



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

**“DISEÑO Y EVALUACION DE UNA RED DE ACCESO ÓPTICA
PARA EL SECTOR URBANO DEL CANTON CHAMBO
MEDIANTE EL ESTANDAR ITU G987.X”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTOR:

EDWIN GONZALO VELASTEGUI CORONEL

Riobamba – Ecuador

2022



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

**“DISEÑO Y EVALUACION DE UNA RED DE ACCESO ÓPTICA
PARA EL SECTOR URBANO DEL CANTON CHAMBO
MEDIANTE EL ESTANDAR ITU G987.X”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTOR: EDWIN GONZALO VELASTEGUI CORONEL

DIRECTOR: Ing. Msc. OSWALDO GEOVANNY MARTÍNEZ GUASHIMA.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Edwin Gonzalo Velastegui Coronel

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

Yo, EDWIN GONZALO VELASTEGUI CORONEL 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 provine de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 17 de mayo de 2022



Edwin Gonzalo Velastegui Coronel

0604654905

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Propuesta Tecnológica, “**DISEÑO Y EVALUACION DE UNA RED DE ACCESO OPTICA PARA EL SECTOR URBANO DEL CANTON CHAMBO MEDIANTE EL ESTANDAR ITU G987.X**”, realizado por el señor **EDWIN GONZALO VELASTEGUI CORONEL**, 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. MSc. Franklin Geovanni Moreno Montenegro DELEGADO DEL DECANO |  | 2022/05/04 |
| Ing. MSc. Oswaldo Geovanny Martínez Guashima DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN |  | 2022/05/04 |
| Ing. PhD. Hugo Oswaldo Moreno Avilés MIEMBRO DEL TRIBUNAL |  | 2022/05/04 |

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de titulación a mis queridos padres Gonzalo Velastegui y Alicia Coronel, que siempre me brindaron ese apoyo incondicional sin condición alguna, creyeron en mí y no dejaron que me faltara la fortaleza para culminar mis estudios superiores siendo los pilares fundamentales de mi formación, a mis hermanos y tíos que siempre estuvieron a mi lado compartiendo los buenos y malos momentos, brindándome ese apoyo incondicional esa esperanza para culminar mis metas.

Gonzalo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a dios por bendecirme en cada paso de mi formación académica y de mi vida, a mi querida Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por haberme abierto las puertas para poder estudiar y culminar una etapa de mi vida estudiantil, a cada uno de mis profesores que me brindaron su dedicación, apoyo, conocimiento y compromiso.

Gonzalo

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|-----------------------------|-------|
| ÍNDICE DE TABLAS..... | xii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xiv |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS..... | xviii |
| ÍNDICE DE ANEXOS | xix |
| ÍNDICE DE ABREVIATURAS..... | xx |
| RESUMEN..... | xxi |
| SUMMARY | xxii |
| INTRODUCCIÓN | 1 |

CAPÍTULO I

| | |
|---|-----------|
| 1. MARCO TEÓRICO | 5 |
| 1.1 Fibra óptica..... | 5 |
| <i>1.1.1 Clases de fibra óptica</i> | <i>6</i> |
| <i>1.1.1.1 Fibra multimodo.....</i> | <i>6</i> |
| <i>1.1.1.2 Fibra monomodo.....</i> | <i>6</i> |
| <i>1.1.2 Aspectos técnicos.....</i> | <i>7</i> |
| <i>1.1.3 Cables de fibra óptica.....</i> | <i>8</i> |
| <i>1.1.3.1 Cable auto soportado completamente dieléctrico (ADSS).....</i> | <i>8</i> |
| <i>1.1.3.2 Cable de tierra óptico (OPGW).....</i> | <i>8</i> |
| <i>1.1.3.3 Cable figure 8.....</i> | <i>9</i> |
| <i>1.1.4 Estructura de cables de fibra óptica</i> | <i>10</i> |
| <i>1.1.4.1 Cable de estructura de holgada</i> | <i>10</i> |
| <i>1.1.4.2 Cable de estructura ajustada</i> | <i>10</i> |

| | | |
|--------------|--|----|
| 1.1.5 | Empalmes de fibra | 10 |
| 1.1.5.1 | Empalmes mecánicos | 10 |
| 1.1.5.2 | Empalmes por fusión..... | 10 |
| 1.1.6 | Conectores Ópticos | 11 |
| 1.1.6.1 | Conector ST..... | 11 |
| 1.1.6.2 | Conector SC | 11 |
| 1.1.6.3 | Conector LC..... | 11 |
| 1.1.7 | Tipos de pulidos | 11 |
| 1.1.7.1 | Pulido APC | 12 |
| 1.1.7.2 | Pulido UPC..... | 12 |
| 1.1.7.3 | Pulido PC..... | 12 |
| 1.1.8 | Herrajes | 12 |
| 1.1.9 | Normativa en fibra óptica | 12 |
| 1.2 | Redes FTTx | 13 |
| 1.2.1 | Arquitectura de la red FTTx | 14 |
| 1.2.1.1 | Fibra hasta el nodo (FTTN)..... | 14 |
| 1.2.1.2 | Fibra hasta la acera (FTTC)..... | 15 |
| 1.2.1.3 | Fibra hasta la acometida de un edificio (FTTB)..... | 15 |
| 1.2.1.4 | Fibra hasta al hogar (FTTH)..... | 15 |
| 1.2.2 | Topología | 16 |
| 1.2.2.1 | Punto a Punto..... | 16 |
| 1.2.2.2 | Punto a Multipunto | 16 |
| 1.3 | Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (GPON) | 17 |
| 1.3.1 | Arquitectura de una red GPON | 18 |
| 1.3.1.1 | Oficina Central | 19 |
| 1.3.1.2 | ODN..... | 19 |

| | | |
|--------------|--|----|
| 1.3.1.3 | <i>Ambiente Cliente</i> | 20 |
| 1.4 | Servicios triple play | 20 |
| 1.4.1 | Paquete triple play | 21 |
| 1.4.1.1 | <i>Internet</i> | 21 |
| 1.4.1.2 | <i>Voz IP</i> | 21 |
| 1.4.1.3 | <i>Televisión</i> | 21 |
| 1.4.2 | Recomendación ITU-T G.987.X | 22 |
| 1.5 | Software | 23 |
| 1.5.1 | <i>Optisystem</i> | 23 |
| 1.5.2 | <i>OpNet Modeler</i> | 23 |
| 1.5.3 | <i>Omnet ++</i> | 24 |

CAPITULO II

| | | |
|------------|--|----|
| 2. | MARCO METODOLÓGICO | 25 |
| 2.1 | Metodología de la investigación | 25 |
| 2.1.1 | <i>Investigación bibliográfica</i> | 25 |
| 2.1.2 | <i>Investigación experimental</i> | 25 |
| 2.2 | Recursos | 26 |
| 2.2.1 | <i>Recursos primarios</i> | 26 |
| 2.2.2 | <i>Recursos secundarios</i> | 26 |
| 2.3 | Escenario | 26 |
| 2.3.1 | <i>Crecimiento demográfico</i> | 27 |
| 2.3.1.1 | <i>Zona urbana</i> | 28 |
| 2.3.2 | <i>Demanda de Servicios</i> | 30 |
| 2.3.2.1 | <i>Tamaño de la muestra</i> | 30 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 2.3.2.2 | <i>Encuestas realizadas</i> | 31 |
| 2.4 | Requerimientos técnicos de diseño | 36 |
| 2.4.1 | <i>Selección del software</i> | 37 |
| 2.4.2 | <i>Selección de la arquitectura de red</i> | 37 |
| 2.4.3 | <i>Selección de topología de la red</i> | 38 |
| 2.4.4 | <i>Selección del tipo de fibra óptica</i> | 39 |
| 2.4.4.1 | <i>Tipo de cableado</i> | 39 |
| 2.4.5 | <i>Distribución geográfica de los equipos</i> | 39 |
| 2.4.5.1 | <i>Terminal de línea óptica (OLT)</i> | 39 |
| 2.4.5.2 | <i>Mangas porta splitters</i> | 40 |
| 2.4.5.3 | <i>Cajas de distribución óptica</i> | 42 |
| 2.4.6 | <i>Establecer el ancho de banda</i> | 44 |
| 2.5 | Diseño de la red | 45 |
| 2.5.1 | <i>Red Feeder o troncal</i> | 45 |
| 2.5.5.1 | <i>Derivación del cable Feeder para la zona 1</i> | 46 |
| 2.5.5.2 | <i>Derivación del cable Feeder para la zona 2</i> | 48 |
| 2.5.5.3 | <i>Derivación del cable Feeder para la zona 3</i> | 48 |
| 2.5.5.4 | <i>Derivación del cable Feeder para la zona 4</i> | 49 |
| 2.5.2 | <i>Red de distribución</i> | 50 |
| 2.5.2.1 | <i>Red de distribución en la zona 1</i> | 50 |
| 2.5.2.2 | <i>Red de distribución en la zona 2</i> | 53 |
| 2.5.2.3 | <i>Red de distribución en la zona 3</i> | 54 |
| 2.5.2.4 | <i>Red de distribución en la zona 4</i> | 56 |
| 2.5.3 | <i>Red de Dispersión</i> | 58 |
| 2.6 | Equipos y materiales | 58 |
| 2.6.1 | <i>OLT</i> | 59 |

| | | |
|-------|--|----|
| 2.6.2 | <i>ONT</i> | 60 |
| 2.6.3 | <i>Splitter</i> | 61 |
| 2.6.4 | <i>Manga de empalme</i> | 62 |
| 2.6.5 | <i>Cajas de distribución óptica</i> | 63 |
| 2.6.6 | <i>Roseta óptica</i> | 64 |
| 2.6.7 | <i>Conector SC/APC</i> | 65 |
| 2.7 | Presupuesto óptico | 66 |
| 2.7.1 | <i>Calculo del usuario más cercano</i> | 68 |
| 2.7.2 | <i>Calculo del usuario más lejano</i> | 68 |
| 2.8 | Balance óptico de potencia | 68 |
| 2.8.2 | <i>Balance de potencia del usuario más cercano</i> | 69 |
| 2.8.1 | <i>Balance de potencia del usuario más lejano</i> | 69 |

