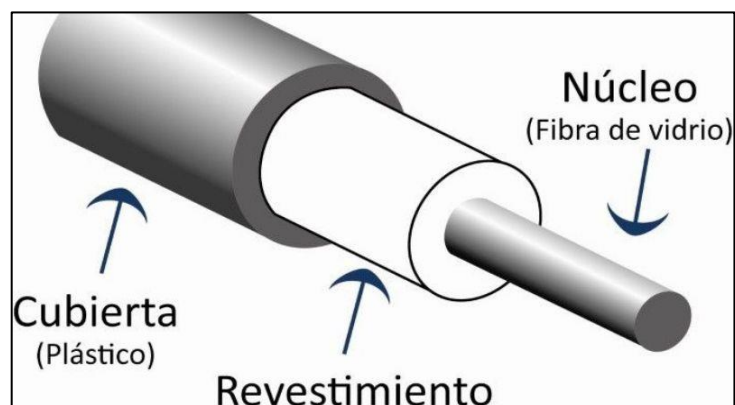


Ilustración 1-2. Componentes de la fibra óptica

Fuente: Castro, 2014

2.1.1.1 Núcleo

El núcleo o también conocido como “CORE” es el medio por el cual las señales de luz llevan información, se compone de materiales como el silicio, cuarzo fundido o plástico, el diámetro del núcleo depende del tipo de fibra que se esté utilizando, la fibra monomodo oscila entre 8 a 11 μm y la fibra multimodo comprende valores entre 50 o 62,5 μm . (Pinto en Cabezas, 2007)

2.1.1.2 Revestimiento

La capa del revestimiento o también llamada “CLADDING” tiene como función principal asegurar la conducción de los haces de luz en el núcleo, por medio de aditivos especiales, este revestimiento está constituido de dióxido de silicio (SiO_2), su diámetro es de 125 μm sin importar su modo de transmisión (monomodo, multimodo). (Pinto en Cabezas, 2007)

2.1.1.3 Cubierta

Finalmente, la última capa de fibra denominada forro o conocida también como “COATING”, tiene como función principal proteger el núcleo y el revestimiento de cualquier tipo de daño que este expuesta la fibra óptica, su diámetro es de 245 μm . (Pinto en Cabezas, 2007)

2.1.2 Características de la fibra óptica

2.1.2.1 Características generales

Las principales características que presenta una fibra óptica en general se pueden mencionar las siguientes: (Enciclopedia de Características, 2021)

- El diseño de la fibra óptica es ligero y con un radio de curvatura pequeño, por lo que ofrece facilidad al momento de instalar, optimizando el espacio.
- Posee una atenuación baja y un amplio ancho de banda, por sus propiedades es ideal para transmisiones a largas distancias, sin necesidad de usar un repetidor.
- Dispone de gran capacidad en la transmisión de datos, audio y video simultáneamente,
- El blindaje que recubre a la fibra brinda inmunidad a las interferencias electromagnéticas.
- La fibra óptica tiene características no inductivas, impidiendo corto circuitos, además que el transmisor y receptor se encuentran eléctricamente aislados.

2.1.2.2 Características mecánicas

La fibra óptica no está concebida como un elemento resistente, puesto que no tiene características adecuadas de tracción, en la mayoría de los casos su utilización en instalaciones se realiza en exteriores, siendo entornos que exponen la conservación del material que la compone, afectando al desempeño del núcleo. Recientes investigaciones en el tema han conseguido mejorar la calidad en el manejo de sistemas ópticos, desarrollando mejores revestimientos en las capas que protegen a la fibra, es importante tomar a consideración algunos aspectos; propiedades de deterioro, resistencia mecánica, sensibilidad en curvaturas y microcurvatura. Estas dos últimas características obedecen al análisis de los siguientes factores: (Mejía, 2012)

Tensión: se genera cuando el cable se alarga o se contrae provocando fuerzas que rebasan el porcentaje de elasticidad de la fibra óptica y se rompa o formen microcurvaturas.

Compresión: es el esfuerzo transversal.

Impacto: intervienen las protecciones del cable óptico.

Enrollamiento: existe un límite para el ángulo de curvatura, donde el forro cumple la función de impedir que sobrepase dicho límite.

Torsión: es el esfuerzo lateral y de tracción.

Limitaciones Térmicas: depende del material de fabricación de las fibras; vidrio o a partir de materiales sintéticos.

2.1.3 Modos de transmisión

La fibra óptica de acuerdo a su modo de transmisión de la luz en el interior del núcleo se divide en monomodo y multimodo.

2.1.3.1 Fibra monomodo

La fibra monomodo se caracteriza porque la luz que se propaga en su interior toma un único camino a través del núcleo, sin que existan fenómenos de reflexión en el interior del mismo, el diámetro de su núcleo varía alrededor de 10 micras. Debido a su estructura, las fibras monomodo resultan muy eficaces a la hora de transmitir información a largas distancias, el diminuto diámetro del núcleo permite que el ancho de banda de la señal aumente, su fabricación requiere un alto grado de precisión, empalme y terminación de la fibra óptica. (Villanueva Hernández, Vázquez Sánchez en García Lara, 2013)

El uso de la fibra monomodo mostrada en la Ilustración 2-2, habitualmente se aplica en redes privadas, viviendas, campus y edificios con distancias cortas o moderadas, ofrecen un servicio óptimo en relación costo-rendimiento a lo que proporciona una fibra multimodo. El diseño de esta fibra opera en ventanas de longitud de onda de 1310 nm y 1550 nm. (DINTEK, 2022)



Ilustración 2-2. Fibra Monomodo

Fuente: Solution FTTX, 2017

2.1.3.2 Fibra multimodo

La fibra multimodo (Ilustración 3-2) posee un diámetro del núcleo que varía entre 50 y 62,5 μm , facultando la capacidad de transmitir múltiples rayos con diferente modo de propagación. Entre las ventajas que presenta este tipo de fibra destacan la versatilidad para conexiones de red, mayor tolerancia a componentes de menor precisión y su precio económico, no obstante dispone de una alta dispersión, provocando aumento en el margen de error en instalaciones a grandes distancias. (Cevallos Rojas en Montalvo Espinosa, 2010)



Ilustración 3-2. Fibra Multimodo

Fuente: Solution FTTX, 2017

2.1.4 Clasificación por su índice de refracción

2.1.4.1 Fibra óptica monomodo de índice único

Este tipo de fibra posee un núcleo con diámetro angosto y con índice de refracción uniforme (Ilustración 4-2), debido a su tamaño reducido permite solo un camino o modo de luz propagado en línea recta, logrando un gran ancho de banda y alcanzado largas distancias en transmisión. Debido a las grandes distancias que recorre en transmisión, surgen inconvenientes significativos como pérdida de señal, lo que resulta en una comunicación poco confiable. (JUNIPER NETWORKS, 2020)

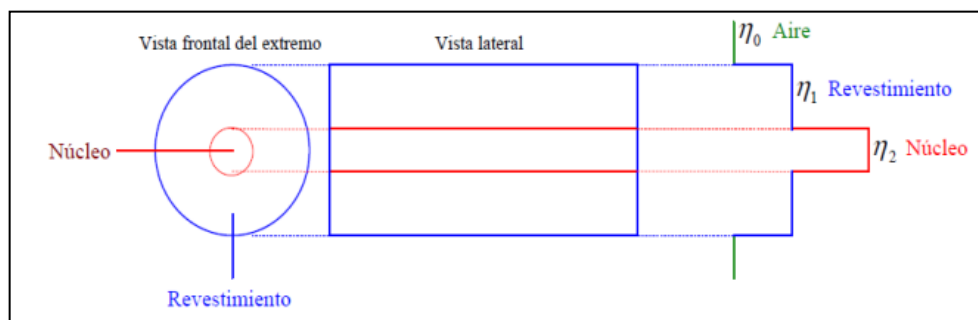


Ilustración 4-2. Fibra Monomodo de índice escalonado

Fuente: Millán Ramón., 2010

2.1.4.2 Fibra óptica multimodo de índice escalonado

La fibra multimodo de índice escalonado describe su patrón de transmisión en base a la reflexión interna en su núcleo, el rayo de luz se propaga en forma de zig-zag simultáneamente y sin interrupciones (Ilustración 5-2). No obstante, una desventaja en esta fibra óptica es que los modos separados aunque se emitieron simultáneamente, experimentan discrepancias en los tiempos de llegada hacia el receptor debido a que cada modo trabaja a una longitud de onda diferente. (NBG HOLDING, 2022)

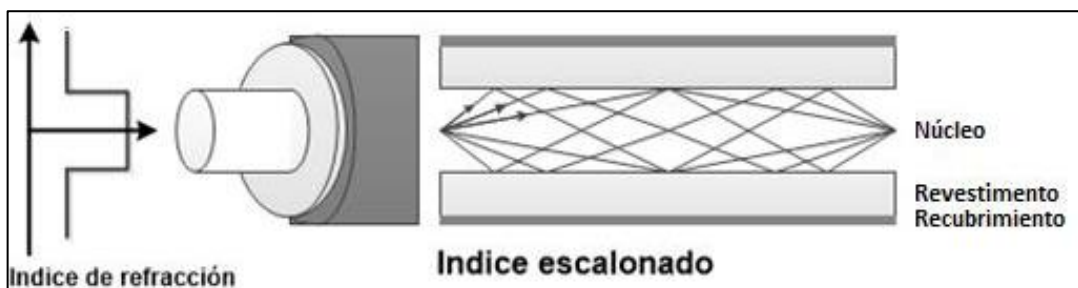


Ilustración 5-2. Fibra Multimodo de índice escalonado

Fuente: Johnson, 2009

2.1.4.3 Fibra óptica multimodo de índice gradual

Es un tipo de fibra donde el índice de refracción del núcleo va disminuyendo gradualmente hacia la capa interna del núcleo-revestimiento, en otras palabras, la reducción del índice de refracción ocurre progresivamente desde el centro del núcleo hasta el mismo valor que el revestimiento en el borde del núcleo, provocando refracción en lugar de una reflexión interna total (Ilustración 6-2). La luz se doblará hacia el eje de la fibra antes que alcance el límite del revestimiento, evitando la reflexión interna total. (Larry, 2021)

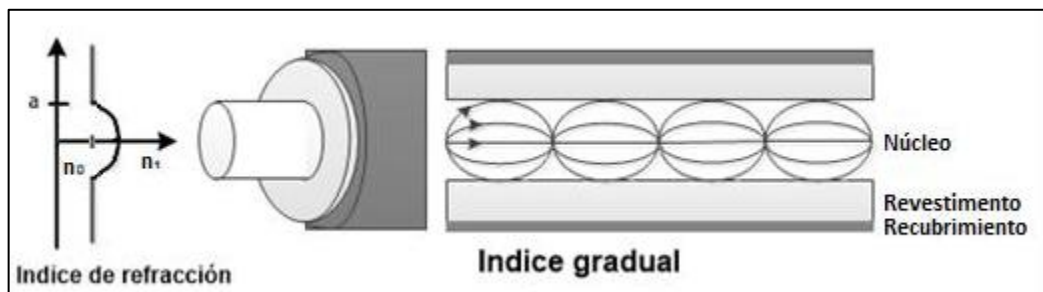


Ilustración 6-2. Fibra Multimodo de índice gradual

Fuente: Johnson, 2009

La Ilustración 7-2 resume la clasificación de los diferentes tipos de fibra óptica según su índice de refracción y la propagación de los haces de luz en el interior del núcleo para cada caso.

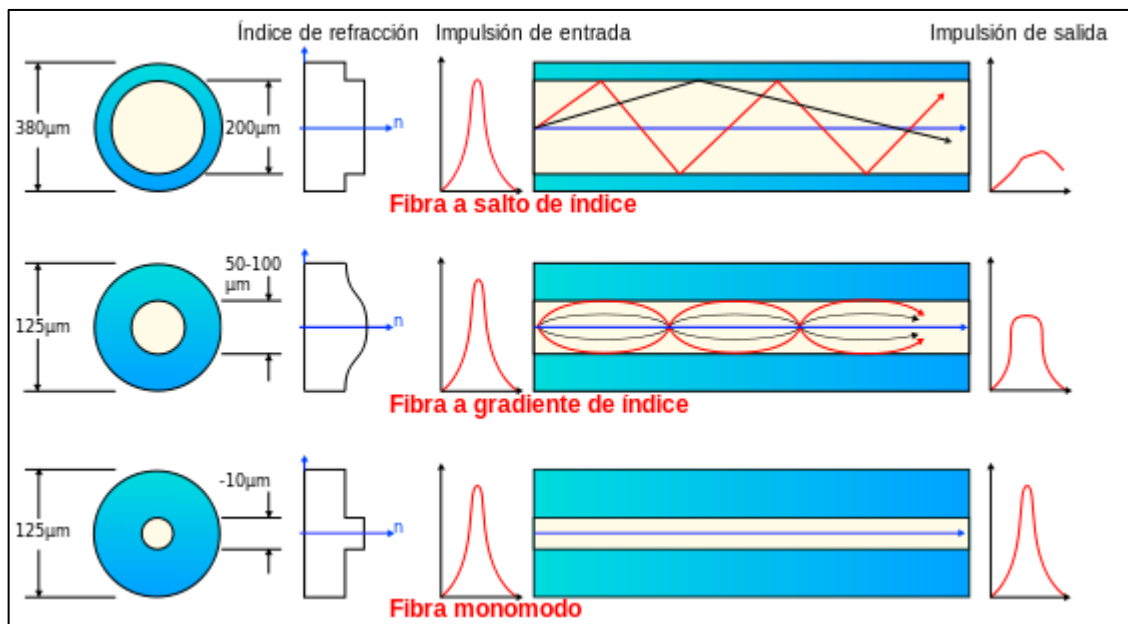


Ilustración 7-2. Clasificación de la fibra óptica por su índice de refracción

Fuente: Miray Consulting, 2020

La Tabla 1-2 describe los principales aspectos técnicos que caracterizan a los diversos tipos de fibra óptica existentes.

Tabla 1-2: Características principales de los tipos de fibra óptica, por su índice de refracción

MODO DE PROPAGACIÓN	PERFIL DE ÍNDICE	DIÁMETRO DEL NÚCLEO	DIÁMETRO DEL REVESTIMIENTO	DISTANCIA MÁXIMA	ANCHO DE BANDA
Monomodo	Único	8 - 10 μm	125 μm	100Km	Superior a 10GHz/Km
Multimodo	Índice Escalonado	50 - 200 μm	125 μm	2Km	Hasta 40MHz/Km
	Índice Gradual	50 - 62,5 μm	125 μm	10 - 20Km	Entre 600 y 3000 MHz/Km

Fuente: Sigcho, 2018

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

2.1.5 *Angulo de aceptación y cono de aceptación*

La Ilustración 8-2 describe la incidencia de los rayos de luz en la fibra óptica, al propagarse de un medio menos denso a uno más denso (aire-vidrio), donde el índice de refracción del aire es 1 y el del núcleo de vidrio es 1,5.

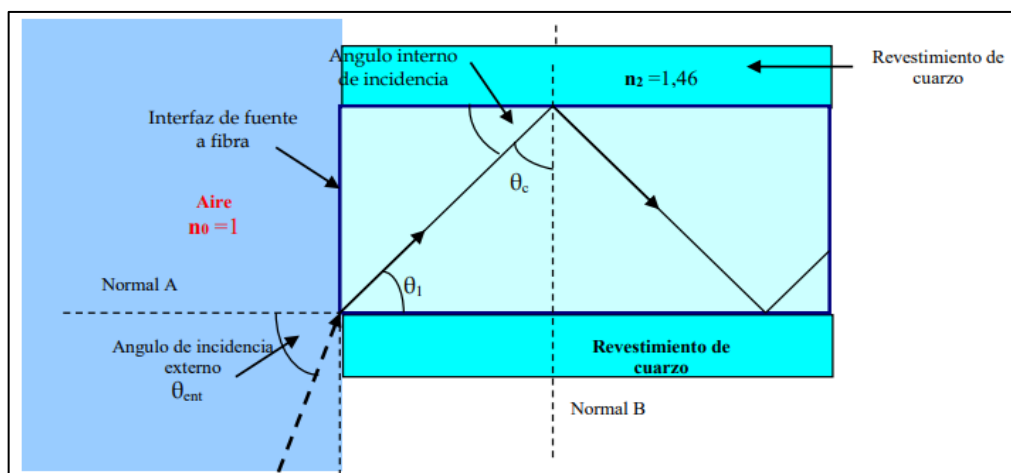


Ilustración 8-2. Inserción de un haz de luz en la fibra óptica

Fuente: Wayne Tomasy, 2003

Según la ley de Snell, descrita en la Ecuación 1-2 y lo anteriormente mencionado, la refracción que sufre el haz de luz al pasar de un medio a otro provoca un cambio en la dirección de su trayectoria y con un ángulo de inclinación θ_c , distinto del ángulo de incidencia θ_{ent} en los medios aire-vidrio, para que exista propagación a través de la fibra óptica se debe llegar a la capa entre el núcleo y el revestimiento, logrando formar un ángulo mayor que θ_c , que es el ángulo crítico. (Pinto en Cabezas, 2007)

$$\eta_0 * \sin \theta_0 = \eta_1 * \sin \theta_1$$

Ecuación 1-2: Ley de Snell

Donde,

η_0 : el ángulo de incidencia

η_1 : el ángulo de refracción

θ_0 : el índice de refracción del medio 0

θ_1 : el índice de refracción del medio 1

Al aplicar la ley de Snell en el ángulo externo de incidencia y aplicar las respectivas operaciones matemáticas se tiene:

$$\theta_1 = 90^\circ - \theta_c$$

$$\eta_0 * \sin \theta_{ent} = \eta_1 * \cos \theta_c$$

Y al despejar θ_{ent} :

$$\sin \theta_{ent} = \frac{\eta_1}{\eta_0} \cos \theta_c$$

Al relacionar los índices de refracción de los materiales que componen una fibra óptica con un triángulo rectángulo, se puede aplicar el teorema de Pitágoras, como se observa en la Ilustración 9-2.

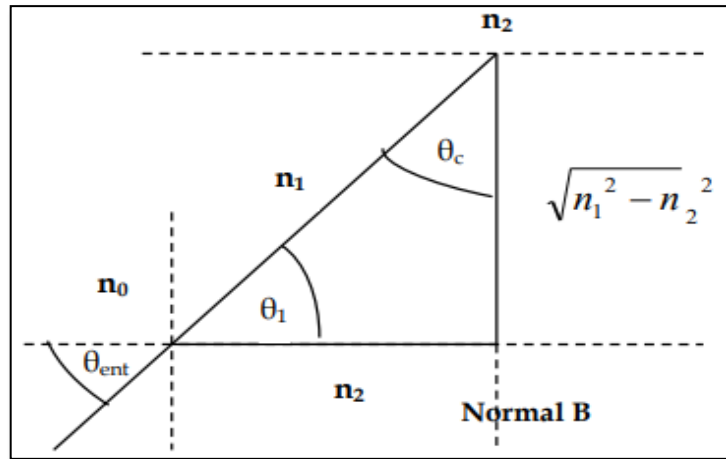


Ilustración 9-2. Inserción de un haz de luz en la fibra óptica

Fuente: Wayne Tomasy, 2003

Del triángulo rectángulo se puede obtener la siguiente relación geométrica:

$$\cos \theta_c = \frac{\sqrt{(\eta_1^2 - \eta_2^2)}}{\eta_1}$$

Asociando y reemplazando con la relación geométrica anteriormente obtenida:

$$\sin \theta_{ent} = \frac{\eta_1 \sqrt{(\eta_1^2 - \eta_2^2)}}{\eta_0 \eta_1}$$

Al despejar la variable y simplificar términos semejantes se obtiene:

$$\theta_{ent(Max)} = \sin^{-1} \frac{\sqrt{(\eta_1^2 - \eta_2^2)}}{\eta_0}$$

Ecuación 2-2: Ángulo de aceptación

El ángulo de aceptación es el ángulo máximo que los rayos luminosos externos pueden formar al llegar a la capa aire-fibra para propagarse a través de ella, con una atenuación no mayor a 10 dB respecto al valor máximo. (Pinto en Cabezas, 2007)

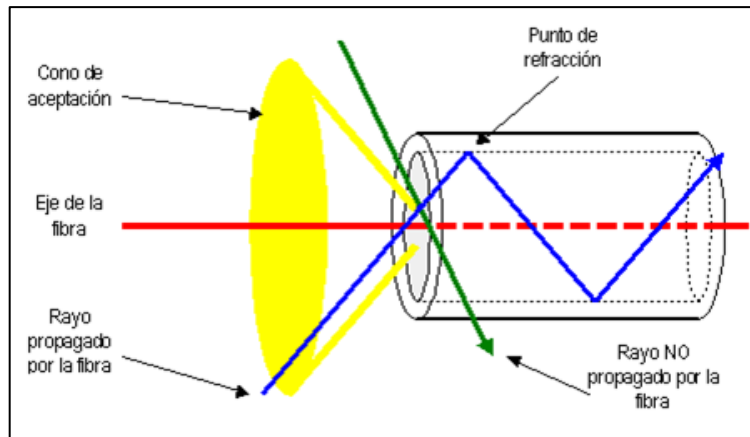


Ilustración 10-2. Inserción de un haz de luz en la fibra óptica

Fuente: FOPTICA, 2014

Al hacer girar el ángulo de aceptación sobre el eje de la fibra, se obtiene el cono de aceptación, como se aprecia en la Ilustración 10-2.

2.1.6 Apertura numérica

La apertura numérica describe la capacidad de enfocar los rayos de luz en una fibra y está íntimamente relacionado con el ángulo de aceptación.

La luz que ingresa a la fibra óptica desde el aire, la apertura numérica viene dada por la siguiente ecuación: (Pinto en Cabezas, 2007)

$$NA = \sqrt{\eta_1^2 - \eta_2^2} = \eta_1 \sqrt{2\Delta}$$

Ecuación 3-2: Apertura Numérica

2.1.6 Bandas de operación y ventanas de operación

La fibra óptica depende de la frecuencia de operación para que el sistema trabaje o funcione de una manera óptima, de la misma manera que los sistemas de transmisión por cobre.

2.1.6.1 Ventanas de transmisión

Las ventanas de transmisión son longitudes de onda con una atenuación extremadamente reducida es por ello que se las identifica por su longitud de onda mas no por su frecuencia de operación, estas son obtenidas de la división entre la velocidad de la luz y la frecuencia de operación del sistema. (Pinduisaca, C. 2021)

La Ilustración 11-2 describe las ventanas de transmisión de la fibra óptica, su la longitud de onda y su atenuación respectiva en dB/Km.

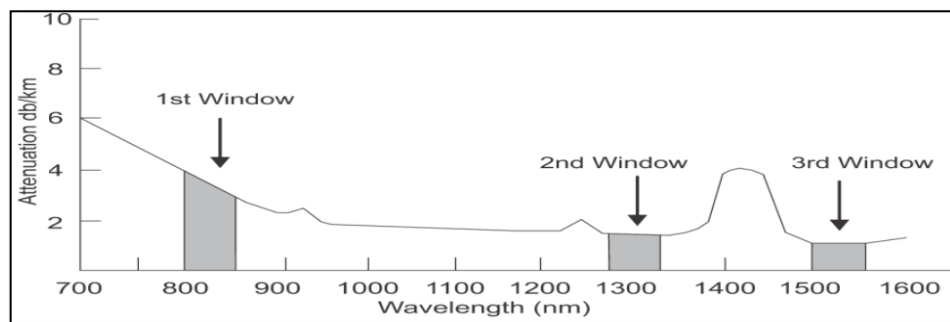


Ilustración 11-2. Ventanas de transmisión

Fuente: AD-net, 2017

2.1.6.2 Bandas de transmisión

En la Ilustración 12-2 se puede observar la clasificación de cada una de las bandas utilizadas en el sistema de fibra óptica según la normativa de la ITU.

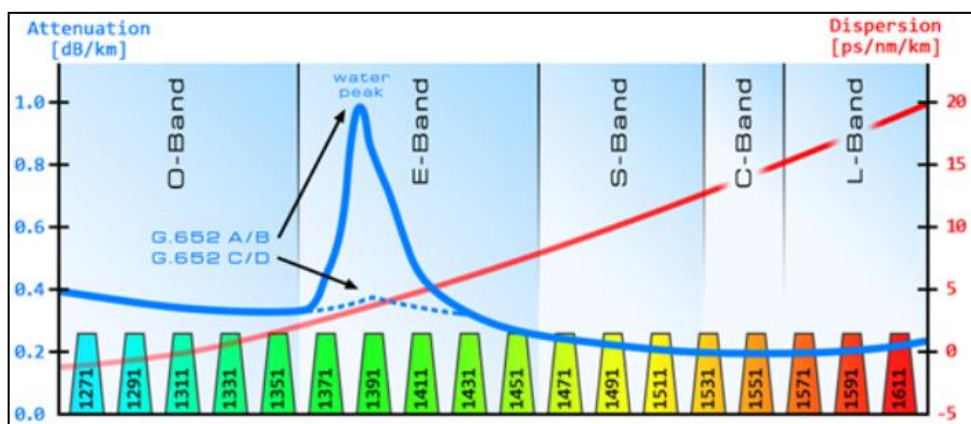


Ilustración 12-2. Bandas de transmisión

Fuente: FOCC, 2019

Tabla 2-2: Clasificación de las bandas y ventanas de la fibra óptica

VENTANA	BANDA	λ (NM)	ATENUACIÓN (DB/KM)	ALCANCE (KM)	TIPO DE FIBRA
1		850(770 - 910)	2,5	2	MM
2	O (Banda original)	1260 – 1360	0,34	40 – 100	MM y SM
5	E (Banda extendida)	1360 – 1460	0,31	100	SM
	S (Banda de longitud de onda corta)	1460 – 1530	0,25	100	SM
3	C (Banda convencional)	1530 – 1565	0,2	160	SM
4	L (Banda de longitud de onda más larga)	1565 – 1625	0,22	160	SM
	U (Banda de longitud de onda de gran longitud)	1625 – 1675	0,25		SM

Fuente: Montaña, 2018

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

2.1.7 Estándares y normas técnicas de la fibra óptica

La Unión Internacional de las Telecomunicaciones (ITU), propone una serie de recomendaciones y normas para la fibra óptica, donde se especifican como características como: diámetros de núcleo, revestimiento, longitudes de onda, modos de transmisión, índices de refracción, etc.

En la Tabla 3-2 mostrada a continuación se presenta un cuadro resumen de las especificaciones y características principales de cada una de las normativas mencionadas anteriormente.

Tabla 3-2: Características principales de las normativas de la fibra óptica.

NORMATIVA	ATENUACION	LONGITUD DE ONDA	DIAMETRO DEL REVESTIMIENTO	MODO DE TRANSMISION
ITU-T G.651	0,3dB/KM - 1,0dB/Km	850/1310nm	50/245μm	Multimodo
ITU-T G.652	0,5dB/Km	1310/1550nm	8 a 10/125μm	Monomodo
ITU-T G.653	0,35dB/Km	1550nm	7,8 a 8,5/125μm	
ITU-T G.654	0,22dB/Km	1550nm	9,5 a 10,5/125μm	
ITU-T G.655	0,4dB/Km	1550/1625 nm	8 a 11/125μm	
ITU-T G.656	0,35dB/Km	1550/1625nm	7 a 11/125μm	
ITU-T G.657	0,4dB/Km	1310/1550nm	8 a 7/125μm	

Fuente: ITU-T, 2009

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

2.1.7 Pérdidas existentes en la fibra

Según el estándar G.650 de la Unión Internacional de la Telecomunicaciones (ITU), desde el punto de definición y métodos de prueba se menciona los parámetros de atenuación y dispersión cromática.

2.1.7.1 Atenuación

La atenuación existente en una fibra óptica mide la cantidad de luz que se pierde entre la entrada y la salida. La atenuación total es la suma de todas las pérdidas ópticas de una fibra y se suelen expresar en decibelios por kilómetro (dB/km). (FOSCO, 2018)

Pérdidas por absorción: Se deben a las impurezas que presenta la fibra óptica en su construcción, provocando la formación de vapor de agua y que los haces de luz sean absorbidos en varios puntos del núcleo. (González N. & Becerra S., 2016)

Pérdidas por curvatura: Se producen cuando se ejerce un efecto sobre la intensidad de la radiación que se propaga, dando paso al origen de estas curvas denominadas macro curvaturas. (González N. & Becerra S., 2016)

Pérdidas por dispersión: Se producen por irregularidades físicas en el diseño de la fibra óptica, generando que un haz de luz colisione con una de estas irregularidades lo que conlleva a una reflexión de la señal en varias direcciones. (González N. & Becerra S., 2016)

Cada una de estas atenuaciones presentes en la fibra óptica se puede observar de mejor manera y resumida en la ilustración 13-2 presentada a continuación.

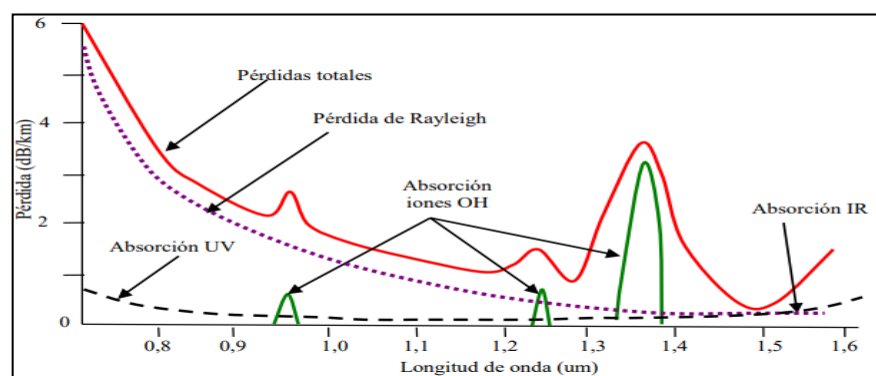


Ilustración 13-2. Atenuaciones presentes en la fibra óptica.

Fuente: Sistemas de comunicaciones ópticas, 2014

2.1.7.2 Dispersión cromática

El fenómeno de la dispersión cromática provoca que la luz blanca se propague parcialmente entre sus componentes debido a la diferente refracción de las interfaces aire-lente, lo que se conoce como aberración cromática. Los dos efectos de la dispersión modal, que pueden controlarse mediante el perfil del índice de refracción de la fibra, y la dispersión cromática dependiente de la longitud de onda, determinan principalmente el ancho de banda de la guía de ondas ópticas. (Beckers, 2017)

2.1.7.3 Dispersión modal

La dispersión modal es el factor dominante que degrada el ancho de banda de las fibras ópticas multimodo, este fenómeno ocurre porque la longitud del camino óptico varía con cada modo.

Sin embargo, se puede minimizar formando un perfil de índice de refracción cuadrático en la región central y controlando la velocidad de propagación de cada modo. (Koike en Koike, 2012)

2.2 Redes ópticas pasivas (PON)

Una red PON utiliza tecnología de fibra óptica para transmitir información de un lugar a múltiples puntos finales. El termino pasivo hace referencia a la utilización de cables de fibra óptica conectados a un divisor sin alimentación, aunque técnicamente solo el divisor es pasivo, porque la red necesita energía eléctrica para los equipos de transmisión y recepción. La arquitectura PON minimiza los posibles puntos de falla, lo que la hace ideal para los proveedores de servicios que necesitan brindar conectividad rápida y confiable a los usuarios. (JUNIPER NETWORKS, 2022)

2.2.1 APON

APON (ilustración 14-2) hace uso de la multiplexación centralizada y estadística de ATM, combinada con la función compartida de divisor pasivo en fibra óptica y terminal de línea óptica, lo que hace que el costo de implementación sea más bajo que el sistema de acceso PDH / SDH tradicional basado en conmutación de circuitos. (HTF, 2020)

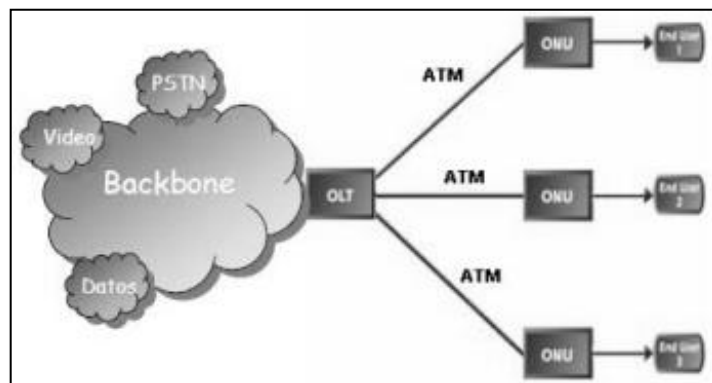


Ilustración 14-2. Estructura de una red APON.

Fuente: Illescas, 2010

2.2.2 BPON

La tecnología BPON (Ilustración 15-2) se basa en el protocolo ATM, con velocidades de subida y bajada de 155 y 622 Mbps respectivamente. Dentro de los servicios de esta red destacan;

asignación dinámica de ancho de banda, la protección, proporcionar acceso a Ethernet, transmisión de video, línea arrendada de alta velocidad y otros servicios. (HTF, 2020)

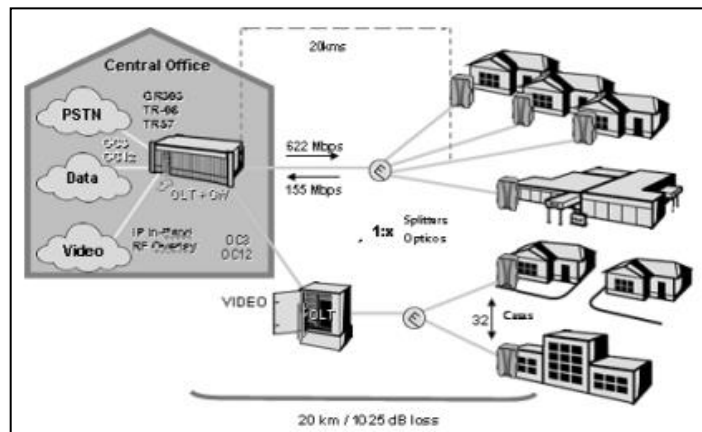


Ilustración 15-2. Estructura de una red APON.

Fuente: Illescas, 2010

2.2.3 EPON

EPON se basa en la tecnología Ethernet PON, adopta una estructura de punto a multipunto, transmisión de fibra óptica pasiva y proporciona una variedad de servicios a través de Ethernet. El despliegue de una infraestructura EPON es económico y eficiente para realizar comunicaciones tres redes en una. (HTF, 2020)

2.2.4 GPON

Las redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit, GPON es una red de acceso punto a multipunto. Su principal característica es el uso de divisores pasivos en la red de distribución de fibra y la tasa de transferencia de datos de hasta 1,25 Gbps en Upstream y hasta 2,5 Gbps en Downstream.

2.2.4.1 Recomendaciones GPON

En la Tabla 4-2 se describe las recomendaciones realizadas por la ITU para la aplicación y uso correcto de la tecnología GPON.

Tabla 4-2: Recomendaciones para la tecnología GPON

RECOMENDACIÓN	CARACTERÍSTICAS
ITU-T G.984.1	Servicios para interfaces de red de usuario (UNI) e interfaces de nodo de servicio (SNI). Distancia máxima de 20 Km.
ITU-T G.984.2	Servicios con requisitos de ancho de banda que van desde los de voz a servicios de datos de Gigabits por segundo. Describe además los medios físicos (PMD) y normas de transmisión (TC) tales como velocidades tanto de subida como de bajada, de forma simétrica o asimétrica.
ITU-T G.984.3	Servicios que incluye telefonía simple (POTS) datos, video, línea arrendada y servicios distributivos. Servicios de banda ancha y estrecha. Proporciona velocidades 1.24416Gbps y 2.48832Gbps en sentido descendente y 155,5520Mbps, 622,080Mbps, 1.24415Gbps, 2.48832Gbps en sentidos ascendente. Seguridad de convergencia y transmisión.
ITU-T G.984.4	Gestión y control (OMCI) de la fibra óptica hasta el hogar del cliente (FTTH) y hasta el negocio (FTTB), detalla la gestión de intercambio de información que se da entre las entidades de transmisión como el trasmisor (OLT) y el receptor (ONT). Servicios de gestión de rendimiento y fallo para operar en una red GPON.
ITU-T G.984.5	Define los rangos de longitudes de onda para las respectivas ventanas de trabajo, las cuales están reservadas para el servicio de audio, video y datos las cuales logran ser transmitidas gracias a la multiplexación por longitud de onda (WDM).
ITU-T G.984.6	Describe la arquitectura y los parámetros de interfaz para los sistemas GPON con alcance extendido, utiliza un dispositivo de extensión de capa física como por ejemplo puede ser un generador o un amplificador óptico entre la ONT y OLT, el alcance máximo es de 60Km con pérdidas que superan los 27,5Db.
ITU-T G.984.7	Describe los requisitos dependientes de los medios físicos GPON, esta recomendación permite extender la fibra óptica una distancia del sistema GPON a 40 Km frente a la distancia de 20 Km impuesta en la recomendación ITU-T G984.1.

Fuente: ITU-T G.984.x, 2008

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

2.2.4.2 Multiplexación

En términos generales la multiplexación es combinar dos o más canales de información en uno solo, en las redes de GPON existen dos tipos de multiplexación para Downstream se lo hace con la multiplexación por división de tiempo (TDM), mientras que para Upstream se utiliza el acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). Estos tipos de multiplexación se los puede observar en la ilustración 16-2 presentada a continuación.

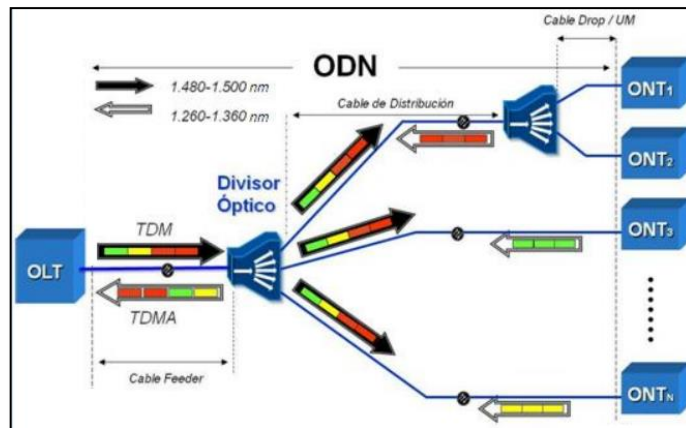


Ilustración 16-2. Tipos de multiplexación en redes GPON.

Fuente: Terán, D. 2018

Multiplexación por división de tiempo (TDM): es tecnología que permite transmitir señales digitales a través de un canal de gran capacidad, de esta manera se logra un mejor aprovechamiento del medio de transmisión. (EcuRed, 2022)

Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA): es una tecnología de transmisión digital que permite que varios usuarios accedan a un único canal de radiofrecuencia (RF) sin interferencias mediante la asignación de intervalos de tiempo únicos a cada usuario dentro de cada canal. El esquema de transmisión digital TDMA multiplexa tres señales en un solo canal. (INTERNATIONAL ENGINEERING CONSORTIUM, 2010)

2.2.4.3 Clases que posee GPON

La clase de GPON está dividida por clases entre las que se tiene son A, B, B+, C y C+, entre las más utilizadas son la B+ y C+ puesto que estas permiten multiplexar una señal hasta 64 veces para 64 clientes.

En la Tabla 5-2 se presenta la atenuación que posee cada clase.

Tabla 5-2: Velocidades de subida y bajada que posee GPON

CLASE	ATENUACIÓN ÓPTICA
Clase A	5-20dB
Clase B	10-25dB
Clase B+	15-30dB
Clase C	13-28dB
Clase C+	17-32dB

Fuente: García, 2012
Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

2.2.5 Arquitectura GPON

La ilustración 17-2 muestra un esquema básico de una arquitectura de red GPON usada generalmente.

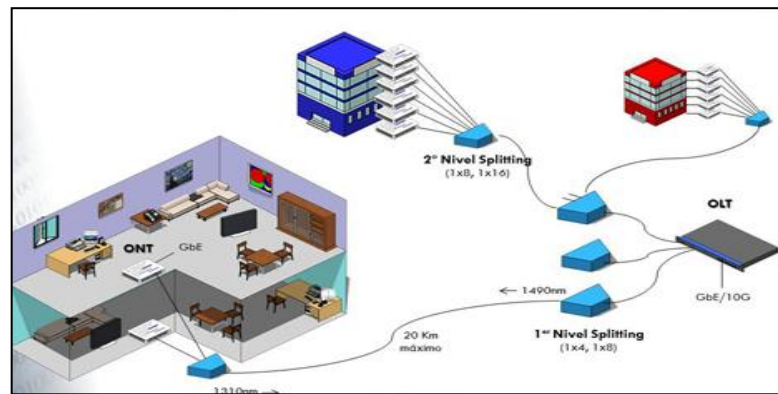


Ilustración 17-2. Arquitectura básica de una red GPON

Fuente: Telnet, 2012

2.2.5.1 Terminal óptico de línea (OLT)

La OLT usualmente se encuentra ubicada en una oficina donde el proveedor de servicio y es la responsable de administrar, gestionar y sincronizar todo el tráfico de los servicios de red del proveedor hacia los equipos terminales (ONT) situados en las instalaciones de cada cliente. (Panchi Herrera, 2016)

2.2.5.2 Red de distribución óptica (ODN)

La ODN corresponde al anillo de fibra óptica que enlaza a la OLT y a los elementos pasivos del primer nivel de splitteo, por medio de cables de distribución hasta los splitters secundarios que se conectan a las ONTs del usuario, a través de una caja de distribución o NAPS. (González N. & Becerra S., 2016)

- Red Feeder: La red troncal se conforma por los cables de fibra óptica que conectan los módulos ópticos, ubicados en el nodo principal y los armarios de planta externa.
- Red de Distribución: son los elementos pasivos de la red después del primer nivel de splitteo hasta llegar al segundo nivel de splitteo (NAP) que son las cajas de distribución.
- Red de Dispersión: es el tramo final de la transmisión, en la cual une la NAP con la roseta óptica en esta parte final se utiliza el cable Drop. (Pinduisaca, C. 2021)

2.2.5.3 Terminal óptico de red (ONT)

La ONT es un equipo situado al final de todo el sistema GPON y se encuentra ubicado en las instalaciones de cada cliente, además los paquetes de datos de difusión en sentido descendente que llega desde la OLT.

2.3 Servicio triple play

Triple Play constituye un nuevo concepto, se define como la integración de servicios de telefonía, Internet y TV a través de una única plataforma tecnológica cuya principal característica es integrar diferentes arquitecturas de red para enviar y transportar diferentes cargas de datos. Los estándares y recomendaciones desarrollados en diseño e implementación de estas nuevas tecnologías, contribuyen al mejoramiento en la capacidad de servicios digitales para la transmisión de información mediante protocolos TCP/IP, satisfaciendo las demandas y necesidades del cliente en términos de funcionalidad, acceso, portabilidad y costo. (Vázquez Martínez, 2008)

2.3.1 Funcionamiento

El funcionamiento del servicio Triple Play requiere una adecuada convergencia de servicios multimedia a través de una única red y necesita algunos requerimientos para asegurar la calidad de estas prestaciones (Ilustración 18-2). La infraestructura debe tener una amplia robustez, así mismo los equipos que componen dicha red y un ancho de banda lo suficientemente grande para brindar soporte a este tipo de servicios.

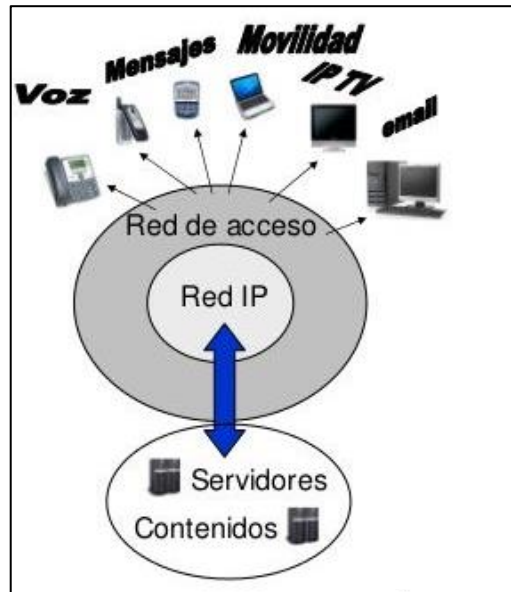


Ilustración 18-2. Red multiservicios

Fuente: GoConqr, 2021

Este tipo de redes convergentes trabajan con tres tecnologías principalmente: (Illescas Lliguichuzhca en Illescas Tapia, 2010)

- Tecnología en la Red de Acceso a Multiservicios: Gigabit Ethernet, x DSL, CATV-HFC, tecnologías inalámbricas y fibra óptica.
- Tecnología en la Red de Transmisión: SDH, WDW, DWDN, protocolos para incrementar capacidades y servicios: ATM, MPLS, IP, Oip, IP/ATM.
- Tecnología multimedia móvil 2G y 3G: CDMA, GPRS, etc.

2.3.2 Componentes de Triple Play

2.3.2.1 Voz sobre IP

VoIP es una tecnología encargada de la transmisión de voz y contenido multimedia a través de una conexión a internet, permite a los usuarios realizar y recibir llamadas de voz desde una computadora, teléfono inteligente, otros dispositivos móviles, teléfonos VoIP especiales y navegadores habilitados para VoIP. Este servicio convierte las señales de audio a datos digitales y mediante el enrutamiento de paquetes con conexión TCP/IP de las llamadas entrantes y salientes, se enviará estos datos a través de internet. (Gillis, 2020)

2.3.2.2 Internet

Es una gran red informática la misma que se encuentra interconectada en todo el mundo, esta ofrece una extensiva variedad de servicios como por mencionar unos pocos: correo electrónico, páginas web, buscadores, transferencias de archivos FTP, blogs, etc.

2.3.2.3 IP TV

IPTV es la transmisión de contenido televisivo por protocolo de internet, a diferencia de la televisión digital donde se transporta contenido a través de pulsos de luz en un cable de fibra óptica u ondas de radio desde un satélite, IPTV envía programas, series y películas mediante una conexión a internet estándar desde su proveedor de servicios de internet (ISP) preferido, obteniendo independencia y libertad a la hora de escoger el contenido que se desea visualizar, al contrario de las programaciones de TV habituales. (Albrigh, 2018)

2.3.3 Parámetros de transmisión

Cada uno de los parámetros que se mencionan a continuación permiten asegurar una mejor calidad de servicio.

2.3.3.1 Factor de calidad (Q)

El factor Q proporciona una descripción cualitativa del rendimiento del receptor, ya que se define como una función de la relación señal/ruido (óptica). El factor Q sugiere la SNR mínima solicitada para obtener un BER específico para una señal determinada cumpliendo con los estándares requeridos. (Cisco Networking Academy, 2003)

$$Q = \frac{I_1 - I_0}{\sigma_1 - \sigma_0}$$

Ecuación 4-2: Factor Q

Donde,

I_1 : es el valor de la corriente de 1 bit

I_0 : es el valor de la corriente de 0 bit

σ_1 : es la desviación estándar de la corriente de 1 bit

σ_0 : es la desviación estándar de la corriente de 0 bit

2.3.3.2 Bit Error Rate (BER)

El BER es la relación del número de bits recibidos incorrectamente, en relación con el número total de bits transmitidos, como se describe en la Ecuación 5-2, además como se observa en la Ilustración 19-2. BER generalmente especifica un número de veces 10 elevado a un gran exponente negativo y usualmente su valor en los enlaces de red se encuentran en el rango de 1×10^{-6} a 1×10^{-15} . Los valores del BER por sí mismos no representan ningún período de tiempo, simplemente una proporción de números de bits enviados y recibidos. (CYPRESS, 2010)

$$BER = \frac{\# \text{ de bits erróneos}}{\# \text{ de bits transmitidos}}$$

Ecuación 1-2: BER (Bit Error Ratio)

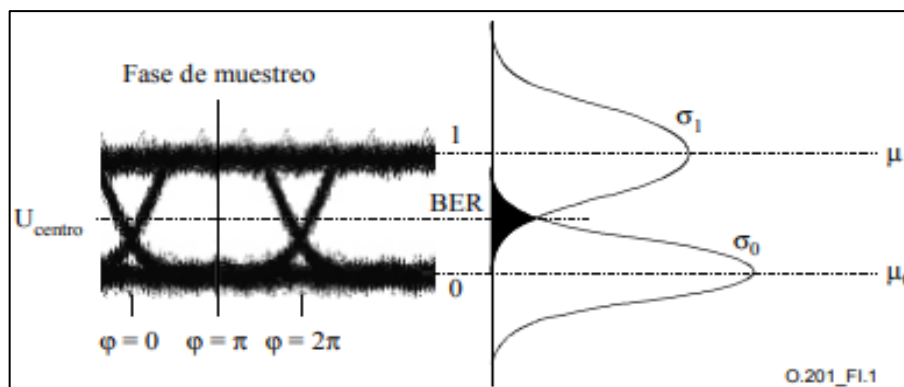


Ilustración 19-2. Relación entre la densidad de probabilidad y el BER

Fuente: ITU, 2003, T-REC-O.201-200307-I!!PDF-S, P 18

2.3.3.3 Codificación NRZ

La codificación sin retorno a cero se utiliza en interfaces de transmisión síncrona y asíncrona de baja velocidad. Con NRZ, un bit lógico 1 se envía como un valor alto y un bit lógico 0 se envía como un valor bajo. El receptor puede perder la sincronización cuando usa NRZ para codificar un enlace síncrono que puede tener largas secuencias de bits consecutivos con el mismo valor. (Davies, 2012)

NRZ-L: En este caso la polaridad de la señal cambia solo cuando la señal entrante cambia de uno a cero o de cero a uno. El método NRZ-L se parece al método NRZ, excepto por el primer bit de datos de entrada. Esto se debe a que NRZ no considera que el primer bit de datos sea un cambio de polaridad, mientras que NRZ-L sí lo hace.

NRZ-I: En este caso un '0' se codifica como ningún cambio en el nivel, no obstante, se codifica un '1' según el estado actual de la línea. Si el estado actual es '0' (valor bajo), el '1' se codificará como valor alto, si el estado actual es '1' (valor alto), el '1' se codificará como bajo. (Davies, 2012)

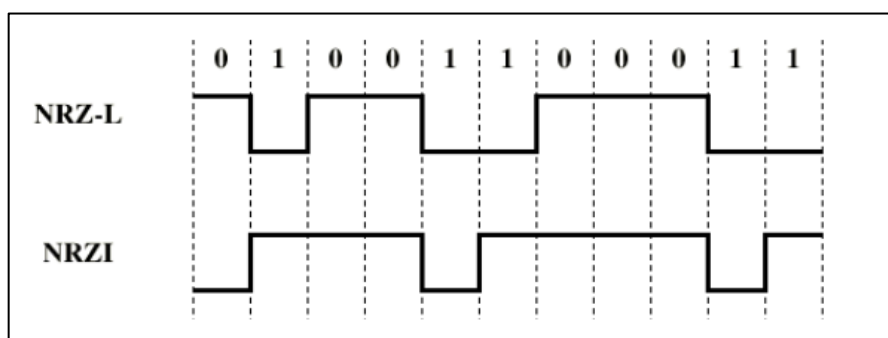


Ilustración 20-2. Representaciones NRZ-L y NRZI de la misma serie de bits

Fuente: Davies, 2012

2.3.3.4 Diagrama del Ojo

El diagrama del ojo (Ilustración 21-2) es utilizado en el análisis de las ondas electromagnéticas en el campo de las telecomunicaciones, donde se puede visualizar la superposición de unos y ceros en un tiempo determinado, estas señales al ser transmitidas por un medio como fibra óptica, cable coaxial, radioenlace, etc., llegan diferentes a como fueron generadas, el diagrama del ojo tiene como objetivo analizar las tramas de información en el receptor y las características en diferentes medios de transmisión. (Ossa, 2002)

One Level: Es la medición del valor promedio de nivel del uno lógico, mediante métodos estadísticos se construye un patrón con los valores del pulso recibidos en un intervalo de tiempo y la zona intermedia es el promedio del total de pulsos.

Zero Level: Es la misma medición que el One Level, pero se obtiene la medida de los valores medios de nivel cero y se trata de igual manera que el anterior caso.

Eye Crossing: Se compone del Crossing Time y Crossing Amplitud y analizan el tiempo y el nivel de voltaje en el que se apertura y se cierra el ojo respectivamente.

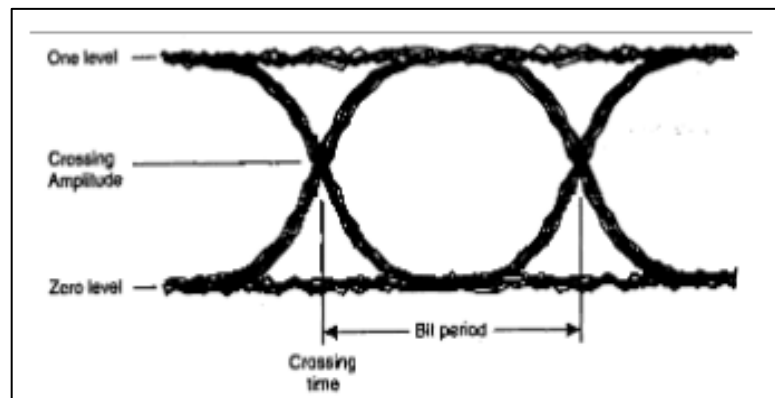


Ilustración 21-2. Propiedades fundamentales del diagrama del ojo

Fuente: Diagrama del ojo, 2012

2.4 Software

2.4.1 OptiSystem

OptiSystem es un potente software de diseño de sistemas, enlaces y componentes ópticos, permitiendo al usuario proyectar, experimentar y simular dichos enlaces ópticos en las etapas de transmisión y recepción, con el objetivo de minimizar tiempos y disminuir los costos de construcción de redes ópticas. La interfaz gráfica de usuario integral (GUI) controla los componentes de diseño óptico, netlist y gráficos de presentación, automatizando el diseño de cualquier tipo de enlace óptico en la capa física y el análisis de un amplio espectro de redes ópticas. (Dr. Ismail, 2014)

Dentro de las características principales sobresalen las siguientes:

- Biblioteca: Incluye cientos de componentes, todos los cuales han sido cuidadosamente validados para ofrecer resultados comparables con las aplicaciones de la vida real.
- Componentes definidos por el usuario: el usuario puede crear nuevos componentes basados en subsistemas y bibliotecas definidas por el usuario.
- Representación de señales mixtas: OptiSystem maneja formatos de señales mixtas para señales ópticas y eléctricas en la biblioteca
- Calidad y Rendimiento: OptiSystem calcula parámetros como BER y Q-Factor para predecir el rendimiento del sistema.
- Monitores de datos: el usuario puede seleccionar cualquier puerto de componente y guardar los datos y luego monitorearlos una vez que finaliza la simulación.
- Múltiples diseños: el usuario puede crear muchos diseños utilizando el mismo archivo de proyecto, permitiéndole crear y modificar sus diseños de forma rápida y eficiente.
- Barridos y optimizaciones de parámetros: las simulaciones se pueden repetir con variaciones modificadas de los parámetros.
- Lista de materiales: OptiSystem proporciona una tabla de análisis de costos del sistema que se está diseñando, organizada por sistema, diseño o componente.