CAPITULO III

| | | |
|---------|--|----|
| 3. | GESTIÓN DEL PROYECTO | 70 |
| 3.1 | Simulación de la red XGPON | 70 |
| 3.1.1 | <i>Optysistem</i> | 70 |
| 3.1.1.1 | <i>Descripción de la OLT</i> | 70 |
| 3.1.1.2 | <i>Descripción de la ODN</i> | 72 |
| 3.1.1.3 | <i>Descripción de la ONU/ONT</i> | 73 |
| 3.1.2 | Diseño de la red FTTx para la zona urbana del Cantón Chambo | 75 |
| 3.1.2.1 | <i>Diseño de la red feeder</i> | 75 |
| 3.1.2.2 | <i>Diseño de la red de distribución</i> | 76 |
| 3.1.2.3 | <i>Diseño de la red de dispersión</i> | 76 |
| 3.2 | Evaluación de resultados | 77 |

| | | |
|------------------------------|---|----|
| 3.2.1 | <i>Potencia</i> | 77 |
| 3.2.1.1 | <i>Potencia a la salida de la OLT</i> | 77 |
| 3.2.1.2 | <i>Potencia recibida por la ONT del usuario más cercano</i> | 77 |
| 3.2.1.3 | <i>Potencia recibida por la ONT del usuario más lejano</i> | 78 |
| 3.2.2 | <i>Factor Q y BER (Bit error ratio)</i> | 78 |
| 3.2.2.1 | <i>Usuario más cercano</i> | 79 |
| 3.2.2.2 | <i>Usuario más lejano</i> | 81 |
| 3.2.3 | <i>Diagrama de ojo</i> | 83 |
| 3.2.3.1 | <i>Usuario más cercano</i> | 83 |
| 3.2.3.2 | <i>Usuario más lejano</i> | 84 |
| 3.3 | Material proyectado a utilizar | 86 |
| 3.3.1 | <i>Zona 1</i> | 86 |
| 3.3.2 | <i>Zona 2</i> | 86 |
| 3.3.3 | <i>Zona 3</i> | 87 |
| 3.3.4 | <i>Zona 4</i> | 87 |
| CONCLUSIONES | | 88 |
| RECOMENDACIONES | | 89 |
| BIBLIOGRAFÍA | | |
| ANEXOS | | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|--------------------|---|----|
| Tabla 1-1: | Normativas técnicas de fibra óptica..... | 7 |
| Tabla 2-1: | Tipos de normas técnicas..... | 13 |
| Tabla 3-1: | Pérdidas por tipo de splitter..... | 19 |
| Tabla 4-1: | Recomendaciones ITU-T G.987.X..... | 22 |
| Tabla 1-2: | Variación de la población urbana y rural en los años 2001 y 2010..... | 28 |
| Tabla 2-2: | Servicio Triple Play..... | 31 |
| Tabla 3-2: | Nivel de satisfacción con los servicios..... | 32 |
| Tabla 4-2: | Criterios de los servicios..... | 33 |
| Tabla 5-2: | Servicio con tecnología GPON..... | 34 |
| Tabla 6-2: | Tarifa mensual del servicio Triple Play..... | 35 |
| Tabla 7-2: | Comparativa entre los diferentes softwares de simulación..... | 37 |
| Tabla 8-2: | Comparativa del tipo de cableado..... | 39 |
| Tabla 9-2: | Ubicación de mangas Porta Splitters..... | 41 |
| Tabla 10-2: | Características técnicas de la OLT..... | 60 |
| Tabla 11-2: | Características técnicas de la ONT..... | 61 |
| Tabla 12-2: | Características técnicas del splitter..... | 62 |
| Tabla 13-2: | Características técnicas de la manga de empalme..... | 63 |
| Tabla 14-2: | Características técnicas de la caja de distribución óptica..... | 64 |
| Tabla 15-2: | Características técnicas de la roseta óptica..... | 65 |
| Tabla 16-2: | Características técnicas del conector SC/APC..... | 66 |
| Tabla 17-2: | Valores de atenuación de la red GPON..... | 67 |
| Tabla 1-3: | Cantidad del material usado en la zona 1..... | 86 |
| Tabla 2-3: | Cantidad del material usado en la zona 2..... | 86 |
| Tabla 3-3: | Cantidad del material usado en la zona 3..... | 87 |

| | | |
|-------------------|--|----|
| Tabla 4-3: | Cantidad del material usado en la zona 4 | 87 |
|-------------------|--|----|

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|---------------------|--|----|
| Figura 1-1: | Estructura de la fibra óptica | 5 |
| Figura 2-1: | Estructura de la fibra multimodo | 6 |
| Figura 3-1: | Estructura de la fibra monomodo..... | 7 |
| Figura 4-1: | Cable ADSS | 8 |
| Figura 5-1: | Cable OPGW | 9 |
| Figura 6-1: | Cable Figure 8..... | 9 |
| Figura 7-1: | Topología de la red FTTx | 14 |
| Figura 8-1: | Configuración punto a punto..... | 16 |
| Figura 9-1: | Configuración punto a multipunto | 17 |
| Figura 10-1: | Técnicas de multiplexación de una señal | 18 |
| Figura 11-1: | Arquitectura de una red GPON..... | 18 |
| Figura 1-2: | Mapa del Cantón Chambo..... | 27 |
| Figura 2-2: | Sectorización de la zona urbana del cantón Chambo..... | 29 |
| Figura 3-2: | Zonificación del Cantón Chambo | 30 |
| Figura 4-2: | Topología de red tipo árbol..... | 38 |
| Figura 5-2: | Ubicación geográfica de la OLT | 40 |
| Figura 6-2: | Distribución y área de cobertura de las mangas porta splitters | 41 |
| Figura 7-2: | Distribución geográfica de las NAPs en la zona 1 del cantón Chambo | 42 |
| Figura 8-2: | Distribución geográfica de las NAPs en la zona 2 del cantón Chambo | 43 |
| Figura 9-2: | Distribución geográfica de las NAPs en la zona 3 del cantón Chambo | 43 |
| Figura 10-2: | Distribución geográfica de las NAPs en la zona 4 del cantón Chambo | 44 |
| Figura 11-2: | Caracterización del cable Feeder | 45 |
| Figura 12-2: | Cable Feeder desde la OLT al poste P48 | 46 |
| Figura 13-2: | Sangrado y manga troncal MT01 | 46 |

| | | |
|---------------------|--|----|
| Figura 14-2: | Sangrado y manga troncal MT02..... | 47 |
| Figura 15-2: | Sangrado y manga troncal MT03..... | 47 |
| Figura 16-2: | Sangrado y manga troncal MT04..... | 48 |
| Figura 17-2: | Sangrado y manga troncal MT05..... | 48 |
| Figura 18-2: | Sangrado y manga troncal MT06..... | 49 |
| Figura 19-2: | Sangrado y manga troncal MT07..... | 49 |
| Figura 20-2: | Cajas de distribución ópticas para la MT01 | 50 |
| Figura 21-2: | NAP más cercana a la MT01 | 51 |
| Figura 22-2: | Cajas de distribución ópticas para la MT02..... | 51 |
| Figura 23-2: | NAP más cercana a la MT02 | 52 |
| Figura 24-2: | Cajas de distribución ópticas para la MT03 | 52 |
| Figura 25-2: | NAP más cercana a la MT03 | 53 |
| Figura 26-2: | Cajas de distribución ópticas para la MT04 | 53 |
| Figura 27-2: | NAP más cercana a la MT04 | 54 |
| Figura 28-2: | Cajas de distribución ópticas para la MT05 | 55 |
| Figura 29-2: | NAP más cercana a la MT05 | 56 |
| Figura 30-2: | Cajas de distribución ópticas para la MT06..... | 56 |
| Figura 31-2: | NAP más cercana a la MT06 | 57 |
| Figura 32-2: | Cajas de distribución ópticas para la MT07..... | 57 |
| Figura 33-2: | NAP más cercana a la MT07 | 58 |
| Figura 34-2: | Equipo OLT Huawei MA5800-X17 | 59 |
| Figura 35-2: | Equipo ONT Huawei HN8M038055Q..... | 61 |
| Figura 36-2: | Splitter Óptico PLC MINI Box ABS SC APC | 62 |
| Figura 37-2: | Manga de empalme tipo Domo..... | 63 |
| Figura 38-2: | Caja de distribución de 24 hilos..... | 64 |
| Figura 39-2: | Roseta óptica..... | 65 |

| | | |
|---------------------|--|----|
| Figura 40-2: | Conector SC/APC | 65 |
| Figura 41-2: | Modelo masivos/casa CNT | 66 |
| Figura 1-3: | OLT (Transmisor de Audio y Datos)..... | 71 |
| Figura 2-3: | OLT (Transmisor de Video) | 71 |
| Figura 3-3: | Receptor OLT | 72 |
| Figura 4-3: | ODN (Red de distribución óptica) | 73 |
| Figura 5-3: | Recepción ONU (Audio y Datos) | 74 |
| Figura 6-3: | Recepción ONU (Video)..... | 74 |
| Figura 7-3: | Transmisor ONU..... | 75 |
| Figura 8-3: | Diseño de la red Feeder..... | 75 |
| Figura 9-3: | Diseño de la red de distribución..... | 76 |
| Figura 10-3: | Diseño de la red de dispersión | 76 |
| Figura 11-3: | Potencia a la salida de la OLT | 77 |
| Figura 12-3: | Potencia recibida por la ONU | 78 |
| Figura 13-3: | Potencia recibida por la ONU | 78 |
| Figura 14-3: | Factor Q-usuario más cercano (Audio y Datos)..... | 79 |
| Figura 15-3: | Factor Q-usuario más cercano (Video) | 79 |
| Figura 16-3: | Min BER-usuario más cercano (Audio y Datos) | 80 |
| Figura 17-3: | Min BER-usuario más cercano (Video)..... | 80 |
| Figura 18-3: | Factor Q-usuario más lejano (Audio y Datos) | 81 |
| Figura 19-3: | Factor Q-usuario más lejano (Video)..... | 81 |
| Figura 20-3: | Min BER-usuario más lejano (Audio y Datos) | 82 |
| Figura 20-3: | Min BER-usuario más lejano (Audio y Datos) | 82 |
| Figura 21-3: | Diagrama de ojo del usuario más cercano (Audio y Datos)..... | 83 |
| Figura 22-3: | Diagrama de ojo del usuario más cercano (Video) | 84 |
| Figura 23-3: | Diagrama de ojo del usuario más lejano (Audio y Datos) | 85 |