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Metodología

El presente trabajo de integración curricular se fundamenta en la investigación bibliográfica y experimental, tomando como punto de partida el problema que aborda a este trabajo, para desarrollar los objetivos específicos propuestos y brindar solución a los requerimientos planteados.

La revisión bibliográfica, se utilizó para la recopilación de información y documentación necesaria para la caracterización de cada uno de los elementos que intervienen en el diseño de una red con tecnología GPON (OLT, ONU, NAPs, splitters, rosetas ópticas, etc.), garantizando su óptimo funcionamiento antes de ser instalados y evitando futuros contratiempos, así como las diferentes normativas y recomendaciones para la correcta utilización de este tipo de tecnologías de comunicación por fibra óptica.

Este capítulo presenta el desarrollo de la parte aplicada de la tesis, el estudio de los principales requerimientos de la población urbana en la parroquia Quisapincha ubicada en la ciudad de Ambato, para el diseño de la red FTTH/GPON con el objetivo de brindar de servicios Triple Play a dichos usuarios, en base a la recomendación ITU-T G.984 y a la norma técnica vigente para el despliegue y tendido de redes físicas de telecomunicaciones manejada por ARCOTEL, garantizando la comunicación full dúplex a través de un mismo hilo de fibra óptica, evitando que los paquetes choquen y la información se pierda, todos estos cálculos de los valores de ganancia, potencia y retardo de los datos enviados a los usuarios más cercanos y lejanos se realizara mediante las simulaciones respectivas en el software Optisystem con el objetivo de asegurar la viabilidad del tráfico cumpliendo el QoS de potencias en la recepción, etc. y además con ello garantizar la eficiencia del enlace.

3.2 Escenario

La parroquia de Quisapincha Ilustración 1-3 se encuentra ubicada a 12 kilómetros al occidente de la ciudad de Ambato en la provincia de Tungurahua, está limitada al norte con la provincia de Cotopaxi, al sur con las parroquias Pasa y Santa Rosa, al este con las parroquias Ambatillo, Pinllo y la ciudad de Ambato y finalmente al oeste con la parroquia San Fernando, cuenta con una superficie de 119,9 **km²**. (GAD Parroquial Quisapincha, 2014)

Este lugar es reconocido a nivel nacional debido a la producción, confección y venta de artículos elaborados a partir de cuero; chompas, billeteras, botas, sombreros y guantes. En esta parroquia su población oscilara alrededor de los 13.001 habitantes, el 10% de esta población se dedican a la confección de prendas de vestir y otros artículos de este material. (ViajandoX, 2012)

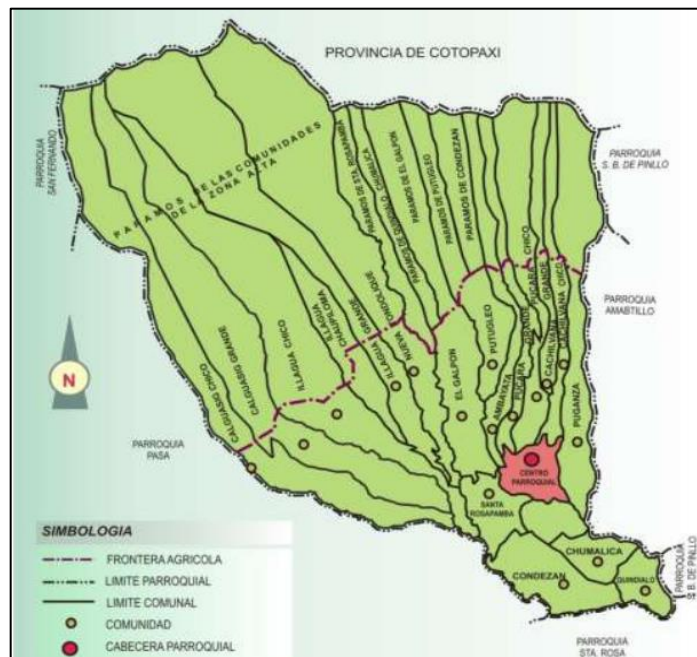


Ilustración 1-3. Croquis y división política de Quisapincha

Fuente: GAD Parroquia Quisapincha, 2014

3.2.1 Lugar de estudio

La parroquia se distribuye en dos partes: el área urbana o zona centro (Ilustración 2-3), conformada por 18 comunidades y 12 barrios, mientras que el área rural comprende los alrededores de la urbe.

3.2.2 Situación demográfica

Según datos proporcionados por el INEC en el 2010, en la parroquia Quisapincha existen alrededor de 13.001 habitantes, constituidos por 6.235 hombres y 6.766 mujeres, un total de 3.323 hogares, con un promedio de 3,91 personas por hogar, por otro lado, el análisis arrojado para la actividad económica que sustenta la población, el 50,5% es una población de clase media y el 49,5% es de bajos recursos. (INEC, 2010)

El informe proporcionado también resalta que existe un total de 3304 viviendas a nivel de la parroquia; 2711 son casas, 291 mediaguas, 189 chozas, y en menor cantidad otros tipos de vivienda. La información proporcionada es de vital importancia, esto permite identificar la estabilidad de un hogar y las personas que habitan el mismo, pudiendo contratar un servicio de internet que ofrezca las mejores garantías y prestaciones para el cliente.

3.2.3 Tamaño de la muestra poblacional

El cálculo del tamaño de la muestra poblacional es indispensable al momento de realizar el diseño e implementación de la red GPON, aspectos a tomar en cuenta como su arquitectura y topología, para lo cual fue necesario realizar una encuesta a los moradores del sector, dicho cálculo se determina a través de la fórmula descrita en la Ecuación 1-3.

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

Ecuación 1-3: Tamaño de muestra poblacional

Donde,

n: número de encuestas aplicadas

N: viviendas en la zona urbana

e: error muestral del 5%

Reemplazando los valores en cada una de las variables descritas en la ecuación, tenemos lo siguiente:

$$n = \frac{1500}{(1500 - 1) * 0.05^2 + 1}$$

$$n \approx 316 \text{ encuestas}$$

3.2.3.1 Recolección de información

Para la recolección de datos en el lugar de estudio se realizó una encuesta, el propósito fue conocer los requerimientos, necesidades y servicios que poseen la población de la zona centro de la parroquia Quisapincha de la ciudad de Ambato, la encuesta constó de 5 preguntas, como se aprecia en el ANEXO A, dichas interrogantes fueron enfocadas a conocer las necesidades de la población de este sector; servicio que disponen, el nivel de satisfacción con su actual proveedor, número de dispositivos conectados en el hogar y esencialmente obtener la cantidad de clientes potenciales en la adquisición de servicios con un nuevo proveedor.

3.2.3.2 Resultados de la encuesta

Se aplicaron un total de 316 encuestas a los habitantes de la urbe de la parroquia, precisando los resultados para cada pregunta a través de tablas y gráficos porcentuales para una mejor comprensión, como se muestra a continuación.

Pregunta 1.- Seleccione los servicios Triple Play que posee en su hogar.

Tabla 1-3: Tipos de servicios en el hogar

SERVICIOS	N° DE ENCUESTADOS	PORCENTAJE %
Internet	125	40%
Telefonía	101	32%
Televisión por pago	14	4%
Internet y Telefonía	49	16%
Internet y Televisión por pago	4	1%
Internet, Telefonía y Televisión por pago (Triple Play)	6	2%
Ninguno	17	5%
TOTAL	316	100%

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

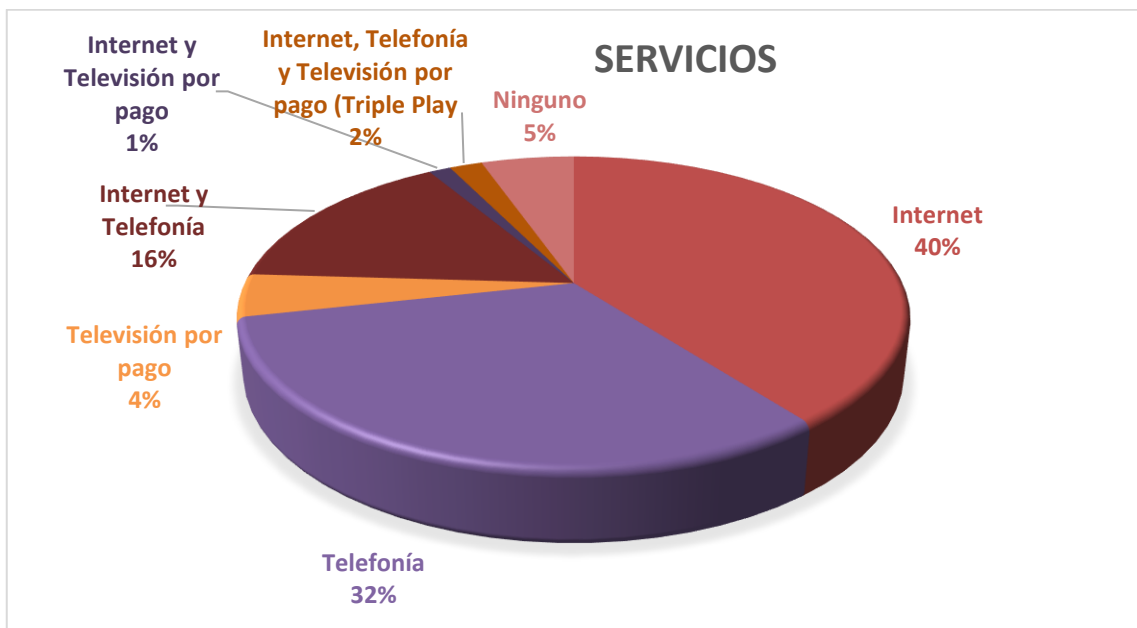


Ilustración 4-3. Porcentaje de los servicios en los hogares de la parroquia Quisapincha

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

Como se observa en la ilustración 4-3, los resultados determinan que la mayoría de personas encuestadas disponen de los servicios de internet y telefonía con un 40% y 32% respectivamente, mientras que los servicios Triple Play son minoría con el 2%.

Pregunta 2.- Indique el grado de satisfacción con su proveedor actual de servicio de internet, telefonía y televisión por pago.

Tabla 2-3: Satisfacción con el proveedor actual de servicio de telecomunicaciones

SATISFACCIÓN CON PROVEEDOR ACTUAL	N° DE ENCUESTADOS	PORCENTAJE %
Muy Satisfecho	19	6%
Satisfecho	23	7%
Insatisfecho	105	33%
Muy Insatisfecho	152	48%
No Aplica	17	6%
TOTAL	316	100%

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

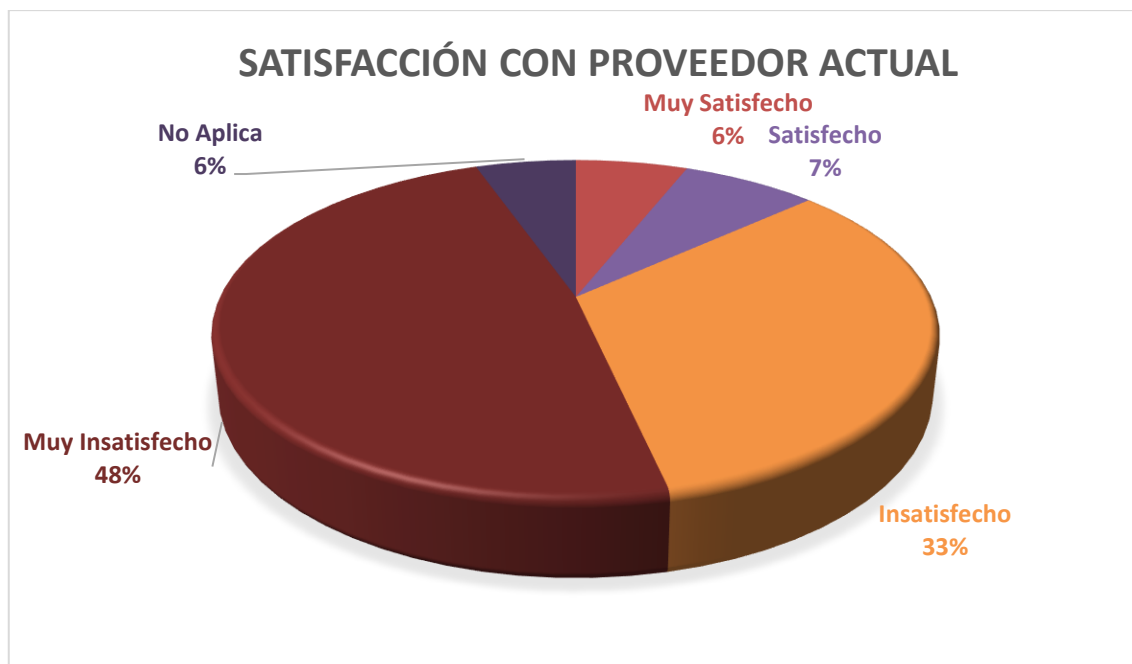


Ilustración 5-3. Porcentaje del nivel de satisfacción de los clientes con su proveedor actual

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

La ilustración 5-3 indica que el 81 % de los clientes de la zona centro de la parroquia Quisapincha, se encuentran inconformes con su proveedor actual de servicios de telecomunicaciones, estableciendo las condiciones para mejorar la calidad de servicio.

Pregunta 3.- ¿Cuántos dispositivos electrónicos aproximadamente dispone usted, con conexión a internet en su hogar?

Tabla 3-3: Número de dispositivos por hogar

N° DE DISPOSITIVOS	N° DE ENCUESTADOS	PORCENTAJE %
Más de 6	7	2%
3 – 6	171	54%
1 – 3	125	40%
Ninguno	13	4%
TOTAL	316	100%

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022



Ilustración 6-3. Porcentaje del número de dispositivos electrónicos en el hogar

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

Como se detalla en la ilustración 6-3, el número de dispositivos en cada uno de los hogares de las personas encuestadas, se encuentran entre los 3 y 6 dispositivos electrónicos con conexión a internet, lo que representa el 54%.

Pregunta 4.- ¿Le gustaría cambiar a un nuevo proveedor que le ofrezca mejores garantías, con un servicio Triple Play de calidad y a un bajo costo?

Tabla 4-3: Tasa de aceptación a un nuevo proveedor de servicios

CAMBIO DE PROVEEDOR	N° DE ENCUESTADOS	PORCENTAJE %
Sí	301	95%
No	15	5%
TOTAL	316	100%

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

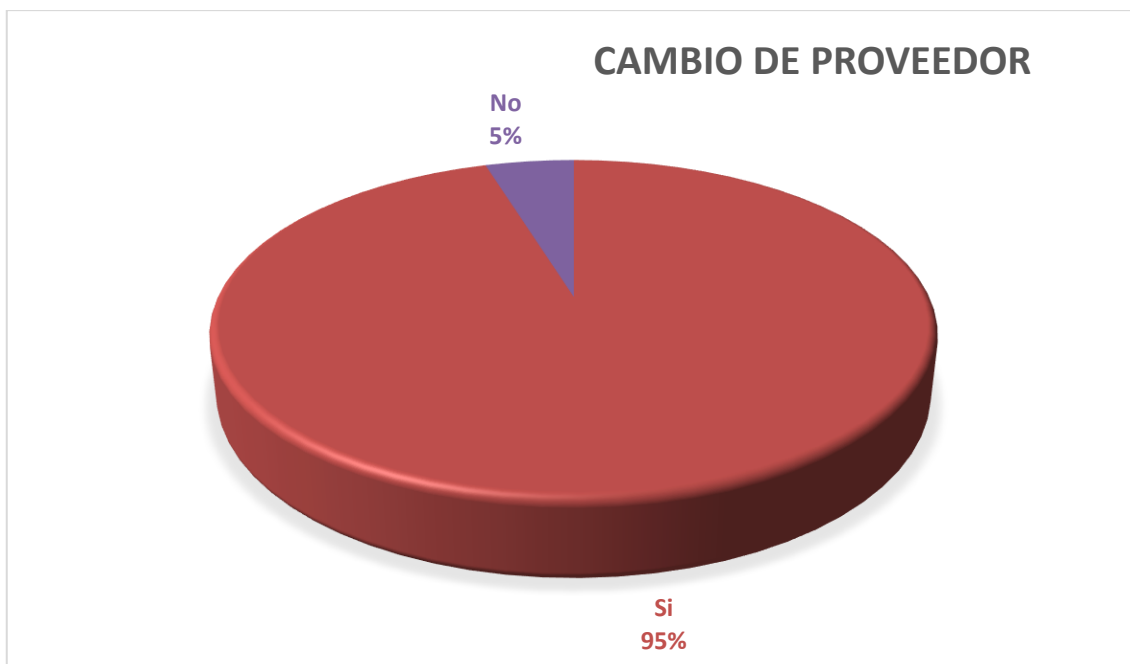


Ilustración 7-3. Porcentaje de aceptación para un nuevo proveedor de servicio Triple Play

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

La Ilustración 7-3 precisa urgentemente el cambio de un proveedor de servicios que garantice los estándares de calidad, el 95% de los usuarios aceptaron cambiar su servicio de telecomunicaciones antiguo por el servicio Triple Play.

Pregunta 5.- ¿Qué tarifa estaría dispuesto a pagar usted por un servicio Triple Play (Internet, Telefonía y Televisión por pago) de calidad?

Tabla 5-3: Tarifa del servicio Triple Play

COSTO DEL SERVICIO	Nº DE ENCUESTADOS	PORCENTAJE %
\$25-\$35	253	80%
\$35-\$45	55	17%
Mayor a \$45	8	3%
TOTAL	316	100%

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

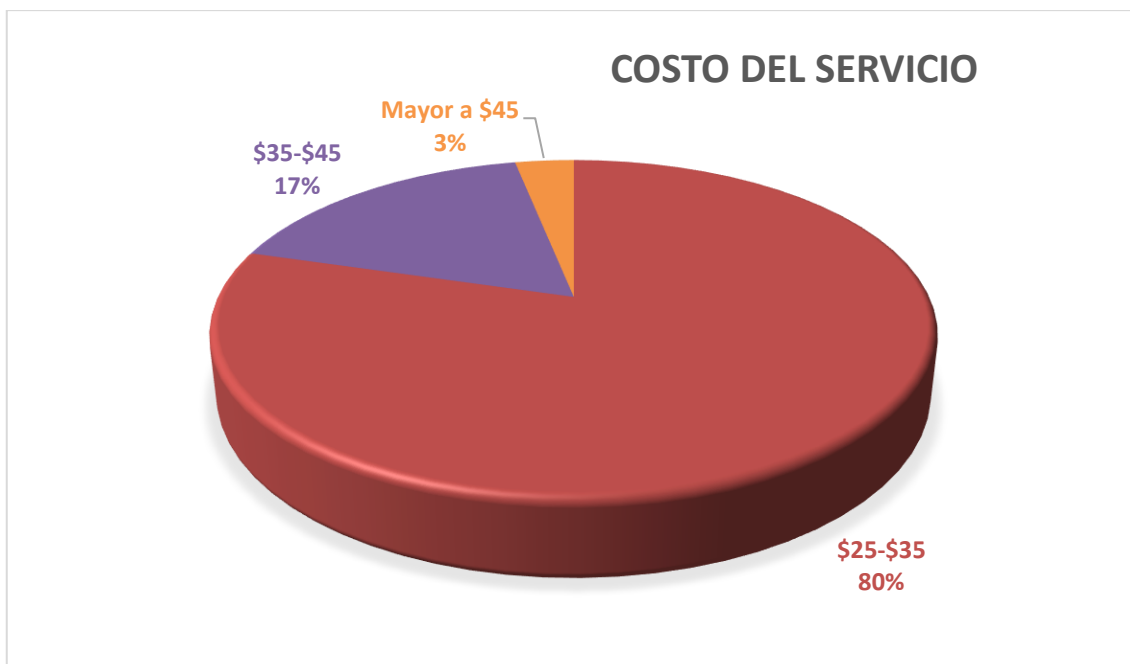


Ilustración 8-3. Porcentaje de las tarifas del servicio Triple Play

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

La Ilustración 8-3 muestra que el 80% de los usuarios encuestados, tienen la intención de cancelar la tarifa por el servicio Triple Play por un valor que se encuentra entre los \$25 y \$ 35, siempre que el servicio cuente con todas las garantías de calidad.

3.2.3.3 Análisis de la encuesta aplicada

Una vez obtenido los resultados de la encuesta aplicada a los moradores, es necesario analizar ciertos puntos relevantes para el diseño de la red GPON en la zona centro de la parroquia Quisapincha. Los datos conseguidos reflejan un elevado número de habitantes que se encuentran inconformes con el actual servicio de telecomunicaciones que les ofrece su proveedor, ya sea un único servicio o por paquete, el 81% de la población recalzó la insatisfacción con los servicios que disponen en cada uno de sus hogares.

Actualmente la interacción de las personas con dispositivos tecnológicos integrados a internet tiene un crecimiento exponencial, la encuesta aplicada evidencia un 94% de usuarios de la urbe que poseen de entre 1 y 6 dispositivos electrónicos con conexión a internet, a todo esto se suma los requerimientos de los moradores en su actividades cotidianas y el acceso a las plataformas multimedia.

Se propuso una mejora en la calidad de su servicio, a través de la integración de internet, telefonía y televisión por pago en uno solo, con la opción del servicio Triple Play, evidenciando un 95% de encuestados conformes en contratar dicho servicio, siempre que se cumpla con los estándares de calidad, por lo que la información recolectada respalda la urgencia en adquirir de una red FTTH con tecnología GPON y una amplia capacidad, puesto que las prestaciones actuales en telecomunicaciones de la parroquia son deficientes.

3.3 Requerimientos de diseño de la red GPON

3.3.1 Arquitectura de la red

Para el diseño de la arquitectura de red se tomó como base a la recomendación ITU-T G.984.X, la cual brinda los criterios y parámetros técnicos más importantes para la optimización de los diferentes recursos en una red FTTH GPON, como se mencionó en el capítulo anterior, además de planificar diseños ideales y evitar a futuro trabajos adicionales de construcción.

3.3.2 Tecnologías FTTx

La Tabla 6-3 describe las diferentes tecnologías FTTx utilizadas para la transmisión de datos y distribución de servicios en las instalaciones del usuario final.

Tabla 6-3: Ventajas y desventajas entre tecnologías FTTx

TECNOLOGÍA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
FTTN y FTTC	Brindan servicio a una gran cantidad de abonados. Son de bajo costo al momento de implementar y realizan la transmisión en su última milla mediante cobre.	Tiene menos capacidad pese a la mejora de los estándares DOCSIS.
FTTB y FTTH	Ofrecen a los usuarios altas velocidades de transmisión hasta de 2.5 Gbps. Mayor cantidad de servicios disponibles. Permite reutilización de infraestructuras (par de cobre, cableado Ethernet, etc.).	El coste operacional es mayor debido a la existencia de más protocolos y dispositivos, que suponen más puntos de fallos y una mayor complejidad en la monitorización de la red.

Fuente: Telequismo, 2013

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

Con el objetivo de garantizar un servicio Triple Play de calidad y satisfacer los requerimientos de los usuarios, se consideró una mayor capacidad de servicios disponibles, ancho de banda considerable y altas velocidades de transmisión para tasas de transferencia de datos más rápidas, por lo que se optó utilizar la tecnología FTTH, capaz de brindar dichas garantías en el diseño de la red GPON.

3.3.3 Topología de la red

La topología de una red es esencial para reducir el tiempo de planificación y diseño, además de abaratar costos de inversión, es importante tener en cuenta los parámetros relacionados con la red principal, los equipos, la ingeniería estructural de la disposición de la red, la sistematización para el funcionamiento del sistema y los dispositivos terminales conectados.

La Tabla 7-3 describe las principales topologías utilizadas en trabajos con tecnología FTTH.

Tabla 7-3: Descripción de la topología de red

TOPOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
Bus o Barra	Todos los nodos están conectados a un cable común o compartido. Las redes Ethernet normalmente usan esta topología.
Estrella	Cada nodo se conecta directamente a un concentrador central. En una topología de estrella todos los datos pasan a través del concentrador antes de alcanzar su destino.
Línea (o multiconcentrador)	Un conjunto de nodos conectados en una línea. Cada nodo se conecta a sus dos nodos vecinos excepto el nodo final que tiene sólo un nodo vecino.
Árbol	Una combinación de las topologías de bus y estrella. Un conjunto de nodos configurados como estrella se conectan a una dorsal (backbone).
Anillo	Todos los nodos se conectan entre sí formando un lazo cerrado, de manera que cada nodo se conecta directamente a otros dos dispositivos. Típicamente la infraestructura es una dorsal (backbone) con fibra óptica.
Malla completa	Existe enlace directo entre todos los pares de nodos de la red. Una malla completa con n nodos requiere de $n(n-1)/2$ enlaces directos. Debido a esta característica, es una tecnología costosa pero muy confiable. Se usa principalmente para aplicaciones militares.
Malla parcial	Algunos nodos están organizados en una malla completa, mientras otros se conectan solamente a uno o dos nodos de la red. Esta topología es menos costosa que la malla completa, pero por supuesto, no es tan confiable ya que el número de enlaces redundantes se reduce.

Fuente: Buettrich y Escudero, 2007

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

Las redes de datos con tecnología GPON utilizan la técnica de multiplexación WDM, la información viaja tanto por el canal ascendente como el descendente a través de la misma fibra óptica, tomando en cuenta esta característica, se eligió la topología tipo árbol (Ilustración 9-3) o conocida como punto a multipunto, siendo la topología más adecuada.

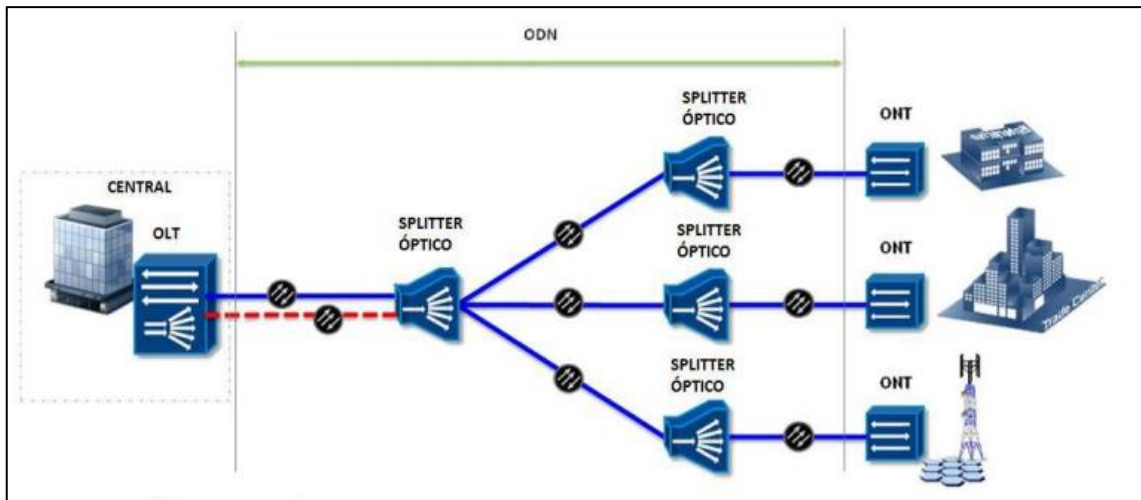


Ilustración 9-3. Topología Árbol en red GPON

Fuente: Copa, Juan Carlos, 2016

3.3.4 Norma técnica para fibra óptica

La elección de la tecnología adecuada para la red de transporte general es esencial en cualquier diseño, la fibra monomodo proporciona una alta capacidad de transmisión que puede responder a la creciente demanda de servicios de alta velocidad y banda ancha.

La recomendación ITU-T G.652 describe las características, aspectos de instalación y operación de redes de fibra óptica monomodo, proporcionando información del rendimiento que tiene sobre las diferentes exigencias en una red de acceso óptico.

La recomendación ITU-T G.657 tiene como objetivo optimizar los atributos geométricos, mecánicos, de transmisión y rendimiento de flexión de una fibra óptica monomodo recomendando en la norma técnica ITU-T G.652 existente.

La Tabla 8-3 indica los principales parámetros de operación del cable de fibra óptica monomodo, en base a las recomendaciones G.652 y G.657 y sus diferentes categorías vigentes por la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Tabla 8-3: Parámetros de la recomendación ITU-T G.652 y G.657

CARACTERÍSTICAS	DETALLE	RECOMENDACIONES			
		ITU-T G.652		ITU-T G.657	
		Clase B	Clase D	Clase A	Clase B
Diámetro del campo modal (nm)	Longitud de Onda	1310	1310	1310	1310
Coeficiente de dispersión cromática (nm)	$\lambda_{0 \min}$	1300	1300	1300	1250
	$\lambda_{0 \max}$	1394	1394	1324	1350
Coeficiente de dispersión cromática ($ps/(nm^2 \times km)$)	$S_{0 \min}$	-	0,073	0,073	-
	$S_{0 \max}$	0,092	0,092	0,092	0,11
Coeficiente de atenuación (dB/km)	(1310-1625 nm)	-	0,40	0,40	0,40
	(1530-1565)	-	0,30	0,30	0,30
	1310 (nm)	0,40	-	-	-
	1550 (nm)	0,35	-	-	-
	1625 (nm)	0,40	-	-	-
Coeficiente PMD (ps/\sqrt{km})	Máximo	0,20	0,20	0,20	0,50

Fuente: ITU-T, 2016

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

En base a los atributos, valores necesarios establecidos en instalaciones de redes de acceso optimizadas y redes generales de transporte otorgados por la recomendación ITU-T G.657, se decidió utilizar la fibra monomodo perteneciente a esta recomendación; para la red feeder y la red de distribución se optó por la categoría A, debido a las ventajas que presenta con respecto a las pérdidas por macroflexión, mientras que para la red de dispersión se eligió la fibra de la categoría B, para redes optimizadas con radios de curvatura muy pequeños, utilizados principalmente al final de las redes de acceso, en particular dentro o cerca de edificaciones.

3.3.5 Arquitectura del servicio Triple Play

El servicio Triple Play está sujeto a las características del diseño de la red GPON, desarrollado en el presente trabajo de titulación, como se mencionó anteriormente, se utiliza una multiplexación por división de longitud de onda (WDM), ocasionando que cada portadora óptica transmita las señales de voz/datos y video en diferentes longitudes de onda, pero a través de una única fibra óptica como se aprecia en la Ilustración 10-3.

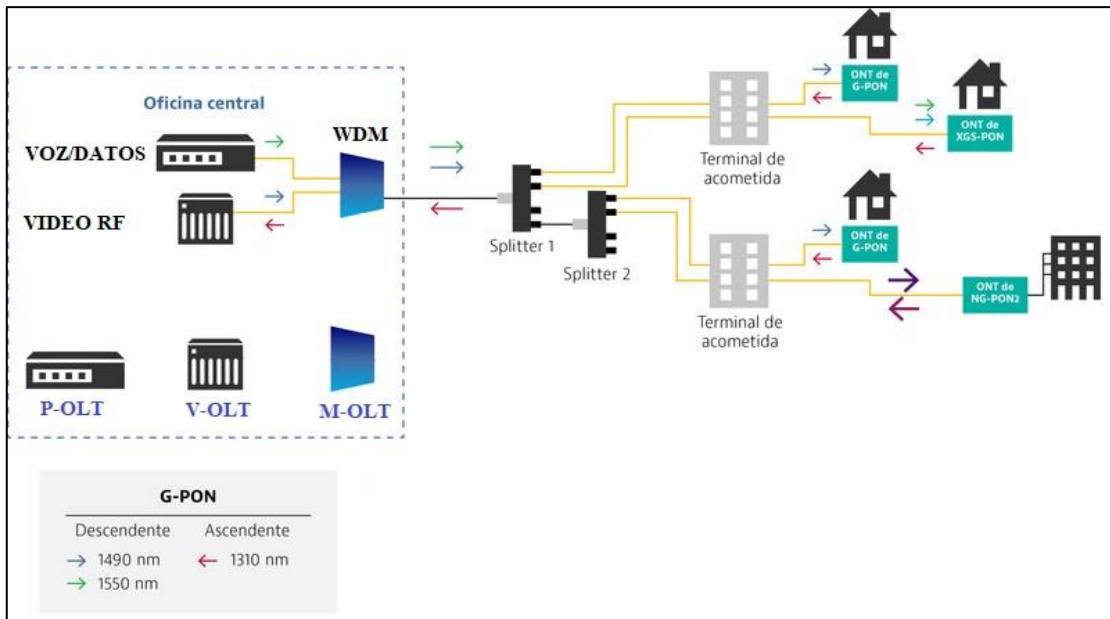


Ilustración 10-3. Multiplexación del servicio triple play.

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

El módulo P-OLT tiene como finalidad transmitir las tramas de voz y datos provenientes del tráfico de información de la red hacia la ONT del usuario. Para transportar esta información se utiliza una longitud de onda Downstream (1490 nm). Por otro lado, los datos provenientes de la ONT hasta la OLT se envían a una longitud de onda Upstream (1310 nm), evitando conflictos de transmisión.

El módulo V-OLT tiene como objetivo transmitir las tramas de video de la red de video streaming a cada uno de los usuarios, mediante una longitud de onda Downstream (1550 nm).

El M-OLT tiene como misión multiplexar la información proveniente de la P-OLT y V-OLT hacia la ONT en Downstream y demultiplexar la información de retorno en dirección a la OLT en Upstream.

Tabla 9-3: Longitudes de onda para cada servicio del paquete Triple Play

TRIPLE PLAY	SERVICIOS	TRÁFICO	LONGITUD DE ONDA	METODO DE TRANSMISIÓN
	Audio/ Datos	Upstream	1310 nm	WDM
		Downstream	1490 nm	
	Video RF	Downstream	1550 nm	

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

3.3.6 Capacidad de servicio

La capacidad del servicio Triple Play fue estimada de acuerdo a los requerimientos necesarios de cada componente que conforma dicho servicio, contemplando que su funcionamiento sea óptimo, la Tabla 11-3 describe los anchos de banda requeridos en el sistema de red GPON para ofrecer el servicio Triple Play.

La ITU-T en su recomendación G.723 dispone un ancho de banda mínimo de 42 kbps para establecer una comunicación aceptable para servicios de telefonía IP, sin embargo para garantizar la máxima calidad durante las llamadas es recomendable disponer de 100 kbps de subida y de bajada por cada canal.

Las ventajas que ofrece la fibra óptica por su robustez y gran ancho de banda es una buena solución para el servicio IPTV, su capacidad de ancho de banda es aproximadamente 1,5 Mbps para el canal de definición estándar (SDTV) y de 8 para transmisión de video de alta definición (HDTV). (Lloret en García, 2008)

El ancho de banda para el servicio de internet no está sujeto a ningún estándar ni recomendación, debido a que cada proveedor oferta los planes de internet a cada uno de los usuarios, partiendo de esto se fijó un ancho de banda estándar que cumpla con las exigencias de una navegación rápida y eficiente.

Tabla 10-3: Capacidad requerida para el servicio Triple Play

ANCHO DE BANDA REQUERIDO	SERVICIO			
	TELEFONIA IP	IP TV HD	DATOS	CAPACIDAD TOTAL REQUERIDA
Subida	100 kbps	9,5 Mbps	30 Mbps	39,6 Mbps
Bajada	100 kbps	9,5 Mbps	30 Mbps	39,6 Mbps

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

En base a los requerimientos de cada servicio, se estableció un total de 39,6 Mbps para otorgar un servicio óptimo a cada cliente.

3.3.7 Determinación del ancho de banda

Para determinar el ancho de banda de la red en la parroquia Quisapincha, se utilizó la Ecuación 2-3, este cálculo se realiza en base a dos parámetros, la capacidad de la red GPON y el nivel de splitteo, la recomendación ITU-T 984.2 indica que las velocidades nominales en los canales de downstream es de 2.488 Gbps y upstream es de 1.244 Gbps para GPON.

$$AB = \frac{\text{Capacidad AB de GPON}}{(\text{Relación de Splitter } 1: x)}$$

Ecuación 2-3: Ancho de banda de la red

Donde,

AB: ancho de banda final

AB de GPON: ancho de banda GPON downstream/upstream

Relación de Splitter: nivel de splitteo

Para el primer nivel de splitteo se considera una relación de 1:4, por lo que el AB será el siguiente.

$$AB_{s1} \text{ Downstream} = \frac{2,488 \text{ Gpbs}}{4 \text{ clientes}}$$

$$AB_{s1} \text{ Downstream} = 622 \text{ Mpbs}$$

$$AB_{s1} \text{ Upstream} = \frac{1,244 \text{ Gpbs}}{4 \text{ clientes}}$$

$$AB_{s1} \text{ Upstream} = 311 \text{ Mbps}$$

Se eligió un segundo splitter de tipo 1:8 al considerar el número de usuarios de la zona, cubriendo con éxito las necesidades de la zona céntrica de la parroquia y adicionalmente se reserva puertos para futuras expansiones en la red.

$$AB_{s2} \text{ Downstream} = \frac{622 \text{ Mpbs}}{8 \text{ clientes}}$$

$$AB_{s2} \text{ Downstream} = 77,75 \text{ Mpbs}$$

$$AB_{s2} \text{ Upstream} = \frac{311 \text{ Mpbs}}{8 \text{ clientes}}$$

$$AB_{s2} \text{ Upstream} = 38,86 \text{ Mbps}$$

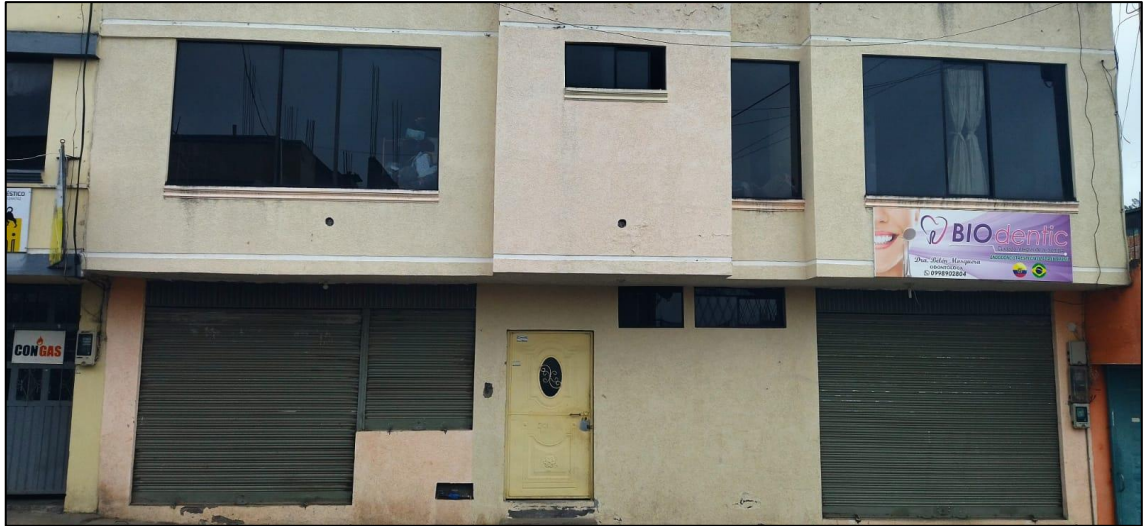


Ilustración 12-3. Ubicación de la oficina para el equipo OLT

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

3.4.2 Mangas porta splitter

Las mangas portan splitter se colocaron en las dos zonas de estudio, para su identificación se utilizó el acrónimo MT0x donde x, es el número a la que pertenece cada manga del primer nivel, la Tabla 11-3 detalla con mayor precisión la dirección y coordenadas de cada una de ellas.

Tabla 11-3: Ubicación geográfica de Mangas Porta Splitters

ZONA	MANGA	DIRECCIÓN	COORDENADAS
1	MT01	Calle J y Cóndor	1°14'8.62"S y 78°41'16.44"O
	MT04	Calle H y Calvario	1°14'10.80"S y 78°41'1.65"O
2	MT02	Calle Cóndor y González Suárez	1°13'57.17"S y 78°41'6.80"O
	MT03	Calle F y Pichincha	1°14'10.80"S y 78°41'1.65"O

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

La Ilustración 13-3. indica la ubicación geográfica de cada una de las mangas porta splitter en la urbe de la parroquia Quisapincha.

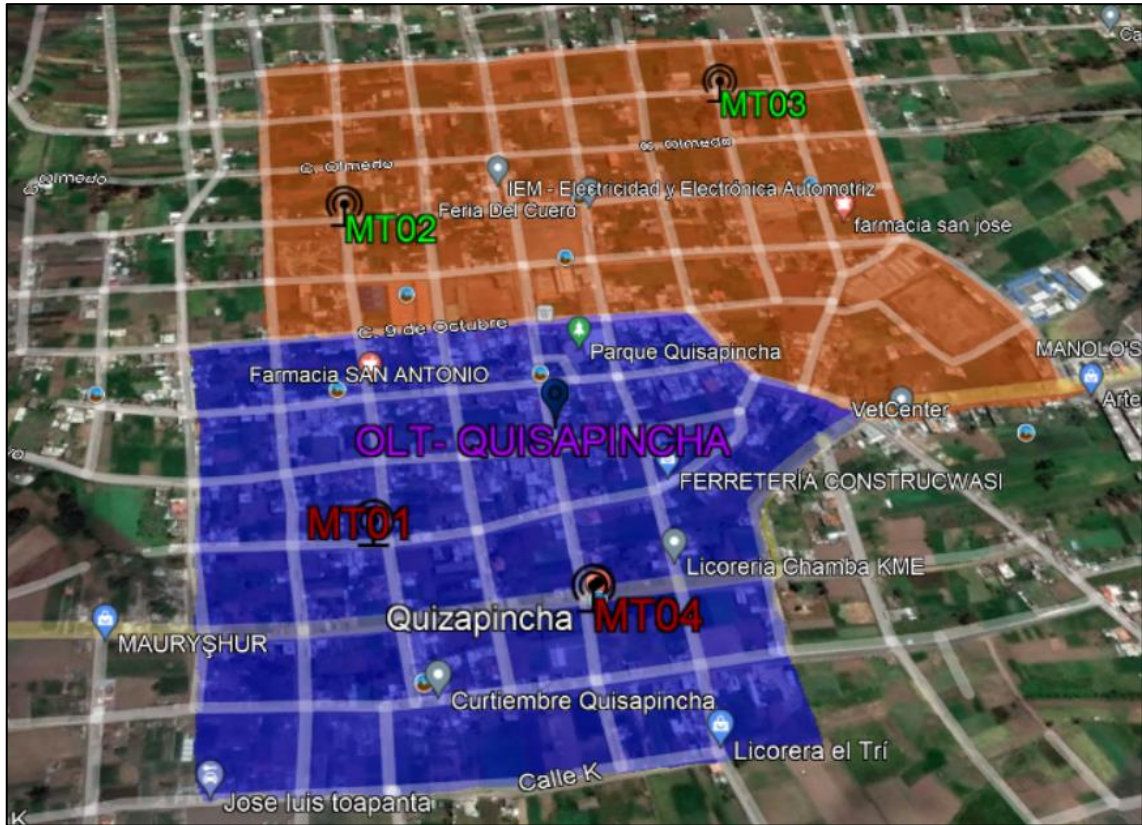


Ilustración 13-3. Ubicación geográfica de las Mangas Porta Splitters en la urbe de Quisapincha

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

3.4.3 Cajas de distribución ópticas (NAPS)

Dentro de la zona céntrica de la parroquia Quisapincha se colocaron las cajas de distribución ópticas o NAPS, ubicadas estratégicamente e instaladas en los postes eléctricos debido a que no existen acometidas por canalización (Ilustración 14-3). Todas las NAPS fueron debidamente etiquetadas y numeradas desde la más lejana hasta la más cercana.

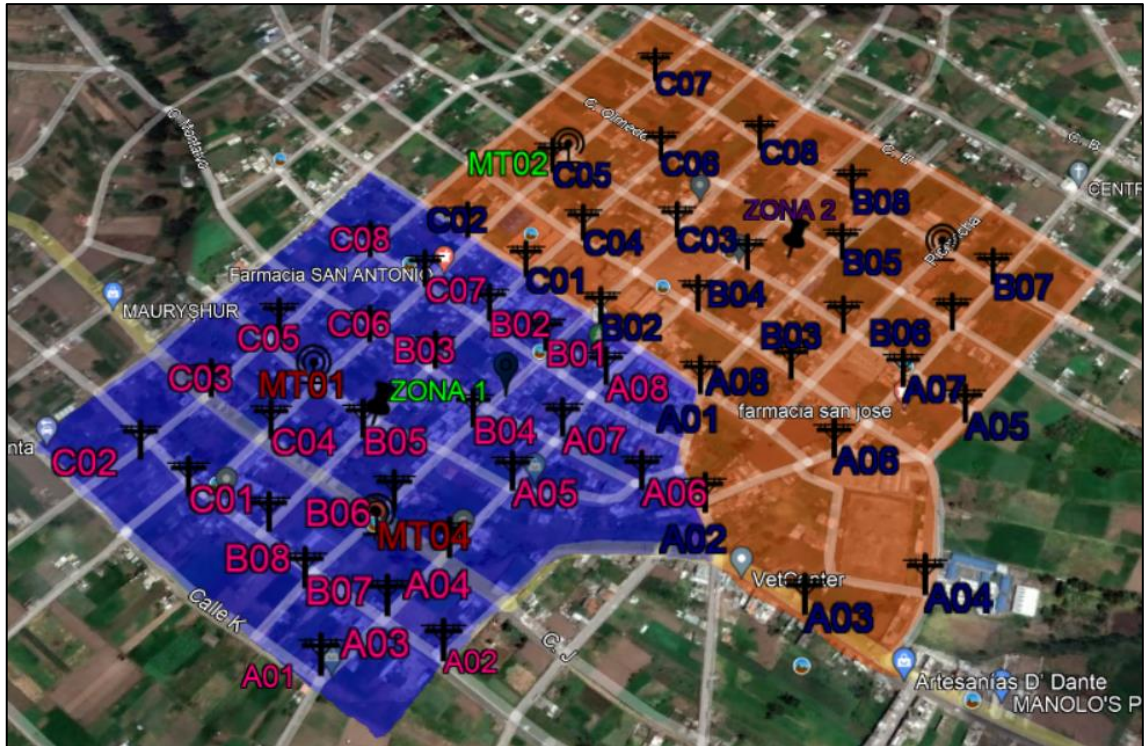


Ilustración 14-3. Distribución geográfica de las NAPs en la urbe de Quispapincha

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

3.5 Diseño de la red GPON

3.5.1 Red feder

La red Feeder o también llamada red troncal abarca el cable de fibra óptica monomodo G.657.A canalizado, con una capacidad 96 hilos.

La fibra óptica utilizada es de tipo aéreo, fue nombrada FT01 y su conexión comenzó desde el armario de distribución óptica localizado en la oficina central, hasta la manga de sangrado, asegurando el número de hilos requeridos para dar cobertura a la zona.

En la Ilustración 15-3 se puede observar el recorrido de la red Feeder de color verde, conectando cada una de las mangas porta splitters y a la OLT por toda la zona céntrica de la parroquia.



Ilustración 15-3. Ubicación geográfica de las Mangas Porta Splitters

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

La zona urbana de la parroquia Quisapincha se dividió en 2 zonas; asignando 6 hilos de cable Feeder para cada una, la demanda actual requiere la utilización de 5 hilos, mientras que el hilo restante se destinó como reserva para futuras construcciones y ampliaciones de la red.

3.5.1.1 Derivación del cable Feeder para la zona 1

En la zona 1 se ubicaron dos mangas troncales, la primera (Ilustración 16-3) denominada MT01, en donde ingresan los hilos del buffer del cable Feeder FT01_00_00 (96) (1...6), para posteriormente fusionar con la derivación FT01_01_00 (12) (1...6) y por último redirigir los 3 hilos a la MT01 denominada como FT01_01_00 (12) (1...3) y el resto a la manga MT04 (Ilustración 17-3) representada por FT01_04_00 (12) (4...6).

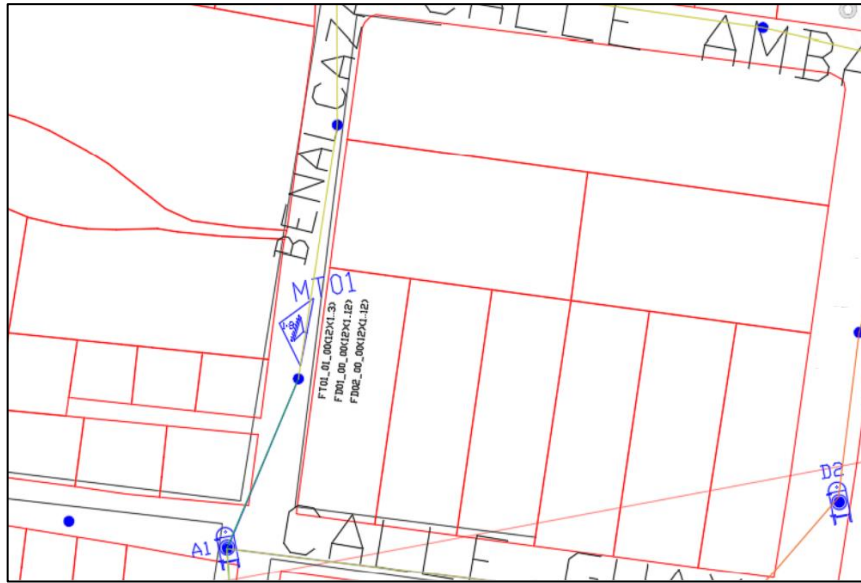


Ilustración 16-3. Sangrado y Mangas Troncales MT01 de la zona 1

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

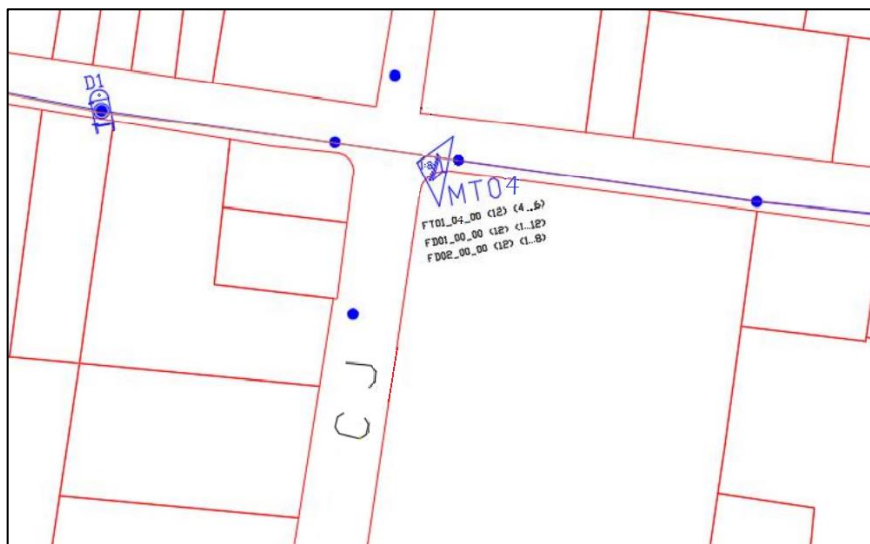


Ilustración 17-3. Sangrado y Mangas Troncales MT04 de la zona 1

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

3.5.1.2 Derivación del cable Feeder para la zona 2

Del mismo modo en la zona 2 se ubicaron dos mangas troncales (Ilustración 18-3, 19,3), en la manga MT02 ingresan los hilos sobrantes del buffer del cable Feeder FT01_00_00 (96) (7...12) para fusión con la derivación FT01_02_00 (12) (1...3) y los otros 3 hilos van a la manga MT03 que se conoce como FT01_03_00 (12) (4...6).

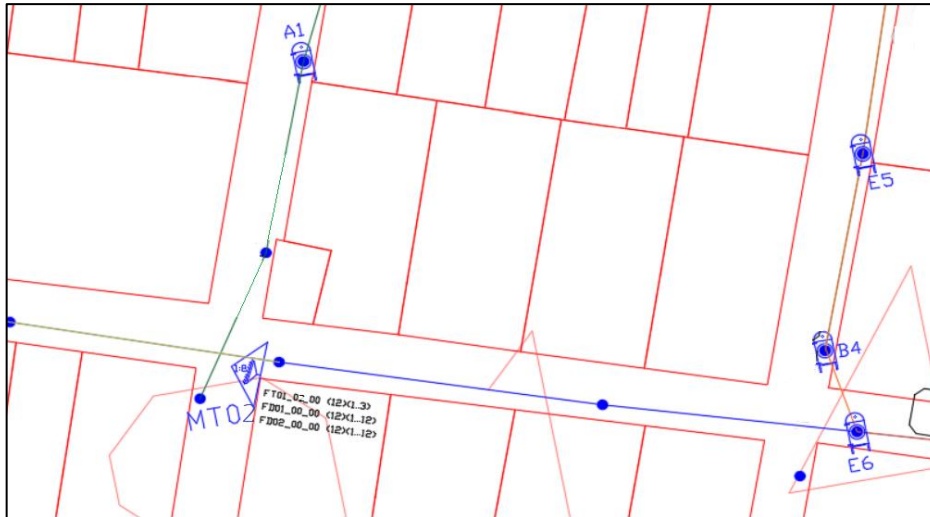


Ilustración 18-3. Sangrado y Mangas Troncales MT02 de la zona 2

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

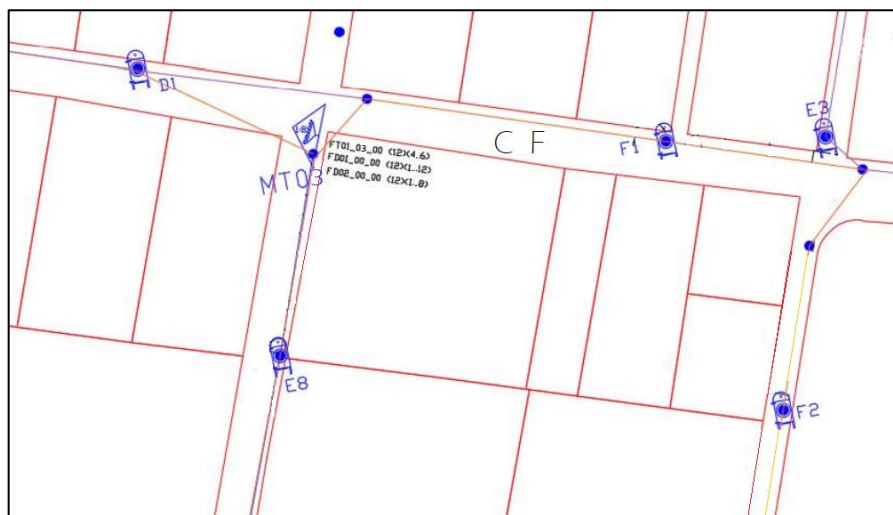


Ilustración 19-3. Sangrado y Mangas Troncales MT03 de la zona 2

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

3.5.2 Red de distribución

La red de distribución dispone de una capacidad de 12 hilos, iniciando desde los puertos de salida del primer nivel de splitteo, los cuales se conectaron a cada una de las NAPs, donde se efectúa el splitteo secundario. El objetivo de esta red es dar cobertura a sectores más pequeños dentro de la zona de servicio, generalmente abarcan una calle o manzana.