Figura 24-3: Diagrama de ojo del usuario más lejano (Video)..... 85

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | | |
|---------------------|--|----|
| Gráfico 1-2: | Comparativa de la población en Chambo por sexo | 27 |
| Gráfico 2-2: | Porcentaje de los servicios utilizados en los hogares | 32 |
| Gráfico 3-2: | Porcentaje del nivel de satisfacción con los servicios | 33 |
| Gráfico 4-2: | Porcentaje de los criterios de los servicios | 34 |
| Gráfico 5-2: | Porcentaje de la tecnología a utilizar..... | 35 |
| Gráfico 6-2: | Porcentaje del precio mensual de servicio Triple Play | 36 |

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Encuesta realizada a la población de la zona urbana del cantón Chambo

ANEXO B: Hoja de especificaciones técnicas de la fibra óptica Monomodo normado por la Recomendación ITU-T G.652.D

ANEXO C: Hoja de especificaciones técnicas del cable ADSS

ANEXO D: Especificaciones técnicas del equipo OLT MA5600T

ANEXO E: Simulación de la Red

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

| | |
|------------------|--|
| ADSS: | Cable Auto Soportado Completamente Dieléctrico |
| BER: | Bit error ratio |
| FTTN: | Fibra hasta el nodo |
| FTTC: | Fibra hasta el gabinete |
| FTTB: | Fibra hasta el edificio |
| FTTH: | Fibra hasta el hogar |
| GPON: | Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit |
| ITU-T: | Unión Internacional de Telecomunicaciones-Telecomunicaciones |
| INEC: | Instituto Nacional de Estadísticas y censos |
| NAP: | Caja de Distribución Óptica |
| NRZ: | No return to zero |
| OPGW: | Cable de tierra óptico |
| OLT: | Terminal de Línea Óptica |
| ONT: | Terminal de Red Óptica |
| ODN: | Red de distribución óptica |
| Omnet ++: | Red de pruebas objetiva modular en C++ |
| ONU: | Unidad de Red Óptica |
| PSTN: | Red Telefónica Pública Conmutada |
| TDMA: | Acceso por multiplexación por división de tiempo |
| WDM: | Multiplexación por División de Longitud de Onda |

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de integración curricular fue diseñar una red FTTH utilizando el estándar G.987.X para proveer servicios Triple Play en la zona urbana del cantón Chambo, para lo cual se realizó un estudio de demanda y factibilidad dentro de la población de la urbe a través de la aplicación de encuestas. La arquitectura de la red de distribución para servicios Triple Play se diseñó en base a los requerimientos de la población en la zona, fue preciso analizar los diferentes aspectos técnicos de las redes FTTx sustentadas en el estándar ITU 987.X, con la finalidad de determinar la arquitectura y topología adecuada, se optó por utilizar tecnología XGPON para la elaboración de la red principal o red feeder, red de distribución y red de dispersión. Mediante la utilización del software de simulación OptiSystem 17.0 se evaluó los parámetros técnicos y el funcionamiento de la red propuesta en la urbe del cantón Chambo, el cálculo de parámetros como; el presupuesto de enlace, nivel atenuación, BER, factor de calidad (Factor Q) y diagrama de ojo fue primordial para verificar el funcionamiento óptimo de la red, centrándose en el usuario más cercano y el más lejano, donde los resultados que se obtuvieron fueron favorables, cumpliendo los parámetros especificados en la normativa ITU G.987.x. Se concluye que el diseño de la red FTTH para servicios Triple Play en la zona urbana del Cantón Chambo es factible, ya que brinda un servicio óptimo y de calidad, con velocidades de transmisión de 10 gigabits de bajada y 2.5 gigabits de subida para dar el servicio de voz, video y datos. Se recomienda para futuros diseños e implementaciones de redes GPON, estén sujetas a las normativas actuales y correcciones vigentes, ya que muchos parámetros y especificaciones que se detallan en el estándar ITU G987.X aún se encuentran en desarrollo.

Palabras claves: <RED ÓPTICA CON CAPACIDAD DE GIGABIT (GPON)>, <XGPON>, <OPTISYSTEM (SOFTWARE)>, <SERVICIOS TRIPLE PLAY>, <RED FEEDER>, <RED DE DISTRIBUCIÓN>, <CHAMBO (CANTÓN)>



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

1350-DBRA-UTP-2022

2022-06-27

SUMMARY

The objective of this curricular integration work was to design an FTTH network using the G.987.X standard to provide Triple Play services in the urban area of Chambo canton, for which a study of demand and feasibility was carried out within the population of the city through the application of surveys. The architecture of the distribution network for Triple Play services was designed based on the requirements of the population in the area, it was necessary to analyze the different technical aspects of the FTTx networks supported by the ITU 987.X standard, in order to determine the appropriate architecture and topology, it was decided to use XGPON technology for the elaboration of the main network or feeder network, distribution network and dispersion network. Through the use of the simulation software OptiSystem 17.0, the technical parameters and the operation of the proposed network in the city of the Chambo canton were evaluated, the calculation of parameters such as: the link budget, attenuation level, BER, quality factor (Factor Q) and eye diagram was essential to verify the optimal functioning of the network, focusing on the closest and the furthest user, where the results obtained were favorable, complying with the parameters specified in the ITU G.987.x standard. It is concluded that the design of the FTTH network for Triple Play services in the urban area of the Chambo canton is feasible, since it provides an optimal and quality service, with transmission speeds of 10 gigabits of download and 2.5 gigabits of upload to give the voice, video and data service. It is recommended for future designs and implementations of GPON networks, they are subject to current regulations and current corrections, since many parameters and specifications detailed in the ITU G987.X standard are still under development.

Keywords: <GIGABIT CAPACITY OPTICAL NETWORK (GPON)>, <XGPON>, <OPTISYSTEM (SOFTWARE)>, <TRIPLE PLAY SERVICES>, <RED FEEDER>, < DISTRIBUTION NETWORK>, <CHAMBO (CANTÓN)>.



MSc. Wilson G. Rojas

C.I. 0602361842

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las telecomunicaciones como herramientas de conectividad entre las personas es esencial y es un servicio primordial dentro de la sociedad, el incremento en la demanda de servicios por parte de los usuarios conlleva a las empresas a investigar mejoras en estas prestaciones, analizando los requerimientos de los mismos. El estándar GPON por sus características de transmisión a altas velocidades, mediante el uso de la fibra óptica, brinda conexiones de banda ancha, logrando la optimización de recursos. En la última década se ha popularizado la oferta de servicios de televisión por paga, telefonía e internet, los cuales se agrupan en un solo paquete de servicios conocidos como Triple Play.

Frente a los exhaustivos requerimientos de la sociedad, la mejor solución radica en la utilización de redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits (GPON), las cuales permiten trasladar un gran ancho de banda al usuario final, al tiempo que se realiza una convergencia de los tres servicios (telefonía, internet e IPTV). Las ciudades en la actualidad eligen implementar arquitecturas de red que garanticen y establezcan la conectividad tanto de su infraestructura como de sus ciudadanos, una red de interconexión que pueda soportar el movimiento de toda la información. (Conde Zhingre, Quezada Sarmiento y Labanda Jaramillo, 2018)

El uso de la tecnología FTTH en fibra óptica suministra las garantías pertinentes al usuario, mayor ancho de banda y velocidades de 2 megas o más, cumpliendo con las necesidades actuales, mejor estabilidad en el servicio de internet, servicios de calidad, precios accesibles y demás aspectos que aportan a una mejora calidad de vida. (Sánchez, 2016)

Dentro del Ecuador es necesario priorizar el despliegue de infraestructuras de red que ofrezcan conectividad a la mayor parte de la población, las últimas tendencias a nivel mundial debido a la popularización de redes sociales, plataformas de video, streaming, etc., requiere integrar arquitecturas eficientes, asegurando que los operadores de telecomunicaciones inviertan el capital necesario para brindar un servicio de calidad a cada uno de los usuarios. (Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2016)

Es a través de estas tecnologías que se traen mejorías tanto a los usuarios como a los proveedores ya que da una mejor calidad de servicios y facilidad de integrar nuevos servicios dentro de una misma

plataforma. En tanto consiguientemente, el caso de estudio del diseño de la red FTTH utilizando el estándar G.987.X para el Cantón Chambo solucionará el problema de accesibilidad a los servicios de nueva generación de voz, Internet, datos y televisión que al instante poseen los pobladores en la zona Urbana del Cantón Chambo.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es factible la implementación de una red XGPON con el estándar ITU G987.X en la zona urbana del cantón Chambo para proveer servicios de banda ancha?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Existe planos referentes al cantón Chambo para poder realizar el estudio perteneciente a FFTH?
- ¿Como se puede evaluar los parámetros de calidad de Tx y Rx Óptica para cumplir con la normativa ITU-T G987.X ?
- ¿Cómo se puede diseñar una red convergente para proveer los servicios de video e internet utilizando la normativa ITU-T G987.X?
- ¿Cómo identificar los componentes a ser migrados, mostrar el desarrollo de la implementación y distribución del cable de fibra óptica en el cantón Chambo ?