3.5.3 Red de dispersión

La red de dispersión comprende el tramo final en el diseño de la red GPON, e inicia desde las cajas de distribución o NAPS colocadas en los postes hasta una roseta óptica, donde existe un punto de fusión con el respectivo pigtail, este se conecta al equipo ONT ubicado en cada una de las viviendas de los clientes, se empleó cable DROP monomodo G.657 categoría B para optimizar los radios de curvatura de la fibra, adicionalmente se utilizó conectores, pigtails y splitters tipo SC/APC para evitar pérdidas por retorno en la red, cumpliendo con la normativa establecida por ARCOTEL para la construcción con fibra óptica.

3.6 Selección de equipos y materiales

Una vez realizado el diseño de la red GPON en su totalidad, considerando los requerimientos y necesidades de los usuarios, es importante efectuar el proceso de selección de los equipos y materiales imprescindibles que se utilizarán en la red FTTH, tomando en cuenta aspectos técnicos, ventajas y las desventajas que ofrece cada equipo, permitiendo un rendimiento óptimo y brindando un servicio Triple Play de calidad a cada cliente.

3.6.1 Selección del tipo de OLT

La OLT es un equipo indispensable para el proveedor de servicio, tiene como finalidad enviar la señal principal con tramas de información hacia todos los clientes, considerando garantizar una alta transferencia de datos y un gran ancho de banda.



Ilustración 22-3. Equipo OLT Huawei MA5800-X17

Fuente: Huawei, 2022

Tabla 12-3: Especificaciones técnicas de las OLT's

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Dimensiones	535 mm x 287 mm x 486 mm
Alimentación	-38.4V a -72V
Downstream	2.48 Gbps
Upstream	1.25 Gpbs
Tipo de conector	SC/APC
Distancia máxima	60 km
Longitud de onda	Tx: 1490nm Rx: 1310nm
Potencia Óptica de transmisión	1.5 dBm a 5 dBm
Potencia Óptica de recepción	-28 dBm -8dBm
Relación de división máxima	1:128
Protocolo de administración	Telnet, IGMP, DHCP
Número de Puertos GPON	272

Fuente: Route-Switch, 2002

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

3.6.2 Selección del tipo de ONT

La ONT tiene como objetivo transformar la señal óptica en señal eléctrica dentro de las viviendas de cada usuario, por la compatibilidad con el equipo OLT.



Ilustración 23-3. Equipo ONT Huawei HN8M038055Q

Fuente: Route-Switch.com, 2011

Tabla 13-3: Especificaciones técnicas de las ONT's

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Dimensiones	238 mm x 190 mm x 26 mm
Peso	850 g
Alimentación	11-14V
Temperatura	0°C to +40°C
Altitud	4000 m
Downstream	2.48 Gbps
Upstream	1.24 Gbps
Características del servicio	Fibra para el hogar Servicio de VoIP y Internet y servicio de video HD. Servicio de acceso a la red de alta velocidad. Permite acceder a las redes IP e OPTV

Fuente: Route-Switch.com, 2002

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

3.6.3 Selección del tipo de cable

La Tabla 14-3 proporciona información respecto al nivel de desempeño que presenta cada uno de los tipos de cable de fibra óptica para el usuario.

Tabla 14-3: Desempeño de los tipos de cable de fibra óptica

ATRIBUTOS	CABLE ADSS	CABLE FIGURA 8	CABLE OPGW
Confiabilidad	Alta	Alta	Alta
Costo de instalación	Bajo	Bajo	Alto
Costo del cable	Bajo	Medio	Alto
Mantenimiento	Fácil	Fácil	Difícil
Acceso a fibras ópticas	Fácil	Fácil	Difícil

Fuente: Cruz N., 2019

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

Bajo estos criterios, el cable aéreo de tipo ADSS posee el mejor desempeño frente al resto, razón por la cual se escogió este tipo de cable de fibra óptica.

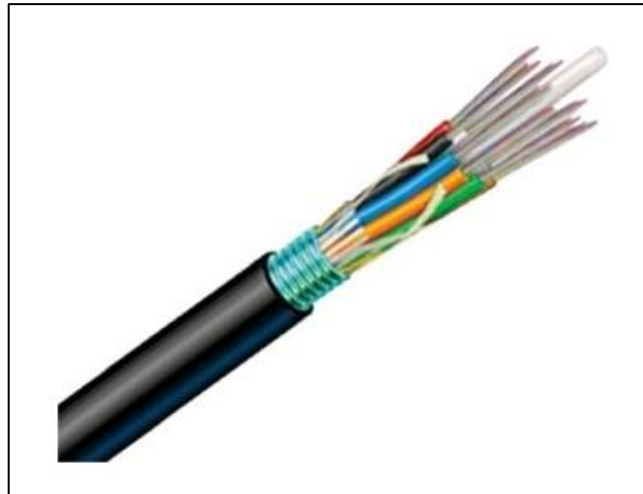


Ilustración 24-3. Cable de fibra óptica ADSS 96 hilos

Fuente: OPTITEL, 2022

3.6.4 Selección del tipo de splitter

Los divisores ópticos son componentes pasivos encargados de dividir la potencia de la señal óptica dentro de las redes PON, gracias a su estabilidad, uniformidad y confiabilidad son ampliamente utilizados de acuerdo con la necesidad de cada aplicación. En la Tabla 15-3 se detalla las especificaciones técnicas más relevantes de los splitters PLC más populares del mercado.

Tabla 15-3: Especificaciones técnicas de los splitters PLC

CARACTERÍSTICAS GENERALES	MARCA	
	FiberMAX	FURUKAWA
Tipos de conectores	LC o SC	LC o SC
Tipos de pulidos	UPC o APC	APC
Tipo de fibra	Monomodo G.657	Monomodo
Longitud de onda (nm)	1490, 1310 y 1550	1490, 1310 y 1550
Relación de división	1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, 1:64	1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, 1:64
ESPECIFICACIONES DE SPLITTERS		
Pérdidas por inserción (dB)	4,3; 7,2; 10,5; 13,6; 17,2; 21	3,7; 7,1; 10,5; 13,7; 17,1; 21
Directividad (dB)	≥ 55	≥ 55
Pérdidas de retorno (dB)	≥ 55	≥ 55
CONDICIONES AMBIENTALES		
Temperatura de operación (C°)	-40 ~ +85	-40 ~ +85
Temperatura relativa de operación (%RH)	≤ 93	≤ 95

Fuente: ANVIMUR, 2021

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

En consideración de las características similares presentadas en la Tabla 14-3, cabe destacar que el splitter de la marca FURUKAWA muestra pérdidas por inserción más bajas que la otra marca, por lo que se optó por esta para el diseño.

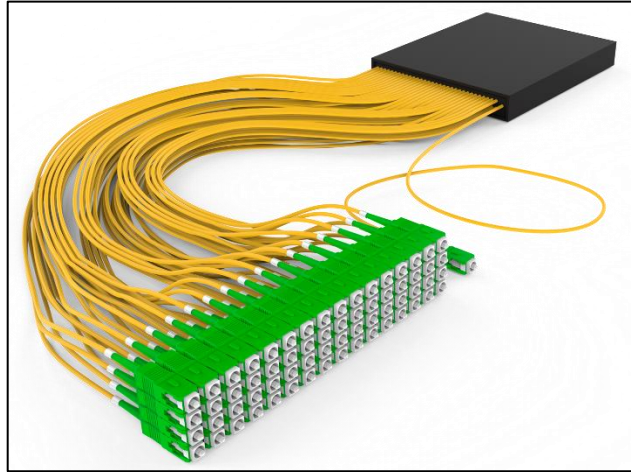


Ilustración 25-3. Divisor óptico modular

Fuente: FURUKAWA, 2022

3.6.5 Selección del tipo de conector SC/APC

Los conectores para instalación en campo son una nueva forma de conectorizar, muy utilizado en proyectos de FTTx. El conector viene pulido de fábrica, y el punto de acoplamiento de la fibra está en una ranura de precisión en V.

Tabla 16-3: Especificaciones técnicas de los conectores SC/APC

CARACTERÍSTICAS GENERALES	MARCA	
	FiberMAX	FURUKAWA
Tipo de conector	SC	SC
Tipo de pulido	APC	APC
Tipo de fibra	Monomodo	Monomodo
Pérdidas por inserción (dB)	0,20	0,30
Pérdidas de retorno (dB)	≥ 50	≥ 50
CONDICIONES AMBIENTALES		
Temperatura de operación (C°)	-20 ~ +70	-30 ~ +75

Fuente: CRT, 2014

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

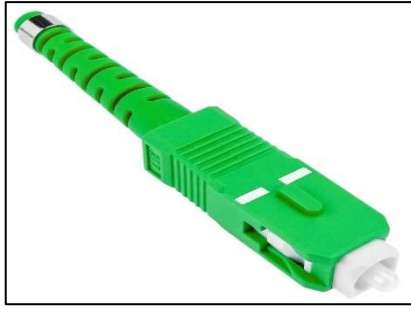


Ilustración 26-3. Conector SC/APC

Fuente: Cablematic, 2018

3.6.6 Selección del tipo de manga de empalme

La manga de empalme sirve para dar continuidad, hacer derivaciones de red y brindar protección e impermeabilidad a las fusiones.



Ilustración 27-3. Manga de empalme tipo Domo

Fuente: CM-TELCO, 2020

Tabla 17-3: Especificaciones técnicas de las mangas de empalme

MODELO	GJS03-M8AX-JX-144D
Dimensiones	100 mm x 50 mm x 20 mm
Tipo de Conector y pulido	SC/APC
Longitud de onda	1310, 1490 y 1550
Perdidas por insercion	≤ 10.5 dB
Directividad	≥ 55 dB
Perdidas de retorno	≥ 55 dB
Temperatura de Operacion	-40°C a 85°C

Fuente: OPTYTECH, 2019

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

3.6.7 Selección del tipo de cajas de distribución óptica

Las cajas de distribución óptica tienen como función principal realizar la interconexión entre el cable óptico de entrada de acceso a los usuarios, a través de fusión directa, splitters o adaptadores ópticos, además permite la derivación de cables de baja capacidad, buscando la continuidad de la red.

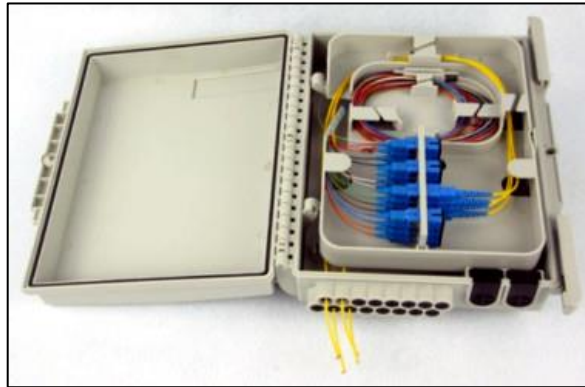


Ilustración 28-3. Caja de distribución de 24 hilos

Fuente: Fibraoptichoy, 2015

Tabla 18-3: Especificaciones técnicas de las cajas de distribución óptica

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Capacidad	24 hilos
Dimensiones	295 x 250 x 100 mm
PLC Splitter	1:8, 1:16
Número de adaptadores	16
Tipo de conectores y pulido	SC /APC
Tipo de fibra	Monomodo y Multimodo
Número de bandejas de empalme	1 bandeja cada bandeja consta de 24 empalmes
Cables Compatibles	Latiguillos

Fuente: Fibraoptichoy, 2015

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

3.6.8 Roseta óptica

La roseta óptica actúa es un punto de terminación en la red óptica y sirve para organizar de manera adecuada la fibra.



Ilustración 29-3. Roseta óptica

Fuente: TECNIT, 2022

Tabla 19-3: Especificaciones técnicas de las rosetas ópticas

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Dimensiones	11.5 x 8.6 x 2.5 cm
Tipo de conector y pulido	SC/APC
Estándares	TIA / EIA 568.C, ISO / IEC 11801, EN 50173, IEC 60304, IEC 61754, EN 297-1
Tipo de fibra	Monomodo y Multimodo
Cantidad de posiciones	2 empalmes ópticos por fusión o mecánicas 2 adaptadores ópticos SC simplex o LC dúplex

Fuente: TECNIT, 2022

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

3.7 Presupuesto óptico

Es imprescindible realizar el cálculo teórico del presupuesto de pérdidas ópticas, estimando los valores de atenuación óptica de los elementos presentes en todo el trayecto de la ODN. En base al modelo masivos/casas vigentes en la normativa establecida por la CNT, se puede encontrar cual es la potencia óptica disponible para brindar de servicio Triple Play a los moradores de la zona urbana de la parroquia Quisapincha.

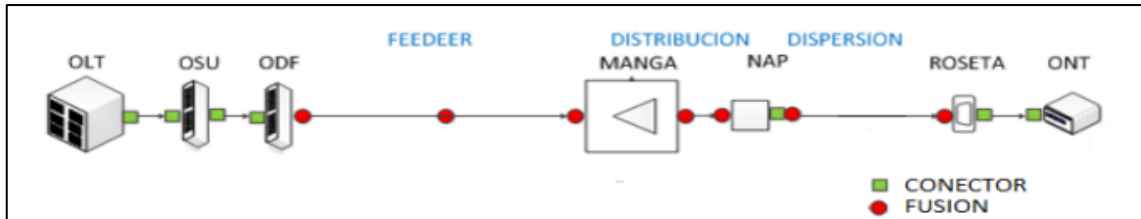


Ilustración 30-3. Modelos masivos/casa CNT

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

Según la normativa ITU-T G.984.2 el margen de guarda a considerarse en este tipo de diseños de red GPON es de 3dB, además de la atenuación máxima de la red de distribución óptica no debe sobrepasar de los 28 dB, puesto que se considera trabajos futuros sobre el tendido de la red o variaciones en las atenuaciones de las ODNs respectivamente.

La Tabla 20-3 detalla cada uno de los valores de atenuación típica de los elementos presentes en el presupuesto óptico de la red GPON.

Tabla 20-3: Valores de atenuación del presupuesto óptico

ELEMENTOS DE LA RED		ATENUACIÓN TÍPICA
Conectores		0.2 dBm
Empalmes por Fusión		0.1 dBm
Splitters	1:4	7.1 dBm
	1:8	10.5 dBm
Fibra longitud de onda	1310nm	0.4 dB/km
Margen de Guarda		3 dBm

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

La Ecuación 3-3 describe la formula general para el cálculo de la atenuación máxima presente en la red de distribución óptica.

$$At = A_f + L_c + A_e + A_{s1} + A_{s2} + M_g$$

Ecuación 3-3: Atenuación máxima en la red de distribución óptica

Donde,

A_f : Atenuación de la fibra

L_c : Perdidas por cable

A_e : Atenuación de empalme

A_{s1} : Atenuación splitter primario

A_{s2} : Atenuación splitter secundario

M_g : Margen de guarda

3.7.1 Calculo del usuario más cercano

Partiendo del modelo masivos/casas establecido por la normativa de CNT, se dispuso un total de 5 conectores, 6 fusiones, un splitter primario de 1:4 y un secundario de 1:8 que se utilizó en el diseño. El usuario más cercano se encuentra en la zona 1, a una distancia de 0,04 km de la OLT, se consideró 30 m de fibra óptica para reserva en caso de algún percance ajeno a nuestra responsabilidad.

$$At(max) = \left(0,04 \text{ km} * \frac{0,40\text{dB}}{\text{km}}\right) + (5 * 0,2\text{dB}) + (6 * 0,1\text{dB}) + 7,1 \text{ dB} + 10,5 \text{ dB} + 3\text{dB}$$

$$At(max) = 22,216 \text{ dB}$$

3.7.2 Calculo del usuario más lejano

El usuario más lejano se encuentra en la zona 2, a una distancia de 1,52 km de la OLT, se consideró 30 m de fibra óptica para reserva en caso de algún percance ajeno a nuestra responsabilidad.

$$At(max) = \left(1,52 \text{ km} * \frac{0,40\text{dB}}{\text{km}}\right) + (5 * 0,2\text{dB}) + (6 * 0,1\text{dB}) + 7,1 \text{ dB} + 10,5 \text{ dB} + 3\text{dB}$$

$$At(max) = 22,808 \text{ dB}$$

3.8 Balance óptico de potencia

En la normativa ITU-T G.984.2 Clase B+, determina la sensibilidad de recepción óptica con valor de -27dBm y el valor de 5dBm que es la potencia de recepción óptica, estos valores se utilizarán para el cálculo del balance de potencia para el usuario más lejano como para el más cercano, como se indica en la Ecuación 4-3.

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

Ecuación 4-3: Balance de potencia de la red

Dónde,

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

P_{Tx} : Potencia máxima del transmisor óptico

α_{TOTAL} : Valor total de pérdidas

M_g : Margen de guarda

3.8.1 Balance de potencia del usuario más cercano

Para el cálculo del balance óptico de potencia se reemplaza el valor total de pérdidas del usuario más cercano y la potencia máxima del transmisor óptico.

$$\begin{aligned} -27dBm &\leq 5dBm - 22,216 dB - 3 dB \\ -27dBm &\leq -20,216 dBm \end{aligned}$$

3.8.2 Balance de potencia del usuario más lejano

Para el cálculo del balance óptico de potencia se reemplaza el valor total de pérdidas del usuario más lejano y la potencia máxima del transmisor óptico.

$$\begin{aligned} -27dBm &\leq 5dBm - 22,808 dB - 3dB \\ -27dBm &\leq -20,808 dBm \end{aligned}$$

Las pérdidas totales de atenuación percibidas en la ONT fueron de 22,216 dB y 22,808 dB para el usuario más cercano y más lejano respectivamente, además percibe una potencia de -20,216 dBm y -20,808 dBm para ambos casos, cumpliendo lo establecido en las especificaciones de la clase B+.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1 Simulación de la red GPON

La simulación de la red GPON propuesta para proveer de servicios Triple Play a la zona urbana de la parroquia Quisapincha, se llevó a cabo mediante el software OptiSystem versión 19, gracias al programa se realizó el diseño, la configuración de los parámetros técnicos establecidos en la recomendación ITU-T G.984, la optimización y la evaluación del desempeño del sistema de comunicación de fibra óptica.

El entorno de simulación permite realizar una valoración precisa sobre la eficiencia del servicio propuesto, comprobando y comparando los resultados teóricos obtenidos a partir del cálculo de atenuaciones y el balance de potencia efectuados en el capítulo anterior, evaluando indicadores como la potencia, el factor de calidad Q y el BER de la señal recibida en las ONT de los usuarios más cercanos y lejanos de cada zona.

El diseño de la red FTTH está constituida por tres partes fundamentales: el terminal de línea óptica (OLT), la red de distribución óptica (ODN) y la unidad de red óptica (ONU) o nodo terminal óptico (ONT), como se detalla en el ANEXO C.

4.1.1 Descripción de la OLT

El equipo que conforma la OLT se divide en dos subsistemas; el transmisor, encargado de remitir el flujo de información en sentido downstream hacia la ONT y el receptor, destinado a recibir dicha información en sentido upstream, es decir de la ONT a la OLT.

El transmisor OLT consta de cuatro partes (Ilustración 1-4, 2-4) ; un generador secuencial de bits, un transmisor óptico CW laser, que trabaja a dos diferentes longitudes de onda, a 1490 nm para el envío de tramas de audio/datos y a 1550 nm para las tramas de video, configurados a una potencia de 5 dBm, además del uso de un modulador y un codificador NRZ (no return to zero).

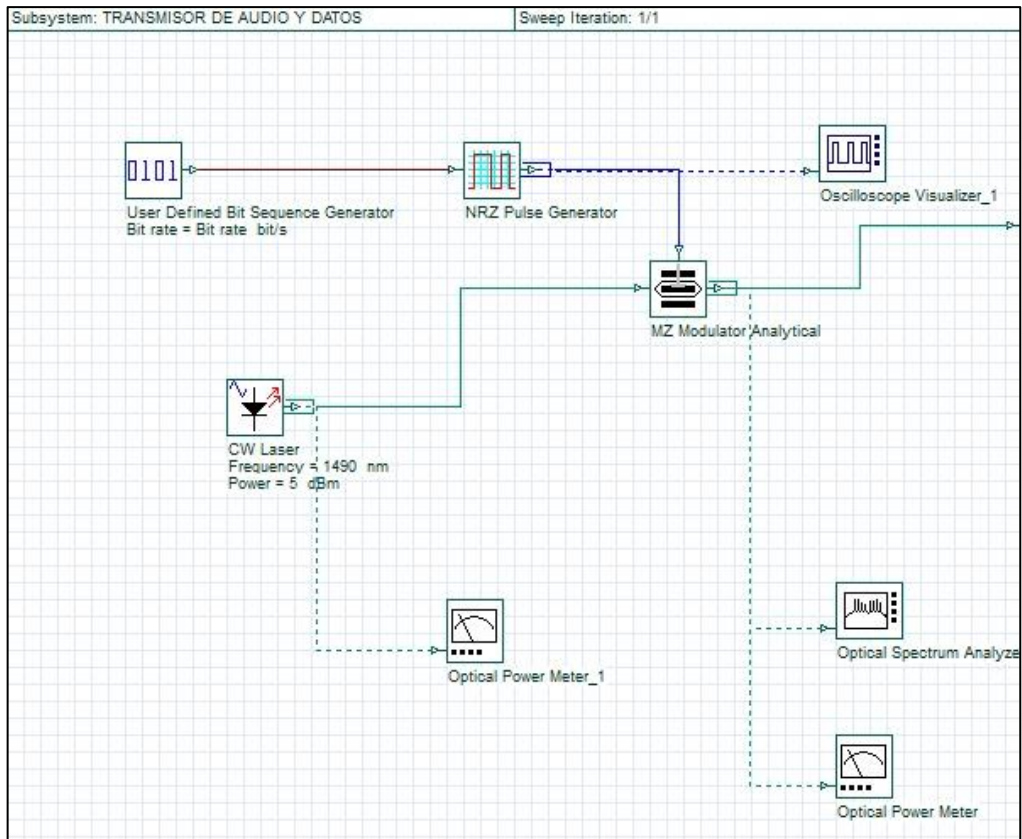


Ilustración 1-4. Transmisor OLT (Audio y Datos)

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

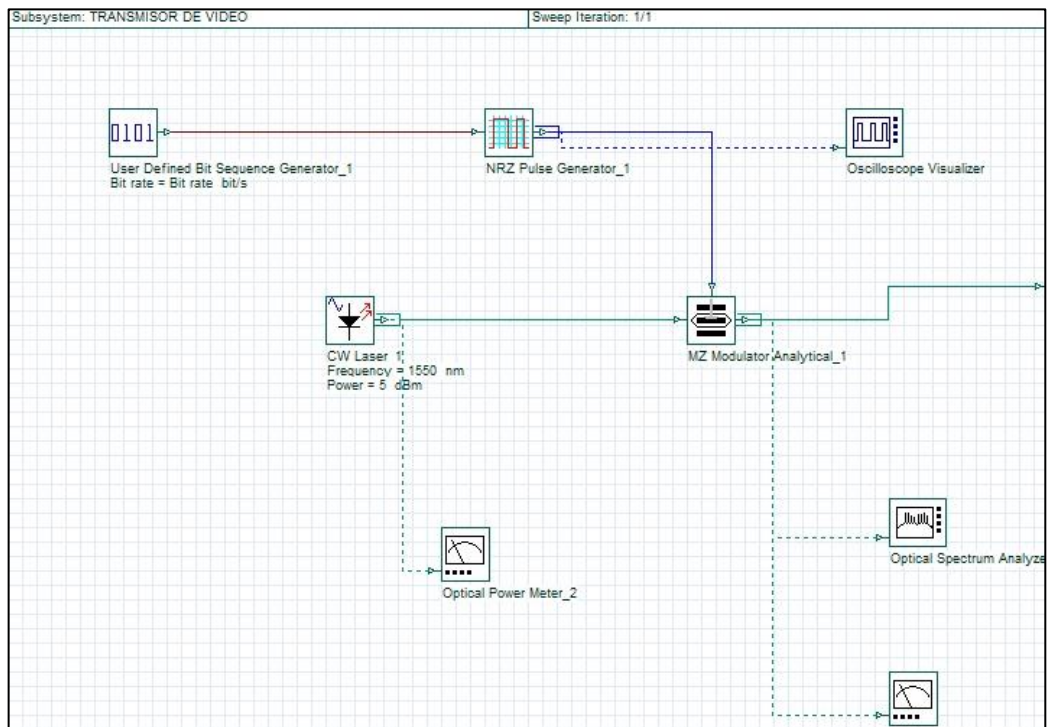


Ilustración 2-4. Transmisor OLT (Video)

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

El receptor de la OLT (Ilustración 3-4) consta de dos partes esencialmente; un filtro óptico de Bessel, capaz de eliminar las componentes de ruido generadas por los dispositivos pasivos y activos de la red y un receptor óptico, encargado de convertir la señal óptica a eléctrica, permitiendo el paso de señal en sentido upstream a una longitud de onda de 1330 nm y con una sensibilidad del equipo de -27 dBm , adicionalmente se ocupó un osciloscopio, un analizador BER y un analizador de diagrama de ojo para visualizar los datos recibidos.