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

El estudio técnico de factibilidad de red XGPON es sin duda la oportunidad de dar una solución de comunicación en nuestro medio y especialmente en la urbe del cantón Chambo, para ser implementada a futuro mediante inversiones sostenibles que permitan tener una mejor red de datos y equipos terminales que gocen de esta tecnología con mayor fidelidad, ancho de banda y velocidades con rangos de los Gbps, considerada mundialmente como el futuro de la transmisión de datos a gran escala debido a la gran demanda en servicios de telecomunicaciones. Es por eso por eso que se desea realizar un estudio de factibilidad para mejorar los servicios de internet de nueva generación.

En el cantón de Chambo viven alrededor de 11 885 habitantes, de los cuales 4459 se encuentran en la zona urbana, presentando un elevado índice de crecimiento al pasar de los años en diversos campos

como en el sector comercial, educativo, de vivienda y gubernamental existiendo un numero potencial de clientes, haciendo de la calidad y confiabilidad de sus comunicaciones un pilar fundamental para el desarrollo del cantón.

La elección del proyecto se basa en la necesidad de una red óptica pasiva utilizando el estándar ITU G987.x para implementar una red de banda ancha determinando su posibilidad de implementación o en su caso buscando el estándar que mejor se adapte al sector con los requerimientos de las normas establecidas por los estatutos de regulación.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

La tecnología XGPON es un despliegue del modelo PON (red óptica pasiva) con capacidad de 10 Gbps en canales de fibra óptica. El principal motivo de realizar el diseño y evaluación de una red de acceso óptica XGPON para la zona urbana del cantón Chambo radica en las presentes necesidades de los usuarios del mismo que en un inicio muestran inconvenientes al recibir el servicio de internet, voz y datos, debido a que el cantón está en constante evolución y a su vez montando nuevas edificaciones que causan obstrucciones en la línea de vista de los radioenlaces por ende pérdida de la señal e interferencias, tales motivos han establecido la necesidad de realizar el diseño y evaluación de una red de acceso óptica utilizando el estándar G.987.X como el mejor medio de transmisión conocido actualmente con niveles mínimos de atenuación, latencia y ruido.

Se diseñará la red XGPON que tiene como ventaja el transmitir y recibir varios servicios por un mismo hilo de fibra óptica mediante la multiplexación por división de onda la cual en una comunicación full dúplex evita que los paquetes choquen, el diseño comprenderá la interconexión desde la OLT, hacia los usuarios finales tomando en cuenta parámetros de dimensionamiento, el estándar, códigos, normativas vigentes y requerimientos propios de este tipo de tecnología para posteriormente realizar las simulaciones respectivas en el software Optisystem 17.0 con el objetivo de asegurar la viabilidad del tráfico cumpliendo con las tasas de calidad, potencias de recepción, etc. y además con ello garantizar la eficiencia del servicio de escalabilidad.

OBJETIVOS

Objetivo General

Realizar el diseño y evaluación de una red de acceso óptica para el sector urbano del cantón Chambo mediante el estándar ITU G987.X.

Objetivos Específicos

- Realizar la delimitación del área de trabajo en la zona urbana del cantón Chambo.
- Investigar el estándar ITU G987.X para determinar que normas rigen esta tecnología.
- Diseñar una red FTTH utilizando el estándar ITU G987.X en la cual se pueda proveer el acceso a voz, video y datos en la zona.
- Evaluar la red de acceso óptica mediante software de simulación.
- Analizar la mejora técnica de ITU G987.X con respecto a ITU G984.X. en la zona urbana del cantón Chambo.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Fibra óptica

La fibra óptica se puede definir como un conducto cilíndrico capaz de transportar una señal lumínica de un punto a otro, constituido por un núcleo de vidrio ultra delgado y protegido por una cubierta o revestimiento elaborado por un material aislante. Gracias a sus características de velocidad de transmisión, peso, tamaño y propiedades de ancho de banda es idónea para cubrir distancias más largas que el cable de cobre. (Machuca Pérez y González Sánchez, 2015)

La estructura básica de una fibra óptica se compone principalmente de tres elementos: (Cerezado Nuñez, Sanchez Martínez y Padilla Sosa, 2009)

- Núcleo: constituye la parte central de la fibra, es el camino que recorre el haz de luz y está formado de sílice o cuarzo fundido dopado con otro material, su diámetro se encuentra en el rango de las micras.
- Revestimiento: es la capa que cubre y protege al núcleo, está constituido de sílice puro.
- Cubierta: es el recubrimiento externo, fabricado de algún tipo de polímero y tiene como finalidad brindar rigidez a la estructura del núcleo-revestimiento.

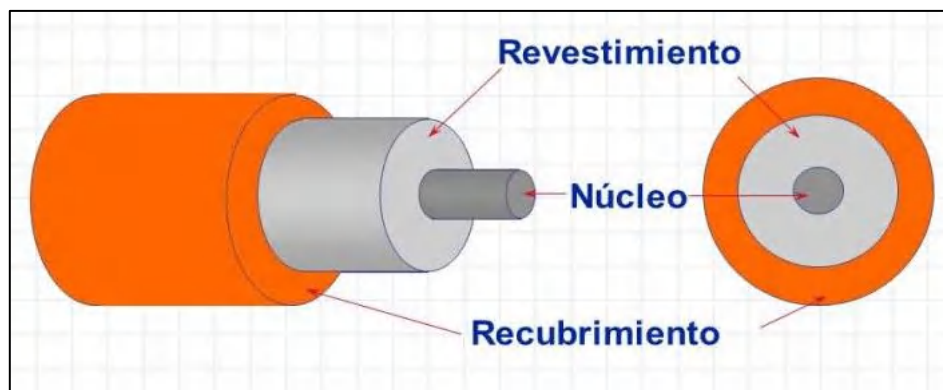


Figura 1-1. Estructura de la fibra óptica

Fuente: Educaplay, 2022

1.1.1 Clases de fibra óptica

Se clasifica según los modos de propagación de la señal óptica.

1.1.1.1 Fibra multimodo

Las características de este tipo de fibra permiten el paso de más de un haz de luz, los cuales se propagan por medio de reflexiones en las paredes del núcleo, por lo que permite que varios modos de luz entren y salgan a través de la fibra. (TECNICAL, 2019)

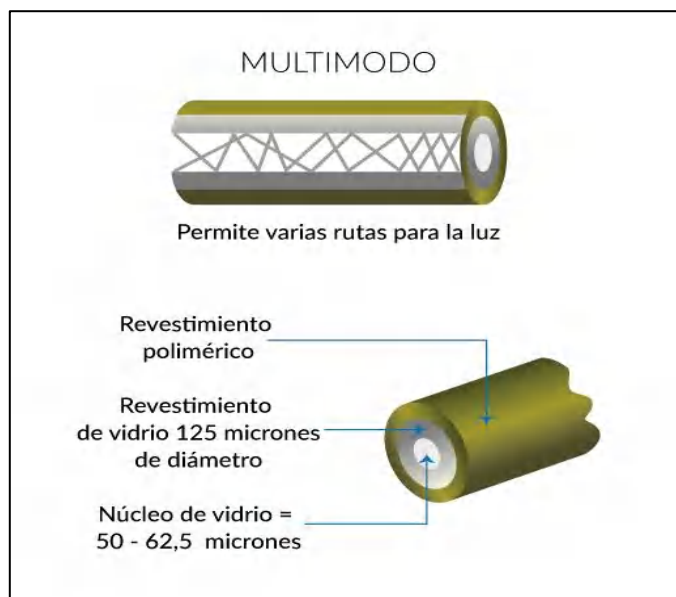


Figura 2-1. Estructura de la fibra multimodo

Fuente: <http://contenidos.sucerman.com/nivel3/redes/unidad2/leccion2.html>

1.1.1.2 Fibra monomodo

La fibra monomodo por las condiciones de su diseño y construcción, únicamente permite el paso de un haz de luz a través del núcleo, viajando paralelamente a la longitud del cable, debido a sus propiedades, las pérdidas por reflexión son menores y recorren una mayor distancia que las fibras multimodo. (TECNICAL, 2019)



Figura 3-1. Estructura de la fibra monomodo

Fuente: <http://contenidos.sucerman.com/nivel3/redes/unidad2/leccion2.html>

1.1.2 Aspectos técnicos

En la Tabla 1-1 se muestra los valores de atenuación, longitud de onda, diámetro de revestimiento, tipo de propagación y el radio de macro curvatura de cada una las normativas establecidas por la ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones-Telecomunicaciones). (UIT-T, 2006)

Tabla 1-1: Normativas técnicas de fibra óptica

| NORMATIVA | ATENUACIÓN | LONGITUD DE ONDA | DIÁMETRO DE REVESTIMIENTO | TIPO DE PROPAGACIÓN | RADIO DE MACRO CURVATURA |
|------------|-------------------|------------------|---------------------------|---------------------|--------------------------|
| ITU-T G651 | 0.3dB/Km-1.0dB/km | 850/1310 nm | 50/245µm | Multimodo | 30mm |
| ITU-T G652 | 0.5 dB/Km | 1310/1550nm | 8 a 10/125µm | Monomodo | 30mm |
| ITU-T G653 | 0.35 dB/Km | 1550nm | 7.8 a 8.5/125µm | Monomodo | 30mm |
| ITU-T G654 | 0.22 dB/Km | 1550nm | 9.5 a 10.5/125µm | Monomodo | 30mm |
| ITU-T G655 | 0.4 dB/Km | 1550/1625nm | 8 a 11/125µm | Monomodo | 30mm |
| ITU-T G656 | 0.35dB/Km | 1550/1625nm | 7 a 11/125µm | Monomodo | 30mm |
| ITU-T G657 | 0.4 dB/Km | 1310/1550nm | 8 a 7/125µm | Monomodo | 30mm |

Fuente: ITU.T, 2018

Realizado por: Gonzalo Velastegui, 2022

1.1.3 Cables de fibra óptica

Según la aplicación o el entorno de trabajo se puede determinar el tipo de cable que se va utilizar, ya que poseen diferentes estructuras de acuerdo a su propósito.

1.1.3.1 Cable auto soportado completamente dieléctrico (ADSS)

Es un cable holgado relleno de gel de doble cubierta, diseñado para instalaciones aéreas externas, evita el uso de cables guías. Debido a su doble cubierta y a los elementos compuestos de hilos de aramida, ofrece mayor resistencia mecánica, conservando un peso ligero y teniendo vanos de hasta 400 m disponibles con 144 fibras. (OPTRAL, 2022)

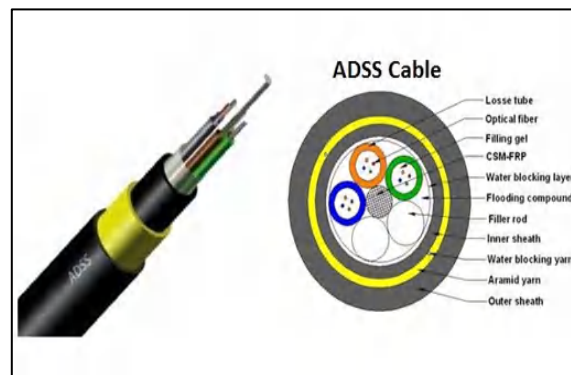


Figura 4-1. Cable ADSS

Fuente: <http://www.technowired.net/fibras-opticas/>

1.1.3.2 Cable de tierra óptico (OPGW)

El cable de tierra óptico (OPGW) es un cable de doble funcionamiento. Está diseñado para reemplazar los cables tradicionales de estática/blindaje/tierra en líneas de transmisión aéreas con el beneficio añadido de contener fibras ópticas que pueden utilizarse para fines de telecomunicaciones. Es capaz de soportar las tensiones mecánicas aplicadas a los cables aéreos por factores ambientales como el viento y el hielo, también maneja defectos eléctricos en la línea de transmisión proporcionando un camino a tierra sin dañar las fibras ópticas sensibles dentro del cable. (Teletechno, 2022)

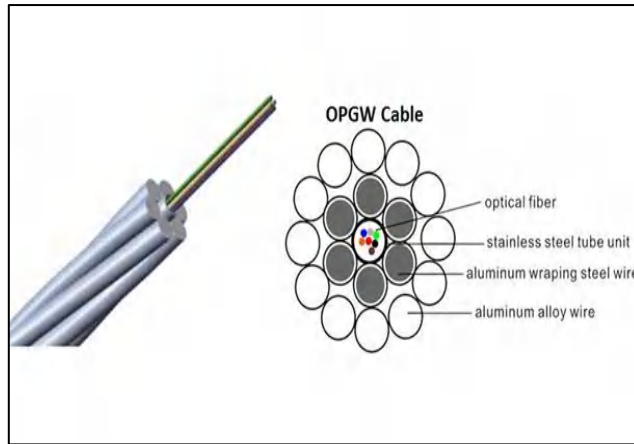


Figura 5-1. Cable OPGW

Fuente: <http://www.technowired.net/fibras-opticas/>

1.1.3.3 Cable figure 8

El cable óptico, tiene un revestimiento extra de polietileno que envuelve al cable óptico dieléctrico y al elemento de sustentación externo, ideal para instalaciones aéreas. Lo cual proporciona la necesaria resistencia a la tracción. De igual manera la sección transversal tiene la forma de ocho; ha tomado mucha relevancia para aplicaciones de última milla en los tendidos de redes FTTX – GPON / EPON. (MGFiberTechnologies, 2019)



Figura 6-1. Cable Figure 8

Fuente: <https://www.icoptiks.mx/fibra-optica/cables-de-fibra-optica/>

1.1.4 Estructura de cables de fibra óptica

La estructura de cables se divide en dos tipos que son:

1.1.4.1 Cable de estructura de holgada

La envoltura externa del cable es fabricada en forma extruida a alta presión, con polietilenos de buena resistencia, resultando en que la superficie interna de la cubierta del cable tenga aristas helicoidales que se aseguran con los hilos internos de la fibra. (Pinto y Cabezas, 2007)

1.1.4.2 Cable de estructura ajustada

Es un material epóxico resistente al agua, hongos y emisiones ultra violeta, y generalmente tiene un diámetro de 900 μm . Los hilos de fibra así tratados han sido probados con hasta 100 kilo libras de presión por pulgada cuadrada, lo cual contribuye a una mayor confiabilidad durante el tiempo de vida. (Pinto y Cabezas, 2007)

1.1.5 Empalmes de fibra

Un empalme de fibra óptica es la conexión entre dos fibras ópticas, mediante empalmes mecánicos o por fusión, permitiendo el flujo de la transmisión.

1.1.5.1 Empalmes mecánicos

Este tipo de empalme es más económico porque lleva menos tiempo de ejecutarla y puede ser permanente o temporal en fibras multimodo. Se utiliza un dispositivo mecánico que permite asegurar los extremos de las fibras con abrazaderas. (Ríos y Suárez, 2020)

1.1.5.2 Empalmes por fusión

Es el empalme más óptimo debido a que presenta bajas pérdidas y menor reflexión de la señal. Se usa un dispositivo que, asiste en la alineación y verificación del corte de la fibra, para luego proceder al empalme del núcleo de la fibra. (Ríos y Suárez, 2020)

1.1.6 Conectores Ópticos

Los conectores establecen un enlace, entre dos o más fibras ópticas, y conectan y desconectan fácilmente los dispositivos. Los tipos de conectores para fibras ópticas más utilizados son:

1.1.6.1 Conector ST

Ha sido utilizado en entornos profesionales y redes militares, se parece bastante al conector FC, pero su ajuste es similar al de un conector BNC (montura de bayoneta). Se usa en fibras multimodo y la pérdida es de 0,25dB. Fue desarrollado en EEUU por AT&T, y se utilizó en entornos profesionales como las redes corporativas y el ámbito militar. (López, 2022)

1.1.6.2 Conector SC

Es el tipo de conector más barato, se ajusta a presión, es compacto y se usa habitualmente en redes FTTH conectando la ONT al PTRO de nuestro hogar. Es compatible con fibra monomodo y multimodo, tiene una pérdida de señal de en torno a 0,25dB. (López, 2022)

1.1.6.3 Conector LC

Es el tipo de conector más utilizado en los transceptores SFP de los switches profesionales, es de tipo push and pull, es muy compacto y permite mayor densidad de conectores en racks. Es compatible con fibra monomodo y multimodo, tiene una pérdida de señal de en torno a 0,10dB. Por lo cual la densidad de conexiones que se pueden establecer en un mismo rack o panel, aumenta de forma considerable. (López, 2022)

1.1.7 Tipos de pulidos

A continuación, se describe los tipos de pulidos:

1.1.7.1 Pulido APC

Su férula está pulida con un Angulo de 8 grados, que la cara del extremo trae las fibras más ajustadas y refleja luz a un Angulo en el revestimiento en vez de reflejarla directamente hacia la fuente de luz, lo que causa una pérdida de -60 dB o mayor, siendo la mejor actuación del conector. Los conectores APC son de uso multi-play, es por eso que son lo más usados en aplicaciones de radio frecuencias (RF) como CATV o en sistemas de distribuciones de antenas, adicional a que son los pulidos típicos de las conexiones FTTH. (Edward y Forrest, 2017)

1.1.7.2 Pulido UPC

El final de estos conectores está realizado con una pulitura extendida, lo que resulta en una mejor superficie final. La curvatura hace que se vean en forma de cúpula. La pérdida en estos conectores es de -50 dB o podría ser un poco más alta. Los conectores UPC son generalmente usados en equipos de conexión Ethernet, así como una serie de dispositivos, convertidores multimedia y switchs ópticos. Estos también son implementados en sistemas de data y sistemas telefónicos. (Edward y Forrest, 2017)

1.1.7.3 Pulido PC

Los conectores PC finalizan su pulido con una ligera curvatura. Esa figura convexa ubica la fibra en el punto más alto de la superficie, lo cual reduce las lagunas de aire entre ellos. La típica perdida en estos conectores en monomodo es de -40 dB. (Edward y Forrest, 2017)

1.1.8 Herrajes

Los Herrajes son todos los accesorios que ayudan a asegurar o sujetar el cable aéreo a los postes, también a los accesorios de soporte y protección para cables canalizados.

1.1.9 Normativa en fibra óptica

Se señala en la Tabla 2-1 los diferentes tipos de normativas que son establecidas por la ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones-Telecomunicaciones), las cuales trabajan con diferentes longitudes de onda y altas tasas de transmisión de datos, esto dependerá del tipo de norma de la serie G, la cual está enfocado a medios de transmisión. (UIT-T, 2006)

Tabla 2-1: Tipos de normas técnicas

| NORMATIVA | DESCRIPCIÓN |
|-------------------|---|
| ITU-T G651 | Características de un cable de fibra óptica multimodo de índice gradual de 50/125 mm. |
| ITU-T G652 | Características de las fibras y cables ópticos monomodo. |
| ITU-T G653 | Características de los cables de fibra óptica monomodo con dispersión desplazada |
| ITU-T G654 | Características de los cables de fibra óptica monomodo con corte desplazado. |
| ITU-T G655 | Características de fibras y cables ópticos monomodo con dispersión desplazada no nula. |
| ITU-T G656 | Características de una fibra y cable con una dispersión distinta de cero para el transporte óptico de banda |
| ITU-T G657 | Características de un cable y fibra óptica monomodo insensible a la pérdida de flexión |

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

Realizado por: Gonzalo Velastegui, 2022

1.2 Redes FTTx

Las redes FTTx están compuestas por un conjunto de tecnologías de banda ancha que utiliza fibra óptica, esta red se ha desarrollado ampliamente en los últimos años debido a la creciente demanda de servicios de telecomunicaciones de nueva generación, para el futuro se pretende que se sigan desarrollando las tecnologías de WDM, GPON y XGPON. (Yuvi Mendoza, 2008)

FTTx incrementa la calidad de servicios de telecomunicaciones por medio de las redes PON (redes ópticas pasivas) para que los proveedores de servicios y operadores entreguen grandes anchos de banda a los usuarios finales, cubriendo servicios unificados de tipo multimedia como Triple Play, la letra x describe el destino que tomara la fibra optica e indica de lo cerca que se encuentra con respecto al usuario final. (ZTE, 2012)

La red FTTx describe varias topologías, donde x puede tomar distintos usuarios finales como lo indica la Figura 7-1.