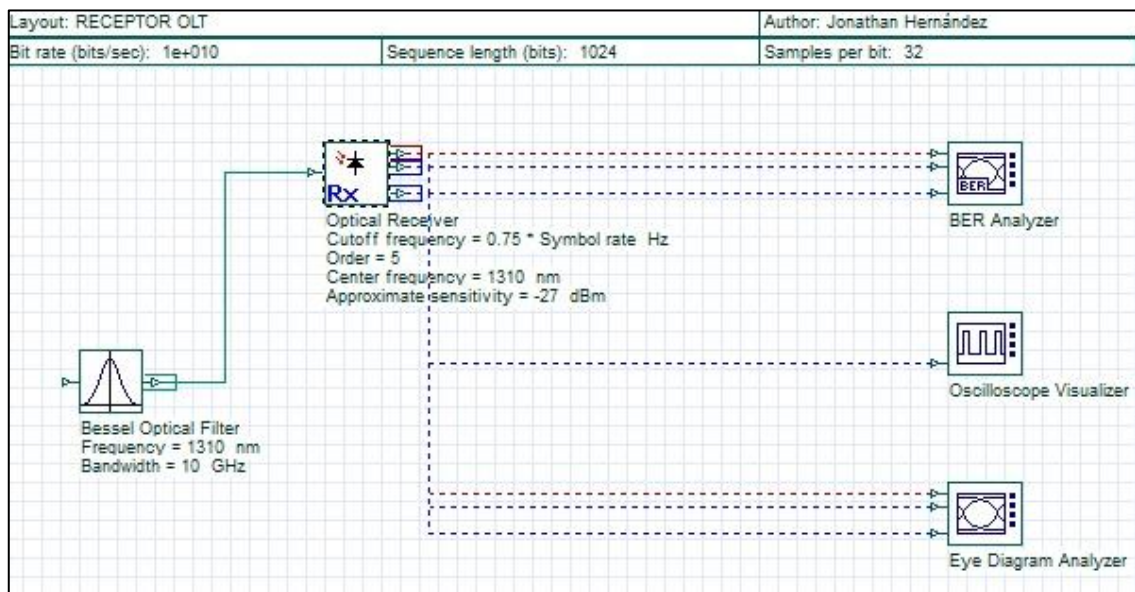


Ilustración 3-4. Receptor OLT

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

4.1.2 Descripción de la ODN

La ODN se encuentra dividida por 3 subredes; la red Feeder, de Distribución y de Dispersión, está constituida por los elementos pasivos de comunicación presentes en una red FTTH, además se configuró parámetros como la distancia que recorre la fibra, splitters, la atenuación en puntos de fusión y conectores, como se observa en la Ilustración 4-4.

Para el diseño de la red se estableció dos niveles de splitteo, el primero, un splitter de 1:4 con atenuación de 7,1 dB y el segundo, de 1:8 con atenuación de 10,5 dB.

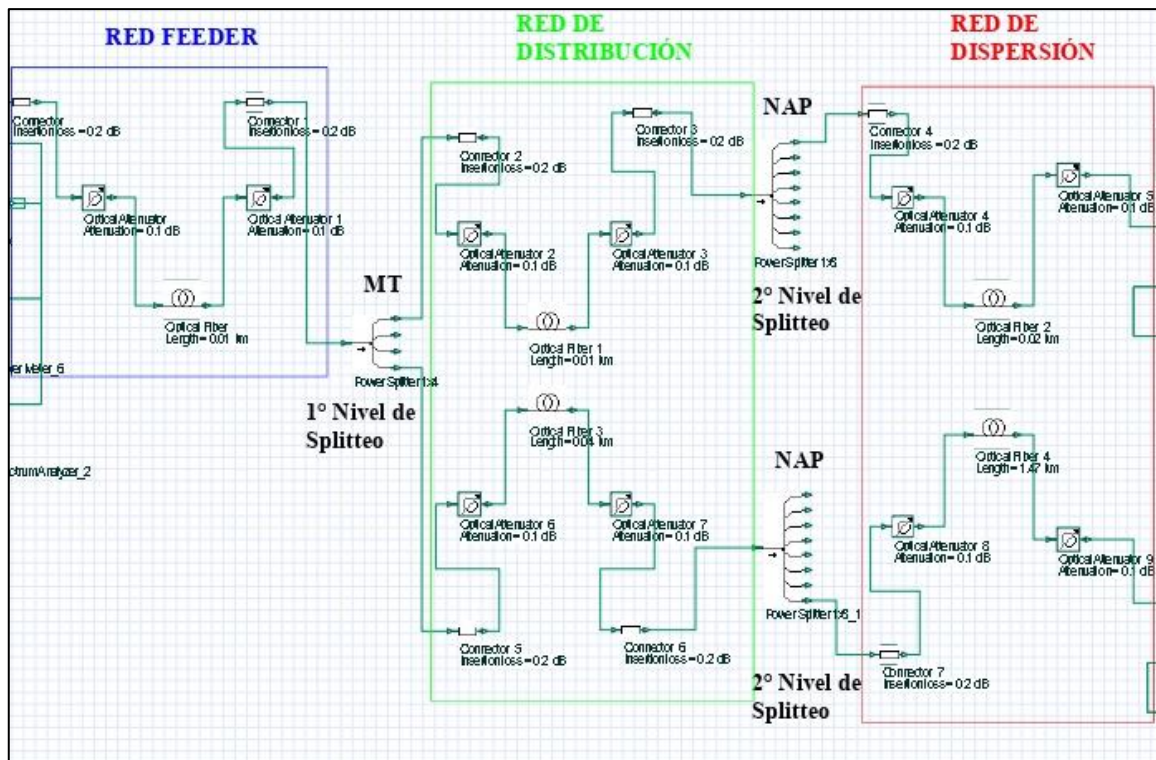


Ilustración 4-4. Red de Distribución Óptica (ODN)

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

4.1.3 Descripción de la ONU/ONT

La ONU o ONT se compone de dos subsistemas; el receptor responsable de la recepción de datos en sentido downstream y el transmisor encargado de enviar la información en sentido upstream hacia la OLT.

El receptor ONU (Ilustración 5-4, 6-4) consta de dos partes; un filtro óptico de Bessel y un receptor óptico destinado a la conversión de la señal óptica recibida a eléctrica, dicho dispositivo trabaja a dos diferentes longitudes de onda, a 1490 nm para la recepción de tramas de audio/datos y a 1550 nm para las tramas de video.

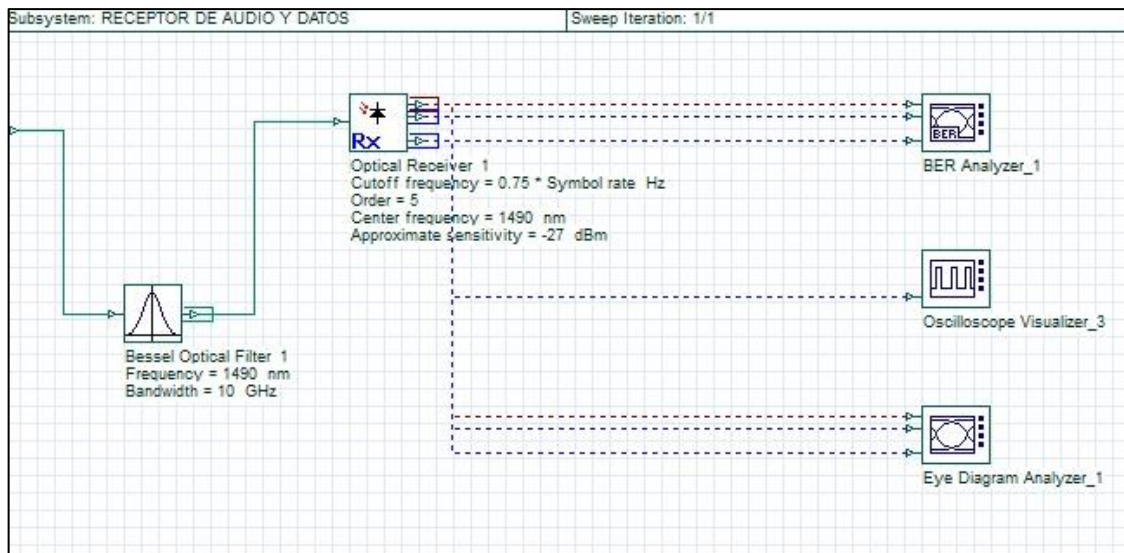


Ilustración 5-4. Receptor ONU (Audio y Datos)

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

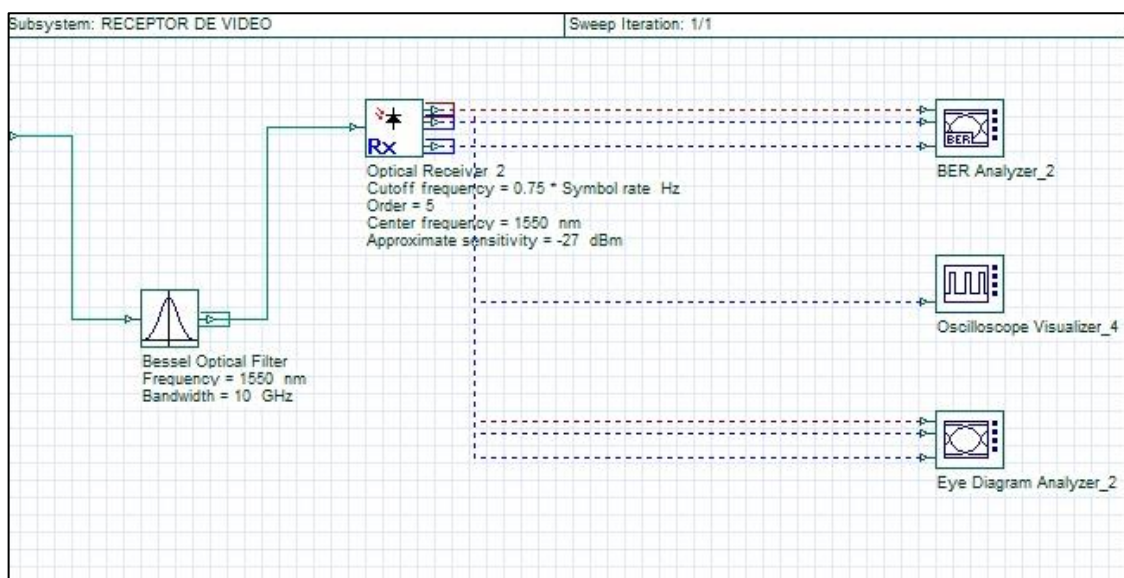


Ilustración 6-4. Receptor ONU (Video)

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

El transmisor ONU consta de cuatro partes (Ilustración 7-4); un generador secuencial de bits, un transmisor óptico CW laser, que trabaja a una longitud de onda de 1310 nm para el envío de información, adicionalmente un modulador y un codificador NRZ (no return to zero).

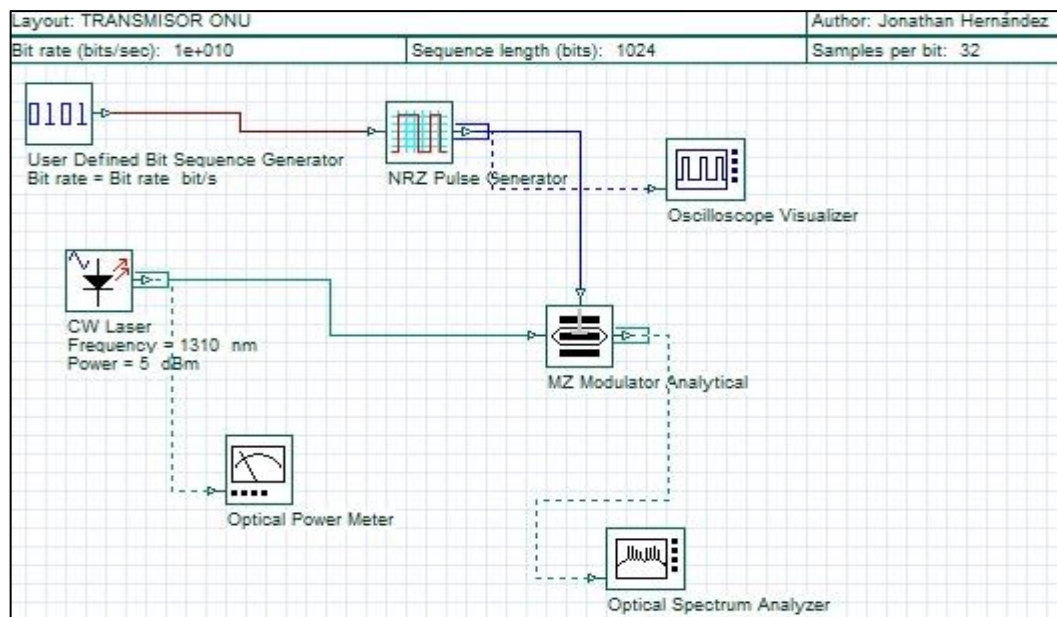


Ilustración 7-4. Transmisor ONU

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

4.2 Evaluación de resultados

El desempeño de la red GPON fue valorado en base a los diferentes parámetros de calidad recomendados en la norma ITU-T G.984, con ayuda de las diversas herramientas proporcionadas por el software, se analizó algunos aspectos en la ONT; la potencia recibida en el equipo, mediante la herramienta (Optical Power Meter), el factor de calidad Q y el BER en la señal receptada gracias a la herramienta (BER Analyzer) y la calidad del enlace por medio de la visualización del diagrama de ojo.

4.2.1 Potencia

A continuación, se indica los resultados obtenidos de la potencia a la salida del transmisor (OLT) y potencia en recepción (ONT) para los casos del usuario más cercano y más lejano de la urbe de la parroquia Quisapincha.

4.2.1.1 Potencia a la salida de la OLT

La Ilustración 8-4 indica un valor de 5.526 dBm para la potencia de la señal óptica a la salida de la OLT, misma que se transmite hasta llegar a la ONT del cliente.

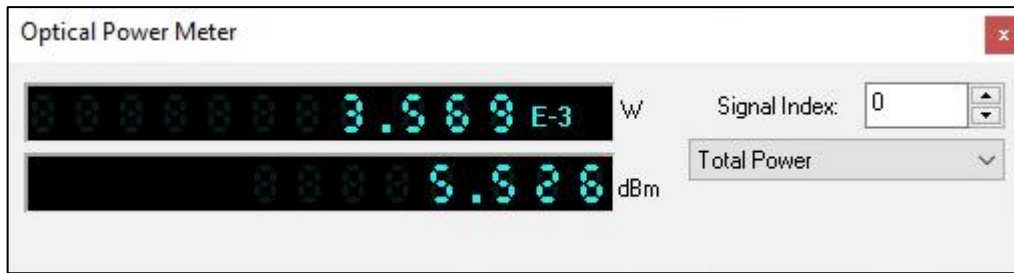


Ilustración 8-4. Potencia a la salida de la OLT

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

4.2.1.2 Potencia recibida por el usuario más cercano

La Ilustración 9-4 indica la potencia final recibida en la ONT del usuario más cercano, obteniendo un valor de simulación de -20,242 dBm, comparado con el valor teórico calculado con anterioridad de -20,216 dBm, existe un margen de -0,026 dBm entre los valores conseguidos, garantizando un servicio de calidad al cliente, ya que el valor de potencia alcanzado está muy por debajo del valor de sensibilidad de -27 dBm amparado en la clase B+ de la recomendación ITU-T G.984.2.



Ilustración 9-4. Potencia recibida en la ONT del usuario más cercano

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

4.2.1.3 Potencia recibida por el usuario más lejano

La Ilustración 10-4 indica la potencia final recibida en la ONT del usuario más lejano, obteniendo un valor de simulación de -20,834 dBm, comparado con el valor teórico calculado con anterioridad de -20,808 dBm, existe un margen de -0,026 dBm entre los valores conseguidos, garantizando un servicio de calidad al cliente, ya que el valor de potencia alcanzado está muy por debajo del valor de sensibilidad de -27 dBm amparado en la clase B+ de la recomendación ITU-T G.984.2.



Ilustración 10-4. Potencia recibida en la ONT del usuario más lejano

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

4.2.2 Espectro de la señal

A través de un analizador de espectros, la Ilustración 11-4 muestra el espectro de la señal de transmisión para audio y datos, estos se transfieren a una longitud de onda de 1490 nm, los espectros que se generan alrededor son considerados como ruido y serán eliminados por el filtro de Bessel ubicado en el receptor.

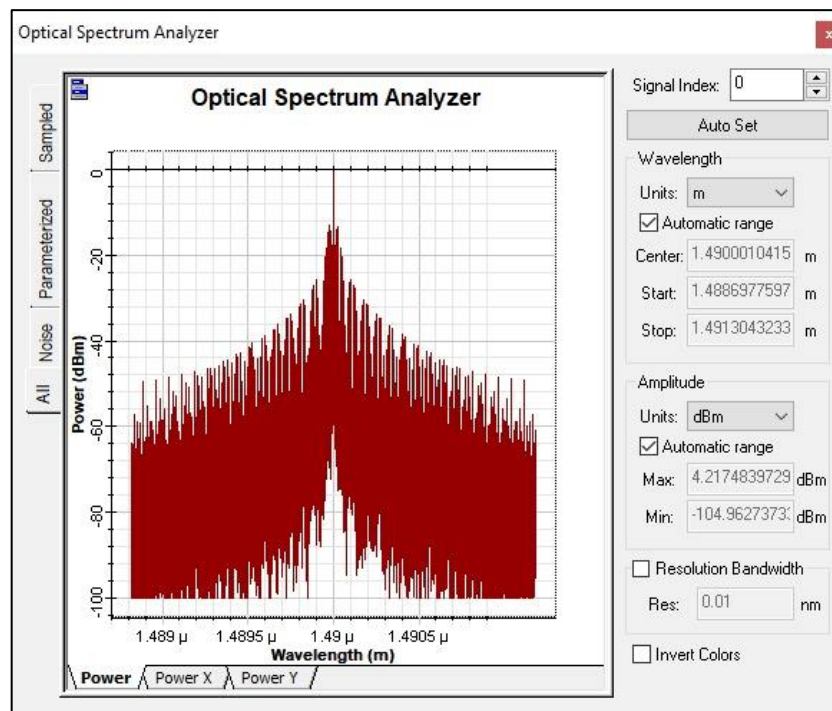


Ilustración 11-4. Espectro de la señal de transmisión (Audio y Datos)

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

La Ilustración 12-4 indica el espectro de la señal de transmisión para video que genera la OLT, a una longitud de onda de 1550 nm.

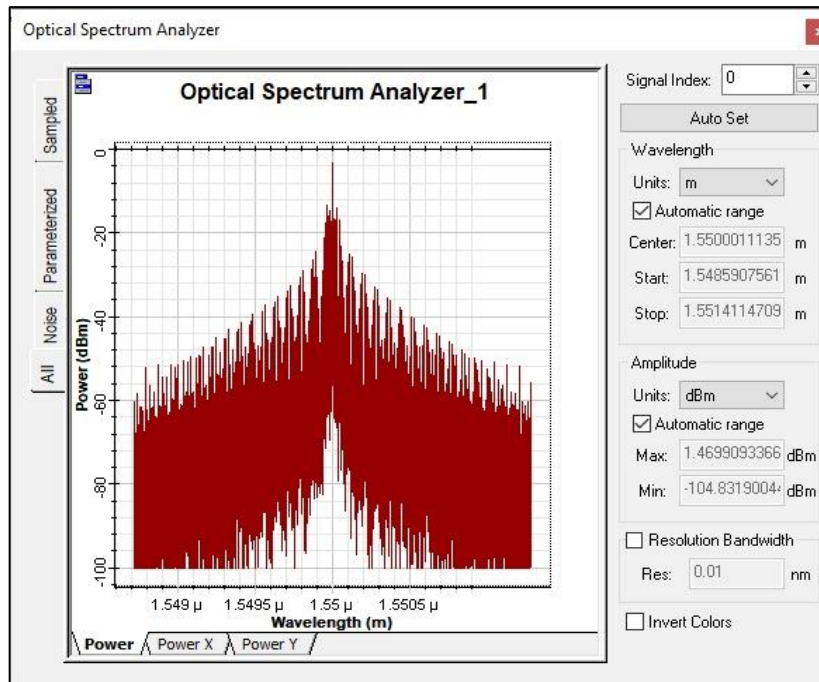


Ilustración 12-4. Espectro de la señal de transmisión (Video)

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

La Ilustración 13-4 muestra el espectro de la señal a la salida de la OLT, contiene las señales de audio, datos y video mediante un multiplexor y siendo transmitidas a sus respectivas longitudes de onda simultáneamente.

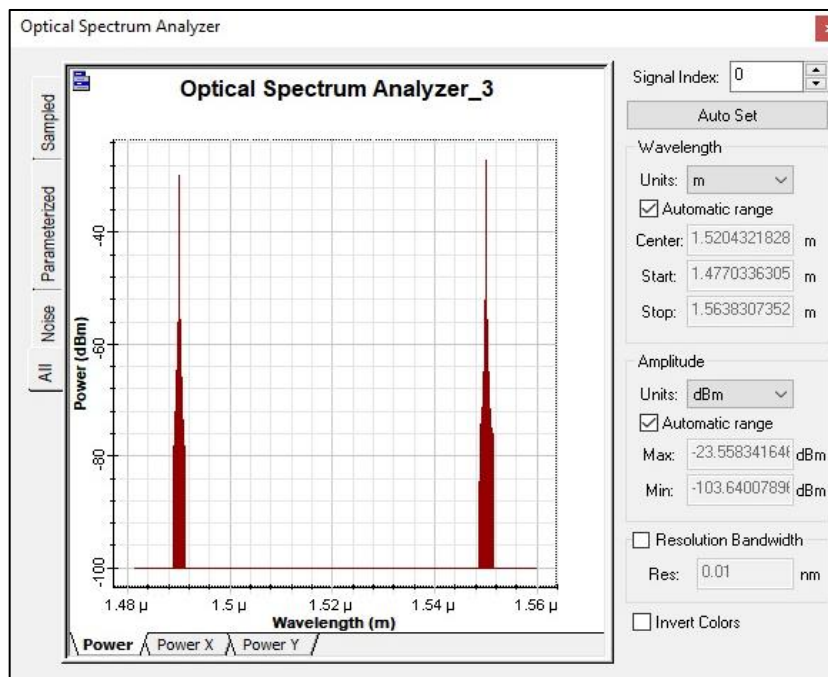


Ilustración 13-4. Espectro de la señal a la salida de la OLT

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

Las Ilustraciones 14-4 y 15-4 indican el espectro de la señal recibida en la ONT para audio/datos y video respectivamente, la señal cuenta con un retardo mínimo esto debido a la distancia existente entre la OLT y la ONU.

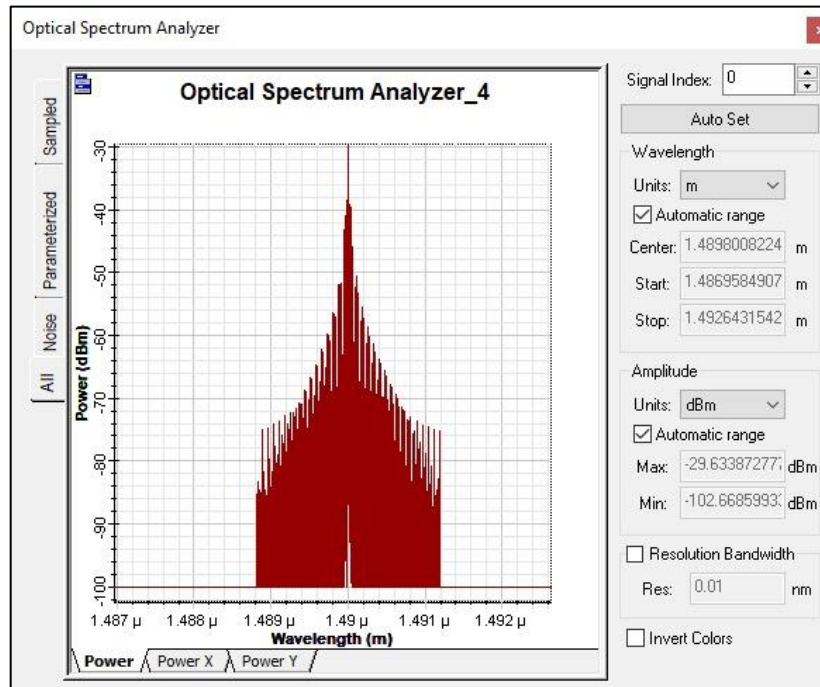


Ilustración 14-4. Espectro de la señal de recibida (Audio y Datos)

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

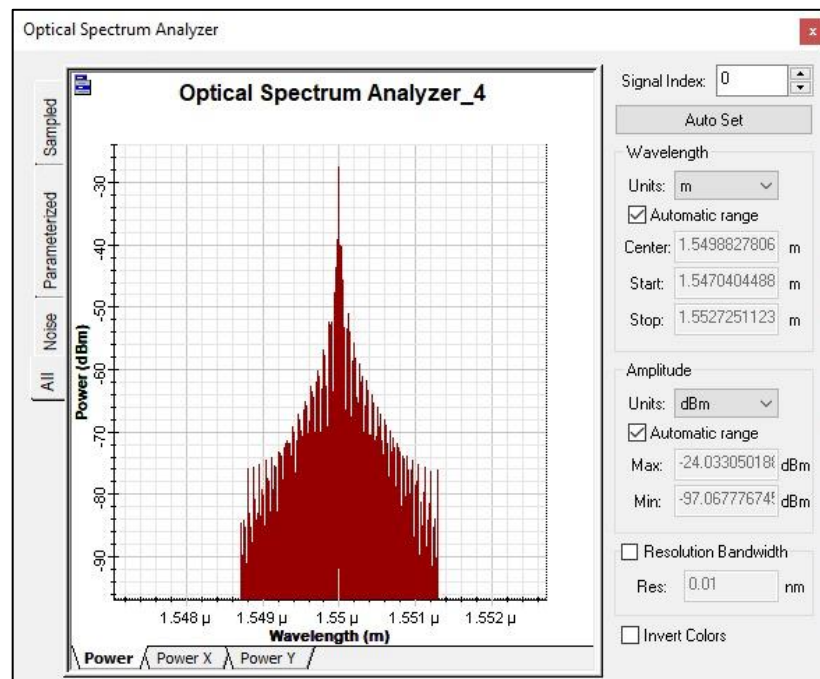


Ilustración 15-4. Espectro de la señal de recibida (Video)

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

4.2.3 Factor de calidad Q y BER (Bit error ratio)

El factor de calidad Q es un parámetro que define la relación que existe entre la señal/ruido en el receptor óptico, considerando factores como la atenuación, componentes de ruido, dispersión y efectos no lineales que afectan a la comunicación por fibra óptica, mientras que el BER proporciona información respecto a la relación entre los bits correctamente y erróneamente recibidos.

La recomendación ITU-T G.984.2 establece que el factor de calidad mínimo para la red GPON debe ser igual o mayor a 6 y el BER debe ser menor a 1×10^{-10} para audio/datos y 1×10^{-12} para video.

4.2.3.1 Usuario más cercano

En las Ilustraciones 16-4 y 17-4, se observa el factor de calidad Q para el usuario más cercano, con una transmisión de audio y datos de 9,106 y de video de 9,087.