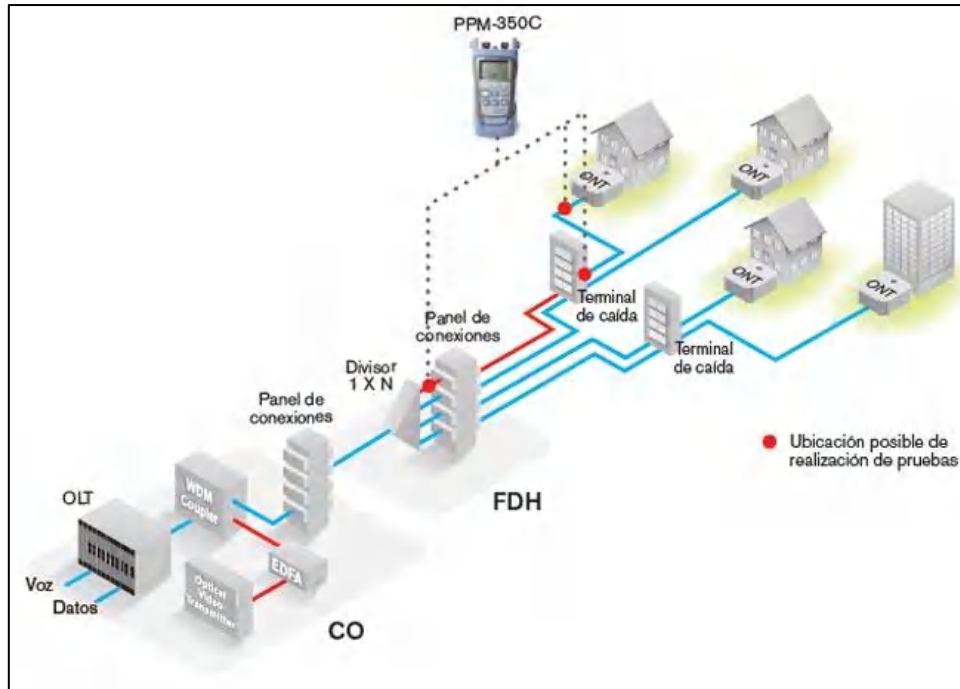


Figura 7-1. Topología de la red FTTx

Fuente: TELECOM, 2022

1.2.1 Arquitectura de la red FTTx

A continuación, se especifica los requerimientos de cada una de las arquitecturas de la red FTTx:

1.2.1.1 Fibra hasta el nodo (FTTN)

Este tipo de arquitectura se la conoce como fibra óptica hasta el nodo o también fibra óptica hasta el vecindario. FTTN es un diseño de telecomunicaciones donde la fibra termina en una cabina o en un armario de la calle, más lejos de los abonados que en FTTH y FTTB, típicamente en las inmediaciones del barrio. El último tramo hasta el usuario es a través de cable coaxial o par trenzado (xDSL). Habitualmente el área que cubre es de menos de 1500 metros de radio, puede dar servicio a unos cuantos miles de clientes. (Añazco, 2013)

1.2.1.2 Fibra hasta la acera (FTTC)

Este tipo de tecnología se la conoce como fibra hasta la acera, FTTC es un sistema de telecomunicaciones en el cual la fibra óptica llega hasta una plataforma que sirve para algunos cuantos abonados, cada uno de estos abonados está conectado a la plataforma a través de cable coaxial o par trenzado. Esto es muy parecido a FTTN, pero la mayor diferencia es que el nodo está mucho más cerca al usuario, normalmente a menos de 300 metros. (Añazco, 2013)

1.2.1.3 Fibra hasta la acometida de un edificio (FTTB)

Fibra hasta el edificio es una arquitectura de red de transmisión óptica, donde la FO termina en un punto de distribución intermedio en el interior o inmediaciones del edificio de los abonados (comercial o residencial). FTTB necesariamente se aplica sólo a aquellas propiedades que contienen múltiples espacios donde habitan o trabajan los usuarios. Desde este punto de distribución intermedio, se accede a los abonados finales del edificio o de la casa mediante la tecnología VDSL2 sobre par de cobre o Gigabit Ethernet sobre par trenzado. De este modo, el tendido de fibra puede hacerse de forma progresiva, en menos tiempo y con menor costo, reutilizando la infraestructura del abonado. (Añazco, 2013)

1.2.1.4 Fibra hasta al hogar (FTTH)

FTTH son las iniciales de fibra óptica hasta el hogar, esta arquitectura es una forma de entrega de comunicaciones en la que la fibra se extiende desde la oficina central hasta la casa u oficina del abonado, también se la conoce como FTTA (Fiber To The Apartment). Una vez en la casa del abonado la señal puede ser transmitida a través del espacio utilizando cualquier medio, incluyendo par trenzado, cable coaxial, comunicación inalámbrica, línea eléctrica o fibra óptica. (FURUKAWA ELECTRIC, 2018)

1.2.2 Topología

1.2.2.1 Punto a Punto

Las redes punto a punto brindan un mayor ancho de banda ya que cada afiliado posee una fibra que lo enlaza a la central, esta se considera una topología recomendada para corporaciones de mediano y gran tamaño. Este tipo de redes presenta un coste elevado debido a que son enlaces dedicados, no son sistemas que se utilicen comúnmente en arquitecturas de fibras residenciales. Este sistema usa diferentes longitudes de onda para cada servicio (voz, datos, IPTV). (Sánchez, 2016)

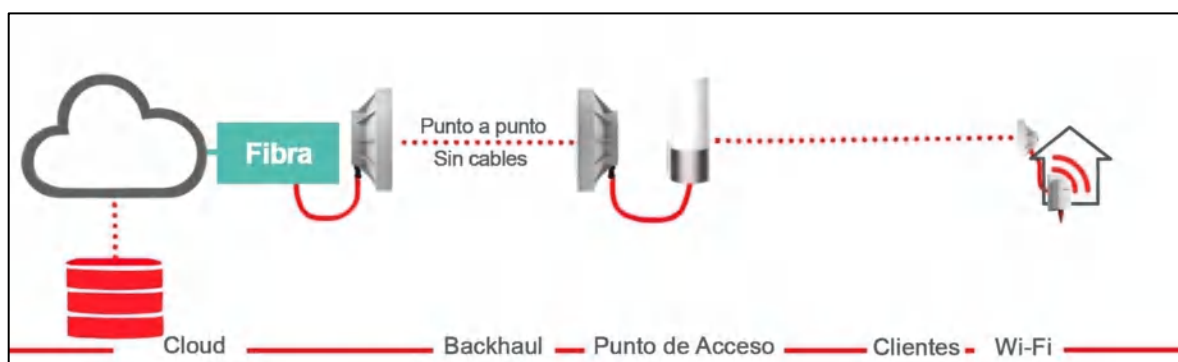


Figura 8-1. Configuración punto a punto

Fuente: Unitel SAS, 2021

1.2.2.2 Punto a Multipunto

En las redes punto a multipunto pasivo cada una de las fibras que forman parte de los cables que salen de las centrales proveen de servicio a varios afiliados a través de divisores ópticos, esta topología es la más utilizada en aplicaciones residenciales o usuarios cuya demanda de ancho de banda no es elevada. En este tipo de redes, los datos se mueven a través de la fibra y desde la central llegan a todos los abonados enlazados a la misma fibra, sin embargo, gracias a las distintas técnicas de multiplexación de tramas de información se asegura que cada usuario reciba la información correcta. Este tipo de arquitectura logra sin problemas distancias de 20km, lo que la convierte en la más utilizada gracias a la versatilidad para su implementación en zonas urbanas. (Sánchez, 2016)

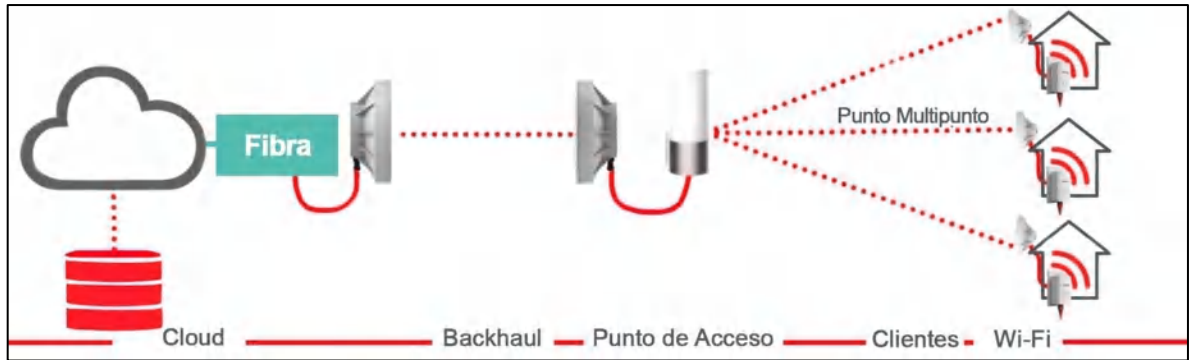


Figura 9-1. Configuración punto a multipunto

Fuente: Unitel SAS, 2021

1.3 Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (GPON)