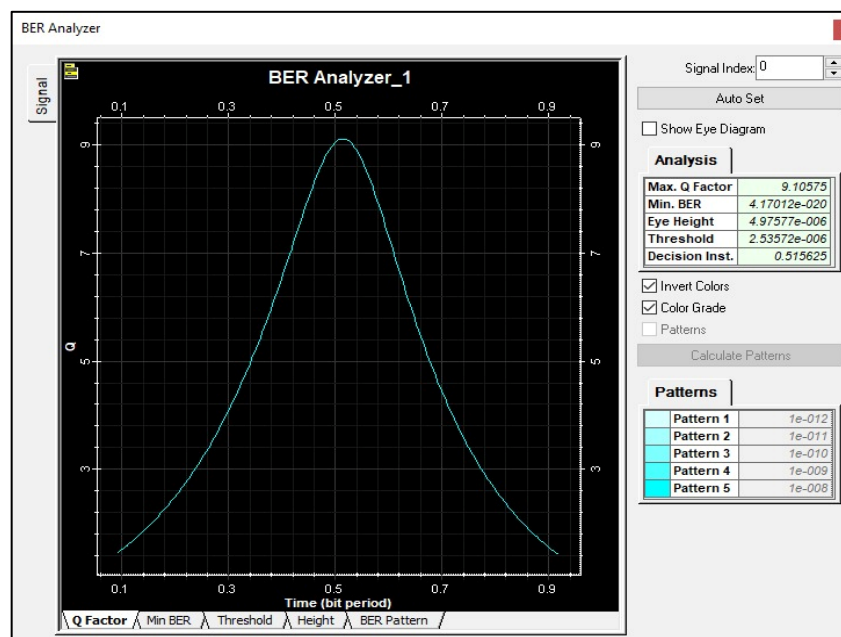


Ilustración 16-4. Factor Q del usuario más cercano (Audio y Datos)

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

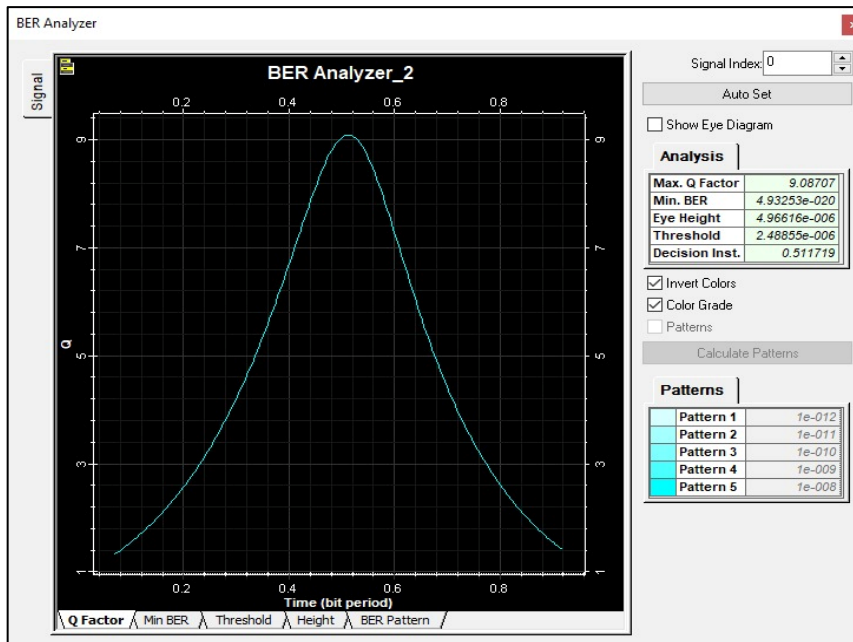


Ilustración 17-4. Factor Q del usuario más cercano (Video)

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

En las Ilustraciones 18-4 y 19-4, se observa una tasa mínima de BER para el usuario más cercano, con una transmisión de audio y datos de $4,170 \times 10^{-20}$ y de video de $4,933 \times 10^{-20}$.

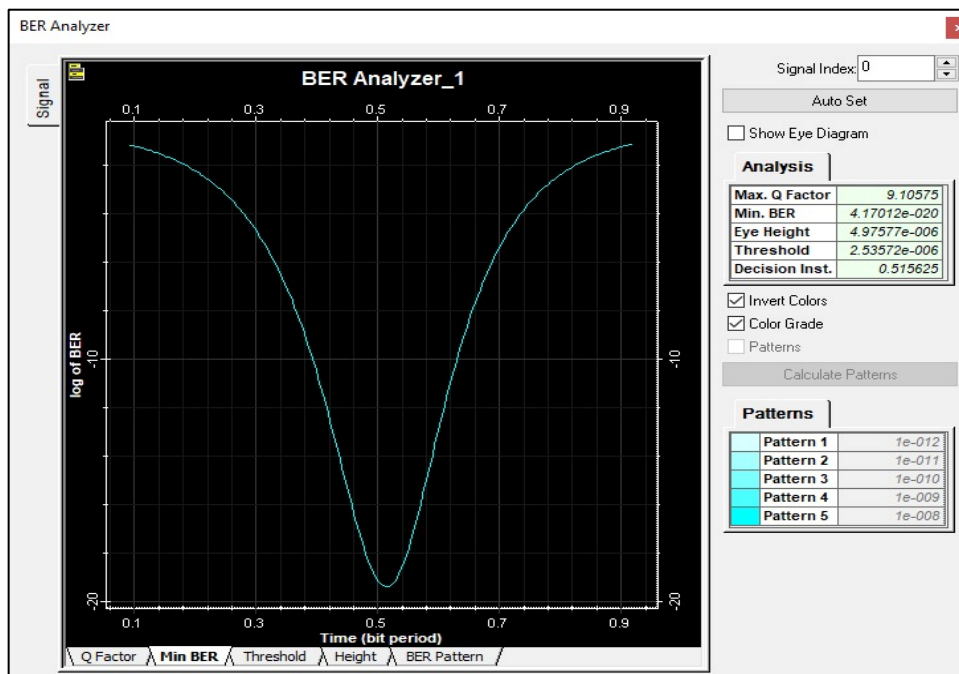


Ilustración 18-4. Valor mínimo de BER del usuario más cercano (Audio y Datos)

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

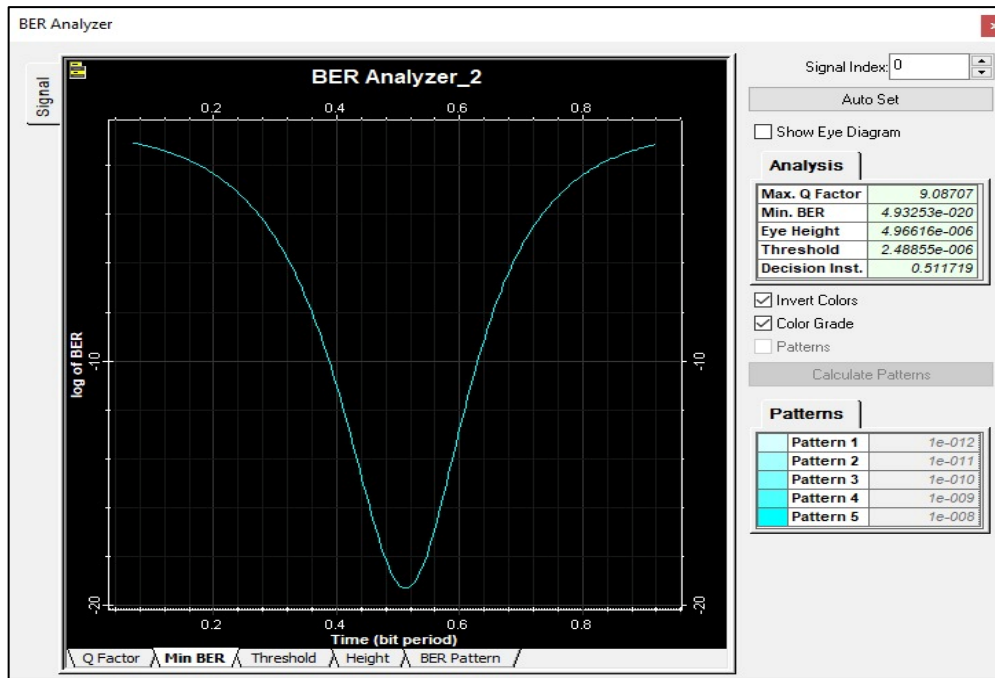


Ilustración 19-4. Valor mínimo de BER del usuario más cercano (Video)

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

4.2.3.2 Usuario más lejano

En las Ilustraciones 20-4 y 21-4, se observa el factor de calidad Q para el usuario más lejano, con una transmisión de audio y datos de 8,591 y de video de 8,403.

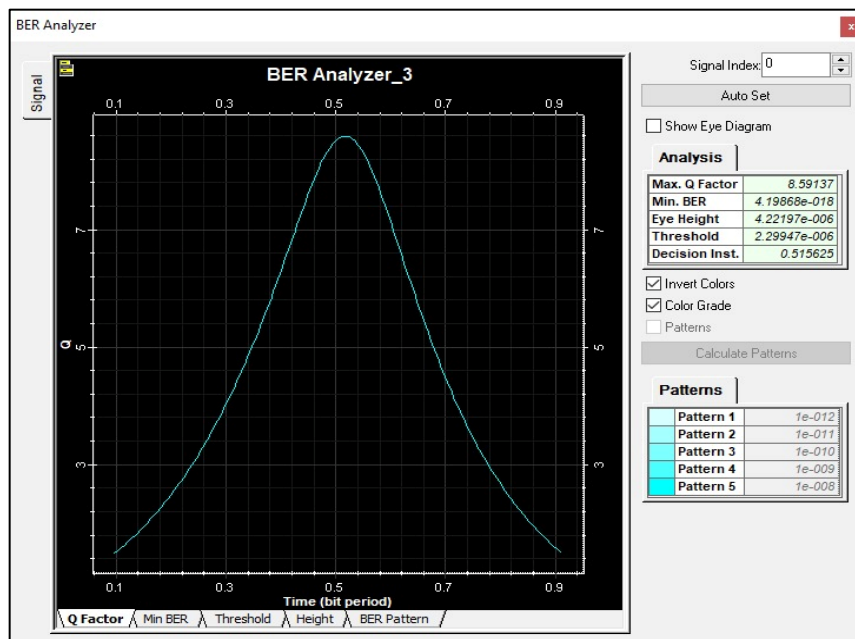


Ilustración 20-4. Factor Q del usuario más lejano (Audio y Datos)

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

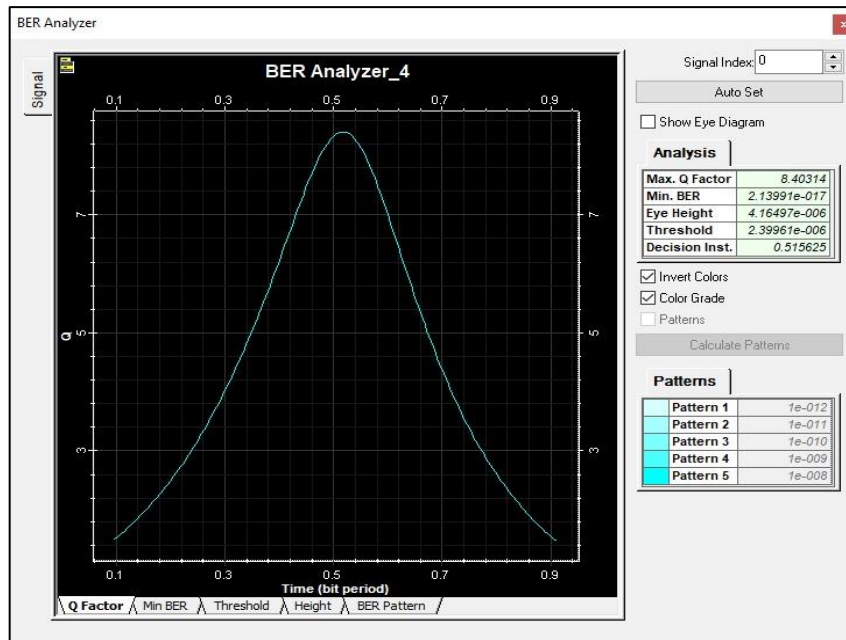


Ilustración 21-4. Factor Q del usuario más lejano (Video)

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

En las Ilustraciones 22-4 y 23-4, se observa una tasa mínima de BER para el usuario más lejano, con una transmisión de audio y datos de $4,199 \times 10^{-18}$ y de video de $2,140 \times 10^{-17}$.

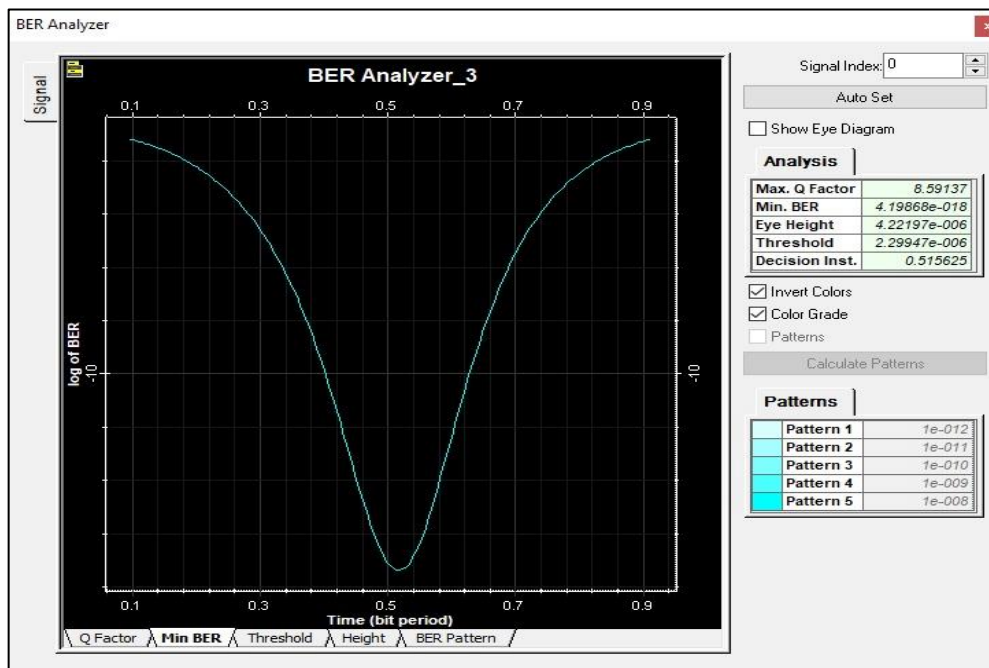


Ilustración 22-4. Valor mínimo de BER del usuario más lejano (Audio y Datos)

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

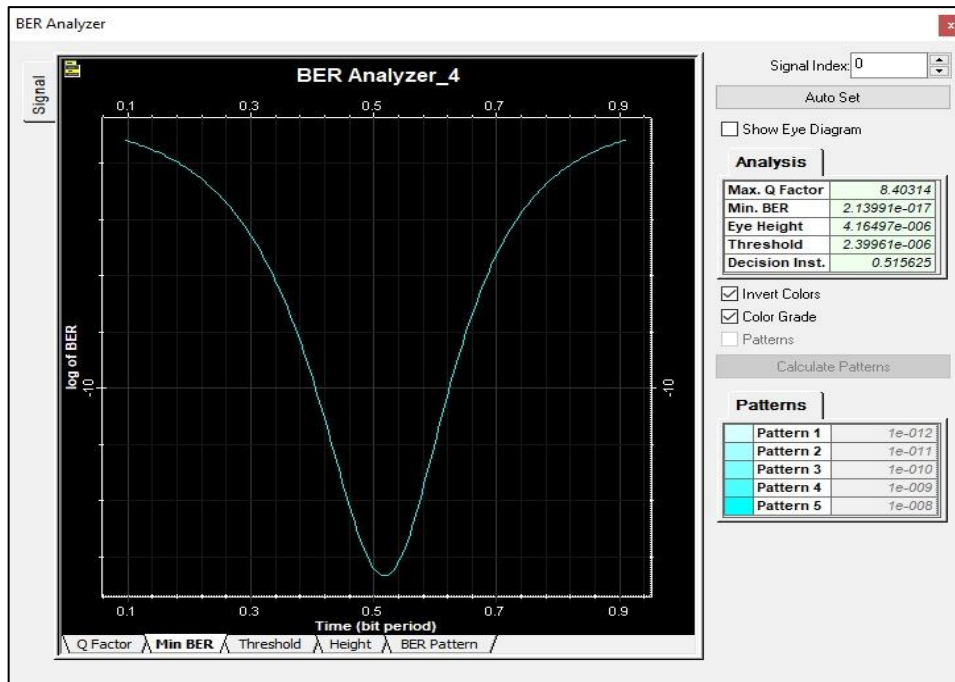


Ilustración 23-4. Valor mínimo de BER del usuario más lejano (Video)

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

4.2.4 Diagrama de ojo

El diagrama de ojo es un indicador común de la calidad de las señales en transmisiones digitales de alta velocidad, brinda a detalle información sobre los pulsos de tipo NRZ que se envían y se reciben a través de la fibra óptica. El eje X representa el tiempo de apertura-cierre del ojo y el eje Y simboliza la amplitud de la señal, es importante señalar que entre más grande sea la apertura del ojo se tendrá un mejor desempeño del sistema, al contrario, si la apertura es pequeña, significa que existen problemas en su funcionamiento.

4.2.4.1 Usuario más cercano

La Ilustración 24-4, indica el diagrama de ojo del receptor más cercano para Audio y Datos, obteniendo la siguiente información; factor de calidad Q máximo de 9,106, BER mínimo de $4,170 \times 10^{-20}$ con una probabilidad de 4 bits erróneos por cada 1×10^{-20} bits transmitidos y la altura del ojo es de $4,976 \times 10^{-6}$, comprobando la transmisión de bits sin mayor problema.

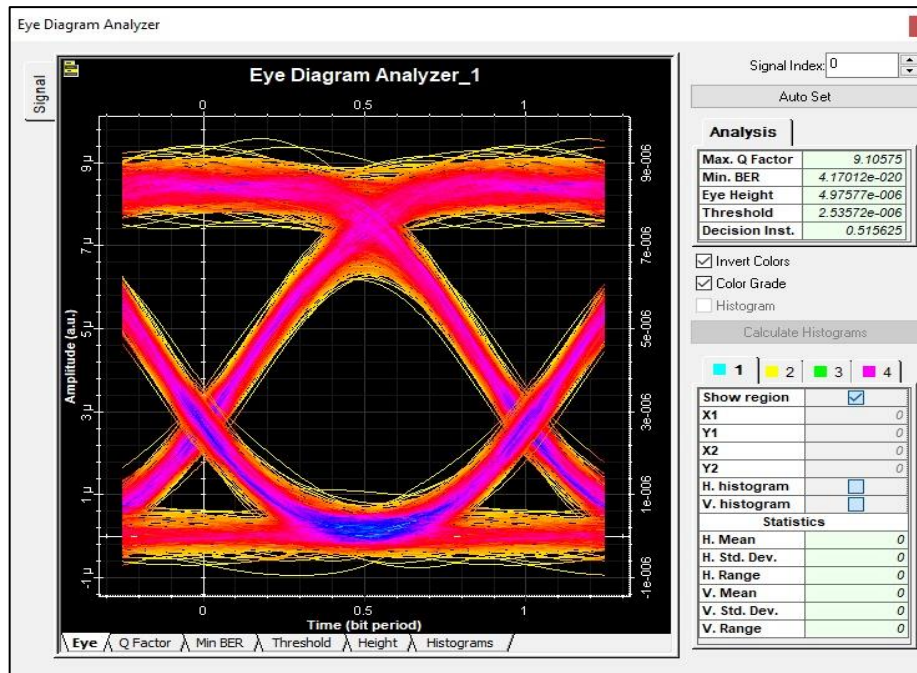


Ilustración 24-4. Diagrama del ojo del usuario más cercano (Audio y Datos)

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

La Ilustración 25-4, indica el diagrama de ojo del receptor más cercano para Video, obteniendo la siguiente información; factor de calidad Q máximo de 9,087, BER mínimo de $4,933 \times 10^{-20}$ con una probabilidad de 4 bits erróneos por cada 1×10^{-20} bits transmitidos y la altura del ojo es de $4,966 \times 10^{-6}$, comprobando la transmisión de bits sin mayor problema.

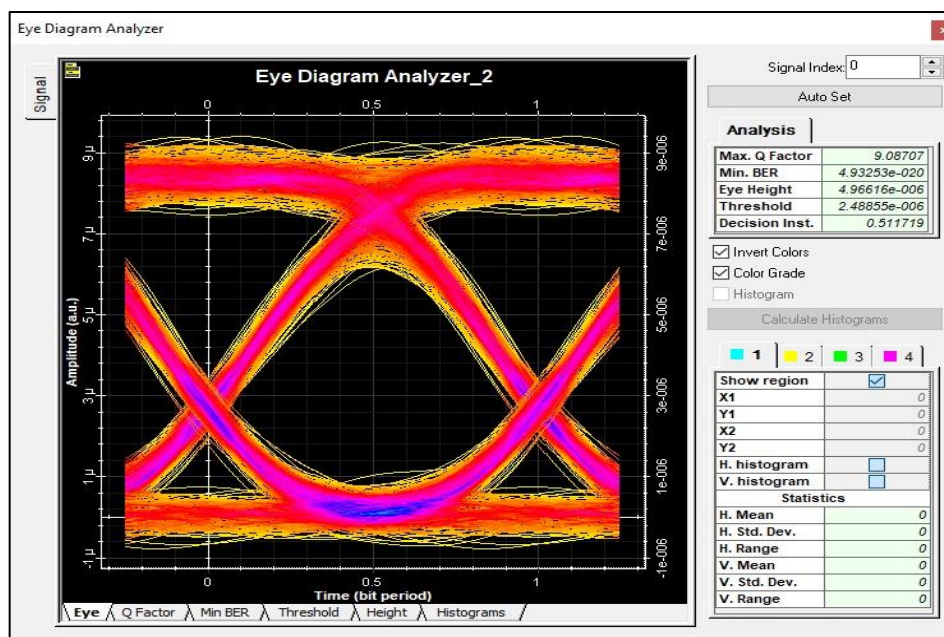


Ilustración 25-4. Diagrama del ojo del usuario más cercano (Video)

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

4.2.4.2 Usuario más lejano

La Ilustración 26-4, indica el diagrama de ojo del receptor más lejano para Audio y Datos, obteniendo la siguiente información; factor de calidad Q máximo de 8,591, BER mínimo de $4,199 \times 10^{-20}$ con una probabilidad de 4 bits erróneos por cada 1×10^{-20} bits transmitidos y la altura del ojo es de $4,221 \times 10^{-6}$, comprobando la transmisión de bits sin mayor problema.

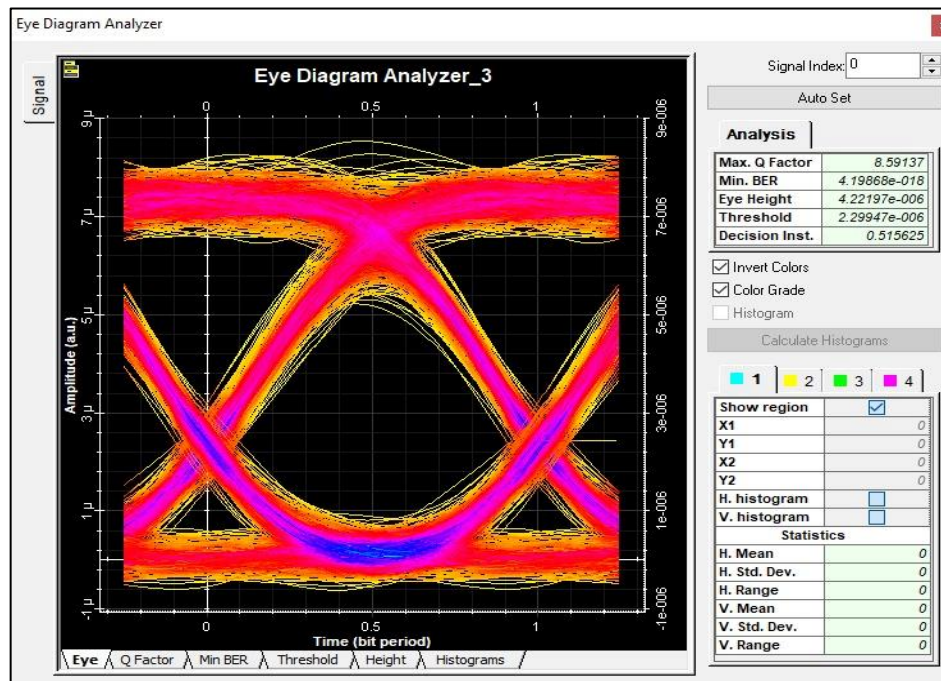


Ilustración 26-4. Diagrama del ojo del usuario más lejano (Audio y Datos)

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

La Ilustración 25-4, indica el diagrama de ojo del receptor más lejano para Video, obteniendo la siguiente información; factor de calidad Q máximo de 8,403, BER mínimo de $2,140 \times 10^{-20}$ con una probabilidad de 2 bits erróneos por cada 1×10^{-20} bits transmitidos y la altura del ojo es de $4,165 \times 10^{-6}$, comprobando la transmisión de bits sin mayor problema.

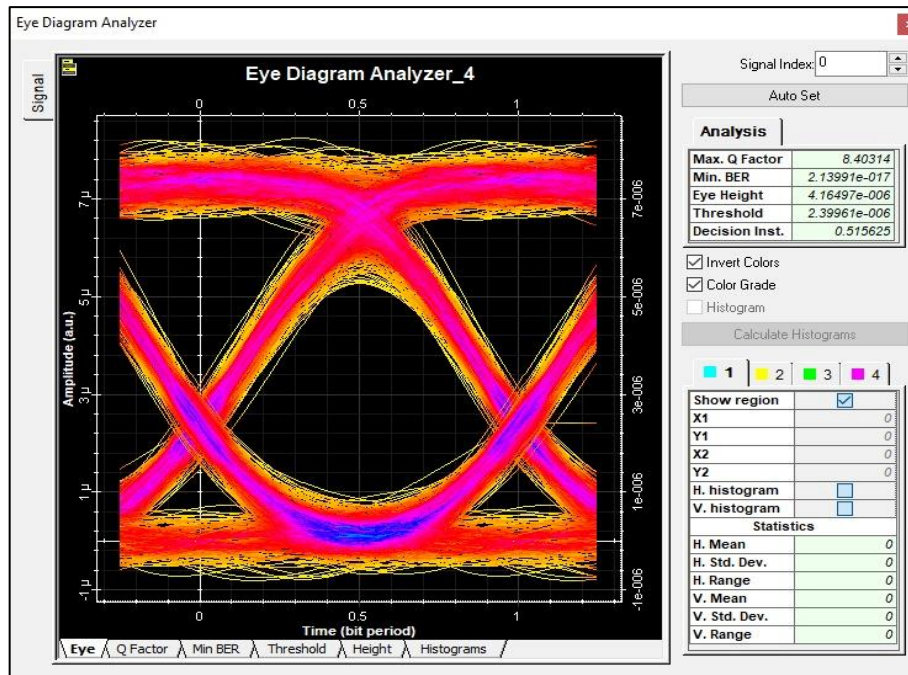


Ilustración 27-4. Diagrama del ojo del usuario más lejano (Video)

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

A continuación, se muestra en la tabla 1-4 un resumen comparativo entre los diferentes estándares necesarios para el correcto funcionamiento de un servicio triple play y los diferentes valores obtenidos en el presente trabajo, los cuales fueron adquiridos mediante cálculos teóricos de atenuaciones y el balance de potencia realizado en el capítulo 3.

Para el caso del usuario más cercano, localizado a una distancia de 0,04 km de la OLT, se alcanzaron los siguientes resultados en simulación; potencia de recepción de -20,242 dBm, factor de calidad Q para audio/datos y video es de 9,106 y 9,087 respectivamente y la tasa de error binario para audio/datos es de $4,170 \times 10^{-20}$ y video de $4,933 \times 10^{-20}$.

Por último, para el usuario más lejano, localizado a una distancia de 1,52 km de la OLT, se alcanzaron los siguientes resultados en simulación; potencia de recepción de -20,834 dBm, factor de calidad Q para audio/datos y video es de 8,591 y 8,403 respectivamente y la tasa de error binario para audio/datos es de $4,199 \times 10^{-18}$ y video de $2,140 \times 10^{-17}$.

Tabla 1-4: Comparativa de estándares con datos obtenidos.