GPON es una red de acceso punto a multipunto mediante fibra óptica con capacidad Gbps, se rige en la recomendación ITU-T G.984.x, que permite el soporte de requerimientos de altos niveles de ancho de banda produciendo mejores prestaciones en el transporte de datos IP. GPON posee velocidades asimétricas de 2.5 Gbps en *downstream* y 1,25 Gbps en *upstream*, mejorando el soporte de altas tasas de transmisión, mayor seguridad y elección de protocolo capa 2 (ATM, GEM, Ethernet). (Chalén et al., 2015)

La Figura 10-1 muestra las dos técnicas para multiplexar las señales dentro de una red GPON, de subida que utiliza TDMA (Acceso por multiplexación por división de tiempo), donde la información se dirige en sentido inverso hasta la OLT y su velocidad es de 1.25 Gbps en *upstream* y de bajada los datos son tramitados por medio de TDM en donde de manera simultánea llega la información desde la OLT a la ONT a velocidades de 2.5 Gbps en *downstream*. (Millán, Ramón Jesus, 2008)

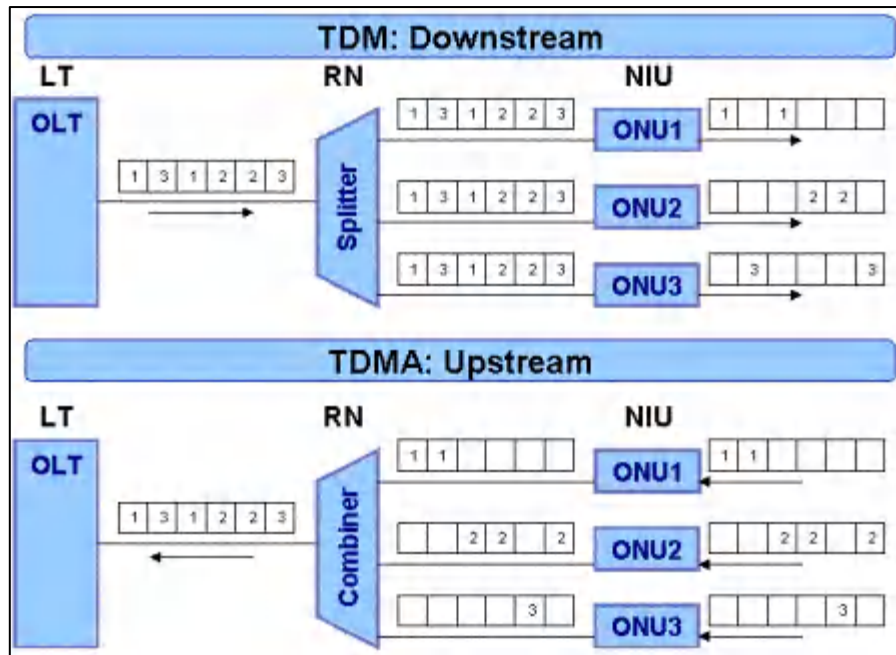


Figura 10-1. Técnicas de multiplexación de una señal

Fuente: Winstein S., 2013

1.3.1 Arquitectura de una red GPON

La Figura 11-1 indica la arquitectura básica y los elementos principales que componen una red GPON.

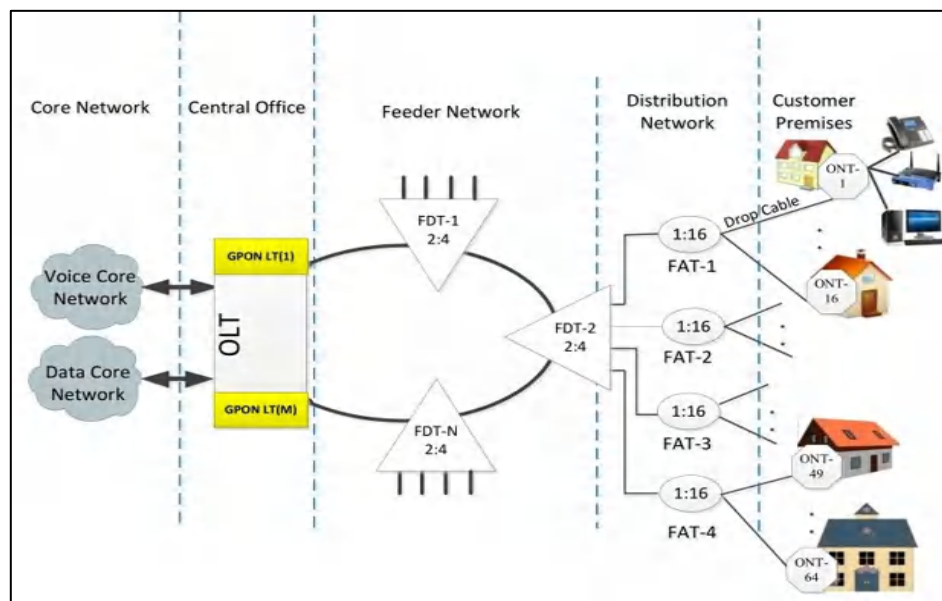


Figura 11-1. Arquitectura de una red GPON

Fuente: FS Community, 2021

1.3.1.1 Oficina Central

Es el espacio físico donde se encuentra la OLT, se encarga de controlar la información bidireccional por medio de la ODN (Red de distribución óptica), realiza la función de un enrutador y tiene la capacidad de proveer servicio a varios usuarios. (Casagrande Campoverde, 2014)

1.3.1.2 ODN

Está compuesta por el cable Feeder (Troncal), al que se conectan el puerto ODF y la entrada principal del splitter. Además, las salidas del splitter secundario se conecta al equipo terminal (ONT) mediante una caja de distribución y cables tipo Drop.

- Red Feeder: Se la conoce también como troncal que está compuesta por los elementos pasivos, que van desde el ODF de planta externa ubicado en la oficina central OLT, hasta el primer nivel de splitter, del que se dividirán en varios cables de distribución, el cable Feeder puede tener capacidades de 288 a 144 hilos.
- Red de Distribución: Es la parte que corresponde a los elementos pasivos, posterior al primer splitter hasta las cajas de distribución óptica NAP, incluido la fibra de distribución, este cable puede ser de tendido aéreo o canalizado, cuya capacidad comúnmente es: 96, 72, 48, 12 y 8 hilos.
- Red de Dispersión: Es la sección final considerando los elementos después de las NAP, hasta las oficinas del usuario final, terminando en una roseta óptica incluyendo el cable de fibra óptica de dispersión o conocido como cable Drop. (Carrera Flores, 2016)

Tabla 3-1: Pérdidas por tipo de splitter

| TIPO DE SPLITTER | ATENUACIÓN (DB) |
|------------------|-----------------|
| 1:2 | 4,3 |
| 1:4 | 7,6 |
| 1:8 | 11,1 |
| 1:16 | 14,1 |
| 1:32 | 17,5 |
| 1:64 | 20,8 |

Fuente: Telecomunicaciones, 2012

En el diseño de una red existen dos tipos de splitters:

- **Splitter de primer nivel:** Es aquel que tiene una ruta de respaldo de fibra óptica. (Millán, Ramón, 2008)
- **Splitter de segundo nivel:** Es aquel que no tiene una ruta de respaldo de fibra óptica. (Millán, Ramón, 2008)

1.3.1.3 Ambiente Cliente

Se localiza en la ONT, que está ubicado en la casa del usuario junto a la roseta óptica y se encarga de recibir y filtrar la información que es recibida de la OLT. (Casagrande Campoverde, 2014)

1.4 Servicios triple play

Una red triple-play brinda servicios de voz, video y datos a los clientes. Desde los comienzos del simple acceso a Internet, la próxima generación de redes de banda ancha ha brindado voz, contenido de video enriquecido y servicios de Internet más rápidos a los hogares a través de redes IP. Tener un núcleo confiable y de alta capacidad con todos los protocolos correctos es un requisito previo importante para brindar estos servicios a los clientes. En el pasado, la mayoría de las redes troncales de los proveedores se construyeron teniendo en cuenta los servicios de unidifusión; los servicios de Internet y VoIP son los más comunes. Cuando un proveedor quiere ofrecer servicios de IPTV, esto significa que se necesita una mejora de la red troncal para admitir protocolos y datos de multidifusión. (Velasco Rivera, 2018)

1.4.1 Paquete triple play

Los servicios que compone el paquete triple play son los siguientes:

1.4.1.1 Internet

La red de informática de nivel mundial conocida como internet es parte fundamental de los servicios triple play. Así pues, se puede transmitir información y recibir información mediante protocolos TCP y UDP. (Vázquez Calle y Elaje Alvarez, 2018)

1.4.1.2 Voz IP

VoIP hace referencia a la transmisión y comunicación de audio mediante protocolos basados en IP. El ancho de banda requerido para este tipo de servicio no es demasiado alto por lo cual se puede tener un gran número de usuarios conectados a este servicio. (Vázquez Calle y Elaje Alvarez, 2018)

1.4.1.3 Televisión

IPTV es un servicio que provee audio, video y texto gráfico los cuales son enviados por la red mediante protocolos basados en IP, hacia los usuarios suscritos al servicio TriplePlay. Es por esto por lo que las redes deben soportar un elevado nivel de calidad de servicio. La IPTV (Internet Protocol Television) tiene como objetivo difundir estos servicios de video y por tal se ha podido expandir exponencialmente a varias regiones. (Vázquez Calle y Elaje Alvarez, 2018)

La televisión digital emplea dos tipos de modelos para brindar el servicio como son:

- El modelo unidireccional es enviado por satélite y por cable a los receptores de TV que están ubicados en los domicilios (Velasco Rivera, 2018, p. 43).
- El modelo bidireccional es aquel que transmite individualmente a través de paquetes IP, lo cual se encarga de empaquetar las señales de TV y enviarlos a sus destinatarios (Velasco Rivera, 2018).