COMPARATIVA				
PARAMETRO	VALOR	ESTANDAR	USUARIO CERCANO	USUARIO LEJANO
Prx	-27dBm	ITU-G984,2	-20,21 dBm	-20,808dBm
Q	≥ 6	ITU-G984,2	9,106(Audio/Datos)	8,59 (Audio/Datos)
			9,087(Video)	8,403 (Video)
BER	< 1×10^{-10} (Audio/Datos)	ITU-G984,2	$4,17 \times 10^{-20}$	$4,198 \times 10^{-18}$
	< 1×10^{-12} (Video)		$4,93 \times 10^{-20}$	$2,139 \times 10^{-17}$

Realizado por: Hernández, Jonathan, 2022

CONCLUSIONES

- Mediante el estudio realizado en el marco teórico del presente trabajo de integración curricular, se analizó los diferentes aspectos que intervienen dentro de la prestación de servicios Triple Play, el objetivo de la convergencia de los servicios de internet, telefonía y televisión es transportar todos estos datos a través de una única infraestructura de red, aprovechando y optimizando la utilización de recursos, con el fin de garantizar un correcto funcionamiento y parámetros de calidad que aseguren el servicio ofertado a cada uno de los usuarios. Existen tres parámetros fundamentales que consolidan un servicio de calidad; un ancho de banda elevado, una baja tasa de pérdidas de paquetes y un alto rendimiento en el tráfico de datos, la tecnología GPON permite integrar de manera eficiente los servicios Triple Play mediante un cable de fibra óptica consiguiendo un importante ahorro de costos de infraestructura y mantenimiento, además de simplificar la gestión de dichos servicios IP que forman parte de la red.
- El estándar ITU-T G.984 es una recomendación bastante extensa y compleja que brinda las directrices y especificaciones técnicas que deben cumplir los elementos que componen una red con tecnología GPON, de igual manera proporciona un criterio acertado en la optimización de recursos y en la elaboración de proyectos de diseño ideales para evitar trabajos futuros después de la construcción. Este compendio de recomendaciones se extiende desde las G.984.1 hasta la G.984.7 y describe los parámetros más importantes para certificar una red GPON, entre ellos aspectos generales, arquitectura del sistema, potencias requeridas en los equipos, operaciones de transmisión, gestión de control de la OLT y ONT, mejoramiento en la banda y alcance de transmisión, entre otras.
- El diseño de la red GPON partió en base a los requerimientos de los moradores de la zona centro de la parroquia Quisapincha, estas necesidades fueron percibidas mediante la aplicación de una encuesta, donde los datos conseguidos reflejan un alto índice de inconformidad con el actual servicio de telecomunicaciones que les ofrece su proveedor. Se propuso una mejora en la calidad de su servicio, a través de la integración de internet, telefonía y televisión por pago en uno solo, con la opción del servicio Triple Play, dicho servicio está sujeto a las características del diseño de la red GPON, sujetas a la recomendación ITU-T G.984 y a la norma técnica vigente para el despliegue y tendido de redes físicas de telecomunicaciones manejada por ARCOTEL. La capacidad del servicio Triple Play fue estimada de acuerdo a los requerimientos necesarios de cada componente que conforma dicho servicio, contemplando que su funcionamiento sea óptimo.

- La simulación de la red GPON se realizó mediante el software OptiSystem, se dispuso la configuración de los parámetros técnicos establecidos en la norma ITU-T G.984, permitiendo realizar una valoración precisa sobre la eficiencia del servicio Triple Play, evaluando indicadores como la potencia, el factor de calidad Q y el BER de la señal recibida en las ONT de los usuarios más cercanos y lejanos de cada zona.
- La evaluación de los resultados obtenidos en el programa Optisystem se efectuaron mediante la comparación en los cálculos teóricos de atenuaciones y el balance de potencia realizados en el capítulo 3, además que los valores conseguidos en la simulación y en el cálculo estén sujetos a la norma técnica de la ITU. La recomendación ITU-T G.984.2 establece que el valor de sensibilidad de -27 dBm del equipo receptor debe ser menor o igual a la potencia recibida en la ONT, el factor de calidad mínimo debe ser igual o mayor a 6 y el BER debe ser menor a 1×10^{-10} para audio/datos y 1×10^{-12} para video, obteniendo resultados dentro de las especificaciones de la norma, por lo que se garantiza el correcto funcionamiento de la red GPON para brindar de servicio Triple Play a todos los usuarios de la zona de estudio.

RECOMENDACIONES

- Tomar a consideración la distribución de los postes de la red eléctrica de la parroquia Quisapincha en el diseño de la red GPON, en virtud que el cableado de fibra óptica se realiza de manera aérea y las NAPs están ubicadas en los postes de alumbrado público, es imprescindible obtener los mapas de distribución de la red eléctrica por medio del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) en donde se realice el estudio o conseguir la información mediante el internet.
- En el proceso de implementación de la red FTTH es importante revisar la información proporcionada por cada uno de los manuales técnicos o datashets de los equipos activos y pasivos involucrados en la infraestructura de la red, con el fin de precautelar el bienestar de los mismos y la integridad de cada persona en trabajos de instalación.
- Se recomienda la organización y señalización de los cables en toda la trayectoria del diseño de la red GPON y en los suministros utilizados en el diseño de la red para que, si existe alguna falla en el enlace se pueda reconocer el hilo y buffer al que pertenece de forma más fácil y sencilla.
- El continuo crecimiento poblacional en la zona urbana de Quisapincha constituirá a largo plazo una mayor demanda en los servicios de telecomunicaciones, internet, telefonía y televisión, por lo que se recomienda en trabajos futuros mejorar la infraestructura y arquitectura de la red GPON existente, mediante la incorporación de la recomendación ITU-T G.987, que contempla redes óptica pasivas con capacidad Gigabit (X-GPON), con anchos de banda mucho mayores y proporciona velocidades de internet compartidas de 10 Gbps.

GLOSARIO

Atenuación: Acción y efecto de atenuar. (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2022a)

Dieléctrico: Dicho de un material: Que es mal conductor de la electricidad. (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2022b)

Dispersión: Descomposición de una radiación en sus diferentes longitudes de onda por la acción del medio de propagación, como la luz cuando atraviesa las gotas de lluvia formando el arcoíris. (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2022c)

Empalme: Acción y efecto de empalmar. Punto en que se empalma. (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2022d)

Frecuencia: Número de veces que se repite un proceso periódico por unidad de tiempo. (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2022e)

IP: El número que identifica a cada dispositivo dentro de una red con protocolo IP. (SENSAGENT, 2022a)

Reflexión: Acto de reflejar o reflejarse: la reflexión de la luz, la reflexión de una imagen en el espejo, la reflexión de microondas. (SENSAGENT, 2022b)

Refracción: Propiedad que tienen ciertos cristales de duplicar las imágenes de los objetos. (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2022f)

BIBLIOGRAFÍA

ALBRIGTH, D. *What Is IPTV? Everything You Need to Know About the Future of Video* [blog]. 2018. [Consulta: 25 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.uscreen.tv/blog/what-is-iptv/>

BECKERS, M. "Basics of light guidance". *Science Direct* [en línea], 2017, vol. 3, no. 1, pp. 9-46. [Consulta: 04 octubre 2022]. ISSN 1943-2429. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081000397000026>

CEVALLOS ROJAS, R.A. y MONTALVO ESPINOSA, R.R. "Estudio Y Diseño De Una Red De Última Milla, Utilizando La Tecnología G-Pon, Para El Sector Del Nuevo Aeropuerto De Quito". *OMI* [en línea], 2010, no 12, pp. 225. [Consulta: 02 junio 2021]. ISSN 0120-2812. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/45204646_Estudio_y_diseno_de_una_red_de_ultima_milla_utilizando_la_tecnologia_G-PON_para_el_sector_del_nuevo_aeropuerto_de_Quito/download

CISCO NETWORKING ACADEMY. *WDM Network Design* [blog]. 2003. [Consulta: 02 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=30886&seqNum=4>

CRUZ NAULA, N.E. Diseño de una red FTTX utilizando estándar G.984.X para proveer servicio Triple Play en la zona urbana del Cantón Chambo [en línea] (Trabajo de Titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2019. [Consulta: 17 octubre 2022] Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/11020/1/98T00243.pdf>

CYPRESS. *Understanding Bit-Error-Rate Hotlink* [blog]. 2010. [Consulta: 17 noviembre 2022]. Disponible en: www.cypress.com

DAVIES, L. *NRZ Encoding* [blog]. 2012. [Consulta: 12 noviembre 2022]. Disponible en: http://www.interfacebus.com/NRZ_Definition.html

DINTEK. *Tipos de fibra óptica: multimodo y monomodo* [blog]. 2022. [Consulta: 13 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.dintek.com.tw/index.php/Articles/Fiber-optic-types-multimode-and-singlemode.html>

DR. ISMAIL, T. *Optical Communication System and Amplifier Design Software* [en línea]. Ohio-EE.UU., 2014. [Consulta: 20 noviembre 2022]. Disponible en: https://scholar.cu.edu.eg/?q=hmostafa/files/optisystem_d1.pdf

ECURED. *TDM.* [blog]. 2022. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/TDM>

ENCICLOPEDIA DE CARACTERÍSTICAS. *10 características de la FIBRA ÓPTICA* [blog]. 2021. [Consulta: 07 diciembre 2022]. Disponible en: <https://10caracteristicas.com/fibra-optica/>

FOSCO. *Optical Fiber Loss And Attenuation* [blog]. 2018. [Consulta: 15 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.fiberoptics4sale.com/blogs/archive-posts/95048006-optical-fiber-loss-and-attenuation>

GAD PARROQUIAL QUISAPINCHA. *Rendición de Gestión Mayo a Diciembre 2014* [blog]. 2014. [Consulta: 11 septiembre 2022]. Disponible en: http://gadquisapincha.gob.ec/images/cwattachments/114_b027497f9d726b4512a419d79af90ad7.pdf

GILLIS, A. *VoIP (voice over Internet Protocol)* [blog]. 2020. [Consulta: 19 octubre 2022] Disponible en: <https://www.techtarget.com/searchunifiedcommunications/definition/VoIP>

GONZÁLES N. & BECERRA S. Diseño de una ODN para una red óptica de acceso mediante tecnología GPON para servicios triple play en el sector “La TOLITA 1 Y La TOLITA 2” de la ciudad de Esmeraldas [en línea] (Trabajo de Titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2016. [Consulta: 02 junio 2022] Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/5444>

HIDALGO ZÚÑIGA, F.A. *Servicios Convergentes de Telecomunicaciones en el Ecuador* [en línea]. 2° Edición. Guayaquil-Ecuador, 2008. [Consulta: 14 diciembre 2022]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2014/1/CD-1301.pdf>

HTF. *Comprehensive understanding of APON, BPON, EPON, GPON* [blog]. 2020. [Consulta: 13 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.htfwdm.com/info/comprehensive-understanding-of-apon-bpon-epo-45893020.html>

ILLESCAS LLIGUICHUZHCA, C.S., ILLESCAS TAPIA, J.S. Estudio previo para la implementación del sistema triple play en una red HFC de la empresa Servicable [en línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca, Ecuador. 2010. [Consulta: 05 diciembre 2022] Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1050>

INEC. *Población y Demografía* [blog]. 2010. [Consulta: 23 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>.

INTERNATIONAL ENGINEERING CONSORTIUM. *Time Division Multiple Access (TDMA)*. Madrid, España: Editorial El Viso, 2010. ISBN 958-72-87527-12-6 D, pp. 1–13

JUNIPER NETWORKS. *Pérdida de señal de cable de fibra óptica, atenuación y dispersión* [blog]. 2020. [Consulta: 02 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.juniper.net/documentation/es/release-independent/junos/topics/concept/fiber-optic-cable-signal-loss-attenuation-dispersion-understanding.html>

JUNIPER NETWORKS. *What is a passive optical network (PON)?* [blog]. 2022. [Consulta: 02 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.juniper.net/gb/en/research-topics/what-is-pon.html>

KOIKE, Y. y KOIKE, K. "Polymers for Advanced Functional Materials". *Science Direct* [en línea], 2014, vol. 8, no. 1, pp. 13-16. [Consulta: 27 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444533494002090>

LARRY. *Step-Index Multimode Fiber vs Graded-Index Multimode Fiber* [blog]. 2021. [Consulta: 11 diciembre 2022]. Disponible en: <https://community.fs.com/blog/step-index-multimode-fiber-vs-graded-index-multimode-fiber.html>.

LLORET, J. y GARCÍA, M. *IPTV: La Televisión por Internet* [en línea]. *PUBLICACIONES VÉRTICE S.L.* [en línea]. 2º Edición. Málaga-España, 2008. [Consulta: 17 octubre 2022] Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=PvmZFX0mMYC&printsec=copyright&hl=es#v=onepage&q&f=false>

LÓPEZ, E.T. *Redes FTTH* [en línea]. 1º Edición. Catalunya-España, 2015. [Consulta: 23 octubre 2022] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/280069230_FTTH_Course_-_Module_3

MEJIA, C. *Características de la Fibra Óptica* [blog]. [Consulta: 14 octubre 2022]. Disponible en: <https://lamecanicacelestedelrbarattleboom.wordpress.com/2012/05/29/caracteristicas-de-la-fibra-optica/>

MILLÁN TEJEDOR, R.J. *Que es GPON (Gigabyte Optical Passive Network)* [blog]. 2007. [Consulta: 02 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php>

NBG HOLDING. *Step Index Optical Fiber* [blog]. [Consulta: 02 junio 2021]. Disponible en: <https://www.nbg.tech/glossary/step-index-optical-fiber/>

OSSA, J.A.D. *Teoría de Comunicaciones Digitales "Análisis de Diagramas de Ojo"*. Madrid, España: Editorial Vértice, 2008. ISBN 978-84-96647-22-4, pp. 10-16

PANCHI HERRERA, M.F. *Diseño de una red GPON para la empresa Cine Cable TV* [en línea] (Trabajo de Titulación). Pontífica Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. 2016. [Consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: <https://docplayer.es/83753883-Pontificia-universidad-catolica-del-ecuador-facultad-de-ingenieria-maestria-en-redes-de-comunicaciones.html>

PINTO, R.A. en CABEZAS, A.F. *Sistemas de comunicaciones ópticas* [en línea]. 10º Edición. Granada-España, 2014. [Consulta: 10 octubre 2022]. Disponible en: <http://books.google.com/books?id=zhFu4jZ1h4oC&pgis=1>

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Atenuación sustantivo | Definición | Diccionario de la lengua española en dle.rae.es [blog] |. [Consulta: 10 de enero 2023]. Disponible en: <https://dle.rae.es/atenuaci%C3%B3n?m=form>

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Dieléctrico adjetivo | Definición | Diccionario de la lengua española en dle.rae.es [blog] |. [Consulta: 10 de enero 2023]. Disponible en: <https://dle.rae.es/diel%C3%A9ctrico?m=form>

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Dispersión sustantivo | Definición | Diccionario de la lengua española en dle.rae.es [blog] |. [Consulta: 10 de enero 2023]. Disponible en: <https://dle.rae.es/dispersi%C3%B3n?m=form>

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Empalme sustantivo | Definición | Diccionario de la lengua española en dle.rae.es [blog] |. [Consulta: 10 de enero 2023]. Disponible en: <https://dle.rae.es/empalme?m=form>

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Frecuencia sustantivo | Definición | Diccionario de la lengua española en dle.rae.es [blog] |. [Consulta: 10 de enero 2023]. Disponible en: <https://dle.rae.es/frecuencia?m=form>

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Refracción sustantivo | Definición | Diccionario de la lengua española en dle.rae.es [blog] |. [Consulta: 10 de enero 2023]. Disponible en: <https://dle.rae.es/refracci%C3%B3n?m=form>

SENSAGENT. IP sustantivo. | Definición |SENSAGENT-DICTIONARY en sensagent.com [blog]. [Consulta: 10 de enero 2023]. Disponible en: <http://diccionario.sensagent.com/ip/es-es/>

SENSAGENT. Reflexión sustantivo. | Definición |SENSAGENT-DICTIONARY en sensagent.com [blog]. [Consulta: 10 de enero 2023]. Disponible en: <http://diccionario.sensagent.com/REFLEXION/es-es/>

VÁZQUEZ MARTÍNEZ, O.A. Convergencia de servicios hacia Triple Play en México [en línea] (Maestría). *Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey*, Monterrey, México. 2008. [Consulta: 29 octubre 2022] Disponible en: <https://repositorio.tec.mx/ortec/bitstream/handle/11285/629172/33068001051720.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

VIAJANDOX. *Quisapincha* [blog]. 2012. [Consulta: 13 octubre 2022]. Disponible en: <https://ec.viajandox.com/ambato/quisapincha-A607>

VILLANUEVA HERNÁNDEZ, J.A., VÁZQUEZ SÁNCHEZ, R.A. y GARCÍA LARA, C.M. 2013. "Sensores de fibra óptica y sus aplicaciones en el medio ambiente". *Espacio I+D Innovación más Desarrollo* [en línea], vol. 2, no. 3, pp. 94–115. [Consulta: 19 octubre 2022]. ISSN 0120-2812. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/330742313_Sensores_de_fibra_optica_y_sus_aplicaciones_en_el_medio_ambiente

ANEXOS

ANEXO A: Encuesta a los moradores de la zona urbana de la parroquia Quisapincha



ENCUESTA DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES

El objetivo de esta encuesta es recolectar información precisa para el desarrollo del trabajo de integración curricular denominado: **“DISEÑO DE UNA RED GPON PARA BRINDAR SERVICIO TRIPLE PLAY EN LA ZONA CENTRICA DE LA PARROQUIA QUISAPINCHA”**. Razón por la cual se solicita de la manera más comedida responder con la seriedad y veracidad del caso.

INSTRUCCIONES: Marque con una X la respuesta que corresponda a su caso.

Pregunta 1.- Seleccione los servicios Triple Play que posee en su hogar.

- Internet
- Telefonía
- Televisión por pago
- Internet y Telefonía
- Internet y Televisión por pago
- Internet, Telefonía y Televisión por pago (Triple Play)
- Ninguno

Pregunta 2.- Indique el grado de satisfacción con su proveedor actual de servicio de internet, telefonía y televisión por pago.

- Muy Satisfecho
- Satisfecho
- Insatisfecho

- Muy Insatisfecho
- No Aplica

Pregunta 3.- ¿Cuántos dispositivos electrónicos aproximadamente dispone usted, con conexión a internet en su hogar?

- Más de 6
- 3 – 6
- 1 – 3
- Ninguno

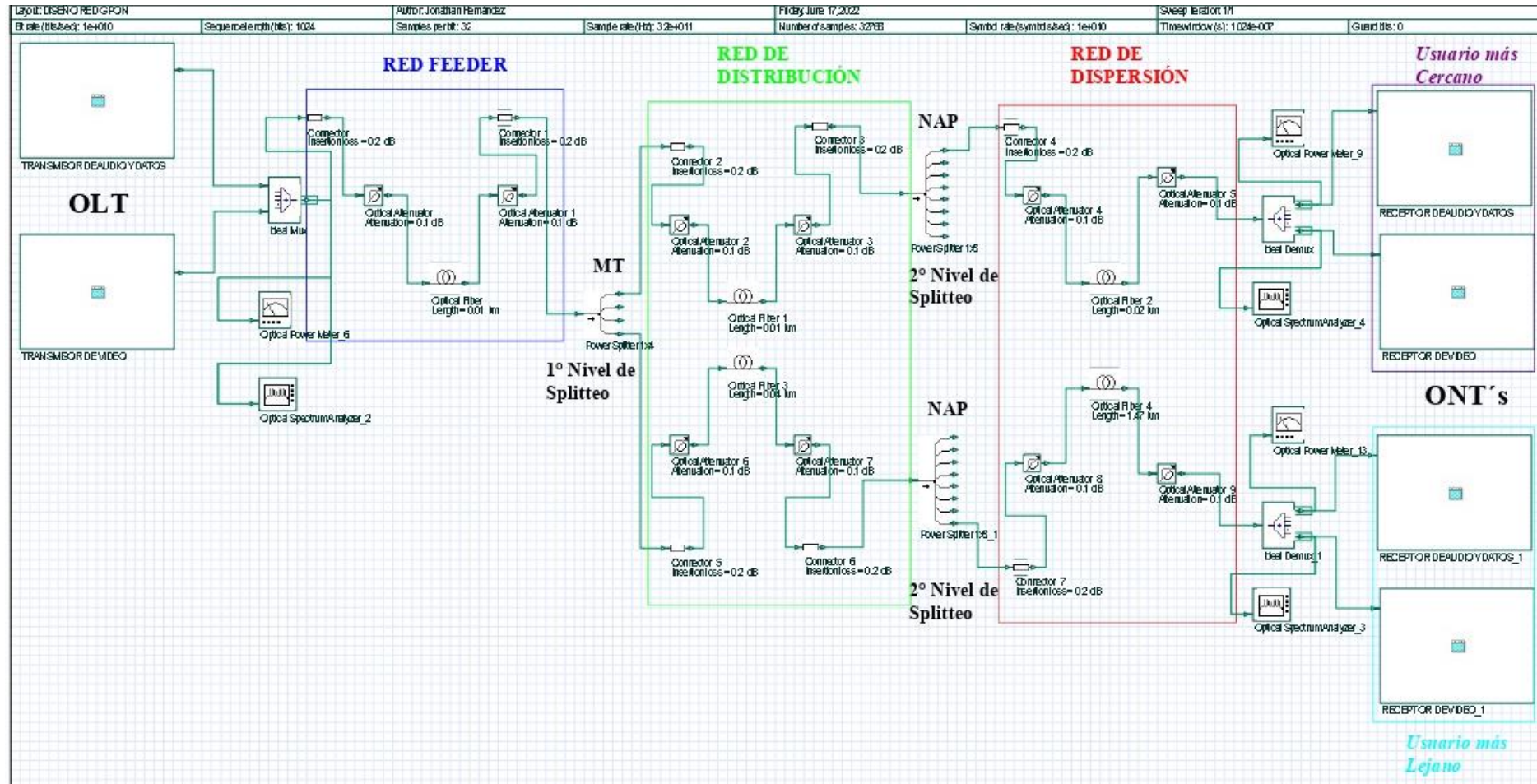
Pregunta 4.- ¿Le gustaría cambiar a un nuevo proveedor que le ofrezca mejores garantías, con un servicio Triple Play de calidad y a un bajo costo?

- Si
- No

Pregunta 5.- ¿Qué tarifa estaría dispuesto a pagar usted por un servicio Triple Play (Internet, Telefonía y Televisión por pago) de calidad?

- \$25-\$35
- \$35-\$45
- Mayor a \$45

ANEXO B: Diseño de la Red GPON para la zona urbana de la parroquia Quisapincha en Optisystem



ANEXO C: Aplicación de encuestas en la zona céntrica de la parroquia Quisapincha.



ANEXO D: Datasheet Equipo OLT Huawei MA5800-X17

Item	MA5800-X17	MA5800-X7
Switching Capacity	7 Tbit/s	7 Tbit/s
MAC Addresses	256K	256K
ARP/router table	64K	64K
GPON Ports	272	112
XG-PON Ports	136	56
GE/FE Ports	816	336
10GE Ports	136	56
Dimensions in mm (H*W*D)	486*533*286	264*442*242
Operating temperature range	Indoor cabinet with 1 subrack: -40°C to +65°C Indoor cabinet with 2 subracks: -40°C to +55°C	-40°C to +65°C
DC Power Supply	-38.4 to -72 V	-38.4 to -72 V
GPON Board	16 ports with Class B+/ C+ SFP optical modules; eOTDR; 40 km differential reach; 4-level HQoS; 1588V2	
XG-PON Board	8 ports with SFP+ optical modules; 40 km differential reach; 4-level HQoS; 1588V2	
Ethernet GE/FE Board	48*FE/GE (CSFP interface) or 24*FE/GE (SFP interface); SyncE and 1588v2	
Ethernet 10GE Board	8* 10 GE (SFP+ interface) or 8* GE (SFP/eSFP interface); SyncE and 1588v2	
Layer 2 Function	VLAN+MAC forwarding, SVLAN+CVLAN forwarding, PPPoE Plus, DHCP option82	
Layer 3 Function	Static route, RIP, OSPF/OSPFv3, IS-IS, BGP/BGP4+, ARP, DHCP relay, VRF	
MPLS&PWE3	LDP, RSVP-TE, MPLS OAM, tunnel PS, TDM/ETH PWE3, PW Redundancy, MPLS BGP IP VPN	
IPv6	Dual-stack IPv4 and IPv6, IPv6 Layer2 and Layer 3 forwarding, DHCPv6 relay	
Multicast	IGMPv2, IGMPv3, IGMP proxy and snooping, VLAN-based multicast	
QoS	Traffic classification, priority processing, trTCM based traffic policing, HQoS, traffic shaping, WRED, PQ/WRR/PQ+WRR, ACL	
System Reliability	GPON and XG-PON type B, type C; Inter-board or intra-board LAG, MSTP; Control boards and service boards ISSU	

ANEXO E: Datasheet Equipo ONT Huawei HN8M038055Q

HN8055Q Specification	
Dimensions (H x W x D)	238x190x26 mm (Without the base)
Weight	about 850 g
Operating temperature	0°C to +40°C
Operating humidity	5% RH to 95% RH (non-condensing)
Power adapter input	100–240 V AC, 50–60 Hz
System power supply	12 V DC, 3 A
Maximum power consumption	<34W
Ports	4*GE+1*10GE+2.4G&5G Wi-Fi + 2USB
Interface Parameters	
XG-PON Port	<ul style="list-style-type: none"> • Class N1/N2a • Receiver sensitivity: -28dBm • Wavelengths: US 1260-1280nm, DS 1575-1580nm • WBF • Flexible mapping between GEM Port and TCONT • SN/Password/SN+Password/BI-directional authentication based on OMCI • Bi-directional FEC • SR-DBA and NSR-DBA • 2.5Gbps uplink, 10Gbps downlink
Ethernet Port	<ul style="list-style-type: none"> • Ethernet port-based VLAN tags and tag removal • 1:1 VLAN, N:1 VLAN, or VLAN transparent transmission • QinQ VLAN • Limit on the number of learned MAC addresses • MAC address learning
WLAN	<ul style="list-style-type: none"> • IEEE 802.11 b/g/n(2.4G) • IEEE 802.11 a/n/ac(5G) • 3 x 3 MIMO • Antenna gain: 2 dBi • WMM • Multiple SSIDs • WPS • 2.4G/5G concurrent
Ethernet Port	<ul style="list-style-type: none"> • Ethernet port-based VLAN tags and tag removal • 1:1 VLAN, N:1 VLAN, or VLAN transparent transmission • QinQ VLAN • Limit on the number of learned MAC addresses • MAC address learning
POTS Port	<ul style="list-style-type: none"> • Maximum REN: 4 • G.711A/μ, G.729a/b and G.722 encoding/decoding • T.30/T.38/G.711 fax mode • DTMF • Emergency calls (with the SIP protocol)
USB Port	<ul style="list-style-type: none"> • USB3.0 • FTP-based network storage • File/Print sharing based on SAMBA • DLNA DMS/UPnP AV (media server)



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE**



**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

Fecha de entrega: 24/03/2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Jonathan Eduardo Hernández Gavilanes
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Informática y Electrónica
Carrera: Telecomunicaciones
Título a optar: INGENIERO EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y REDES
f. Analista de Biblioteca responsable:  Ing. Fernanda Arévalo M.