1.4.2 Recomendación ITU-T G.987.X

La Tabla 4-1 describe las recomendaciones GPON aprobada por la ITU en la serie G: Sistemas y Medios de Transmisión, Sistemas y Redes Digitales. (ITU-T Recommendation, 2012)

Tabla 4-1: Recomendaciones ITU-T G.987.X

| Normativas | | |
|----------------------|--|--|
| ITU-T G.987.1 | Requerimientos Generales de Sistemas XG-PON | Esta Recomendación está orientando a la elaboración de especificaciones para las capas PHY (Physical Layer, Capa Física) y TC (convergence layer, Capa de convergencia), incluye también los requerimientos operacionales y sistemáticos para brindar soporte a varias aplicaciones, tanto comerciales y residenciales. |
| ITU-T G.987.2 | Requisitos y Especificaciones para la capa administración de la capa (PMD) XG-PON | Esta Recomendación define actualmente un tipo de sistema de red óptica pasiva con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON), teniendo la capacidad de transmitir varios servicios (Voz, Video, Datos) entre la interfaz del operador y el usuario. |
| ITU-T G.987.3 | Capa de Convergencia de Transmisión (TC) para Sistemas XG-PON | Esta recomendación especifica la estructura de convergencia (XGTX), funcionalidades de las subcapas de servicio de adaptación, entramado, método de encapsulación XGEM, PHY, así como los servicios de integrado, la capa física OAM y el proceso de activación de la ONU. |
| ITU-T G.987.4 | Presupuestos de Enlace Óptico hasta los límites lógicos de la capa de Convergencia de Transmisión (TC) | Esta Recomendación considera la extensión mid-span, que utiliza un nodo de extensión activo colocado en el medio de la red óptica. Los parámetros recomendados para la distribución óptica se especifican en las redes ODN involucradas en este esquema. La extensión unilateral se considera como una mejora en la interfaz del terminal de línea óptica (OLT). Los sistemas considerados aquí deben seguir siendo compatibles con las unidades de red óptica (ONU) existentes. |

Fuente: ITU-T, 2012

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

1.5 Software

1.5.1 Optisystem

Optisystem es un software de diseño integral que permite a los usuarios realizar simulaciones de un diseño de fibra óptica con ciertas características, con el software se puede planificar, realizar pruebas de ensayo y error, simular enlaces ópticos en la capa de transmisión de las modernas redes ópticas. La interfaz gráfica es similar de la herramienta Matlab, como simulink que permite la simulación de sistemas amortiguados, sub-amortiguados y sobre amortiguados entre otros sistemas análogos y digitales. El entorno que esta herramienta proporciona permite implementar nuevas tecnologías, como los distintos múltiples ópticas división de códigos de acceso (OCDMA), además que entrega un entorno muy sólido para ejecutar desde diseños básicos hasta los más complejos y simular enlaces ópticos en la capa física de una variedad de redes ópticas pasivas: BPON, EPON, GPON. (Valencia, 2019)

Esta herramienta permite realizar o simular ciertas situaciones como:

- Visión de próximas redes con modificaciones en unos sistemas establecidos.
- Simulación de sistemas ópticos (redes).
- SONET Y SDH de redes en anillo.
- Amplificadores, receptores y transistores.

1.5.2 OpNet Modeler

OPNET Modeler está basado en editores jerárquicamente organizados, los cuales permiten diseñar y configurar los modelos de red, de nodos y de procesos en las topologías de red que se van a simular con este programa. Los editores trabajan en forma directa y paralela a la estructura real de la red, los equipos y los protocolos. Es una herramienta descrita como un lenguaje de simulación orientado a las comunicaciones de datos, ampliamente utilizado en la industria para modelar y simular sistemas de comunicaciones. OPNET permite diseñar y estudiar redes, dispositivos, protocolos y aplicaciones, brindando escalabilidad y flexibilidad, además es un software orientado a simular objetos mediante un editor gráfico que permite diseñar una topología de red y que mide desempeño de la red y tráfico para diferentes tipos de servicios. (Zedeño Quesada, 2018)

Mediante OPNET MODELER, se deben especificar tres tipos de modelos:

- Modelo de red Redes y subredes
- Modelo de nodos Nodos y estaciones
- Modelo de Procesos Especifica la funcionalidad de cada

1.5.3 *Omnet ++*

OMNET++ se caracteriza por ser un simulador modular de eventos discretos de redes orientado a objetos, es decir las variables de estado cambian sólo en un conjunto de puntos en el tiempo, usado habitualmente para modelar el tráfico de redes de telecomunicaciones, protocolos, sistemas multiprocesadores y distribuidos, validación de arquitecturas hardware, evaluación del rendimiento de sistemas software y, en general, modelar cualquier sistema que pueda simularse con eventos discretos. Cuando se habla de la característica modular, se refiere a que cada elemento que se agregue a la red diseñada funciona como módulo, el cual contiene submódulos que se denominan módulos compuestos. Existen también los módulos simples (elementos básicos) que contienen los algoritmos que permiten el funcionamiento del modelo. Ambos tipos de módulos se implementan en el lenguaje C++ usando la biblioteca de simulación de OMNET++.

Con el propósito de ofrecer un ambiente que facilite el desarrollo de las simulaciones de redes de comunicaciones, OMNET++ cuenta con una interfaz gráfica la cual se compone de los siguientes elementos: (Martinez, 2015)

- Librerías de Simulación.
- Un Editor Gráfico de Redes (GNED) que emplea el lenguaje NED.
- Compilador para el lenguaje Editor de Redes, NED (Network Editor).
- Interfaz de Comando por Línea (Cmdenv) empleado para la ejecución de la simulación.
- Una Interfaz Gráfica de Usuario, GUI (Graphical User Interface), para la ejecución de la simulación de nombre Tkenv.
- Herramienta para la graficación de vectores, conocida como Plove.
- Herramienta para la graficación de escalares, conocida como Scalars.
- Herramienta para la documentación del código.
- Creación de un archivo “Make”, entre otros elementos

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

El presente capítulo describe los diversos tipos de investigación, técnicas y métodos utilizados en el desarrollo de este trabajo, se precisa los requerimientos de los usuarios en la zona de estudio, la arquitectura y topología empleados para el diseño de la red, así también las especificaciones técnicas de los equipos utilizados en el diseño de la red de acceso óptico.

2.1 Metodología de la investigación

La metodología empleada tiene como objetivo recopilar información necesaria, para establecer los aspectos importantes en el desarrollo del diseño de una red FTTx bajo el estándar ITU987.X, para proveer servicios Triple Play en la urbe del Cantón Chambo.

2.1.1 Investigación bibliográfica

Este tipo de investigación fue requerida para recolectar y seleccionar la información adecuada referente a las diferentes recomendaciones, normativas y aspectos técnicos de las redes de FTTx, así también las especificaciones de diseño que plantea el estándar G897.X a través de la lectura de documentos, libros, revistas, fuentes de información confiables, etc.

2.1.2 Investigación experimental

La investigación de campo fue esencial para obtener la información necesaria sobre la problemática y la situación actual que aquejaba a los habitantes de la zona urbana del cantón Chambo, bajo estas necesidades se pudo conseguir las especificaciones pertinentes en el diseño de red para proveer de servicios Triple Play a los moradores de la urbe.

2.2 Recursos

2.2.1 Recursos primarios

Recomendaciones: La utilización de las normativas técnicas de los organismos internacionales de telecomunicaciones (ITU), fue primordial en la consecución de los parámetros y características de diseño.

Software OptiSystem: Con la ayuda de este programa se obtendrá la simulación de la red, evaluando los diferentes indicadores de calidad del servicio triple play.

2.2.2 Recursos secundarios

Encuestas: La aplicación de las encuestas tiene como finalidad adquirir información sobre la calidad de los servicios que disponen los habitantes de la zona urbana del cantón Chambo.

2.3 Escenario

Chambo, cantón perteneciente a la provincia de Chimborazo, se encuentra ubicado a 8 Km de la ciudad de Riobamba, a las faldas de los Montes Quilimás y Cubillínes de la Cordillera Oriental, sus coordenadas geográficas son; 01°42'32'' latitud Sur y 78°35'32'' longitud Oeste, cuenta con una superficie de 167.47 km² y está a una altitud que va desde los 2.400 a 4.730 m.s.n.m. Las principales fuentes de ingresos para el cantón radican en la agricultura, proveyendo de alimentos a todo el país, la industria pecuaria con la producción de leche y cárnicos y la producción artesanal de ladrillo. (Sabando, 2013)

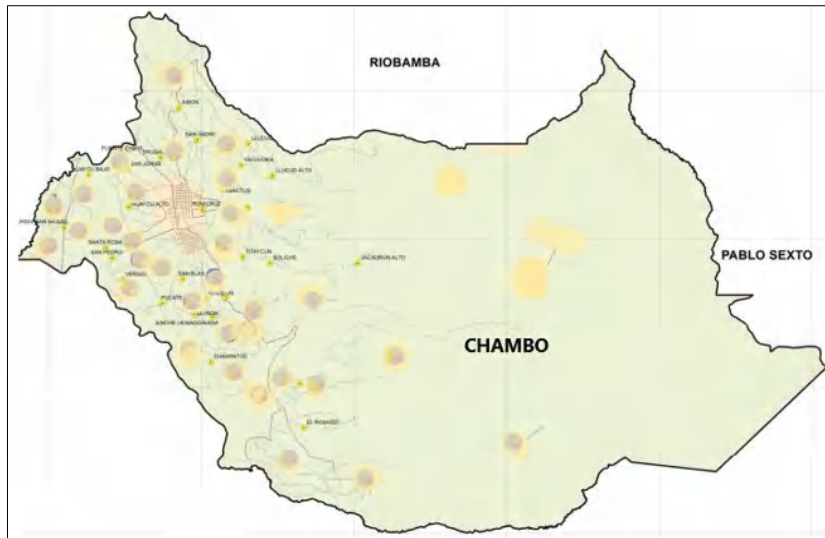


Figura 1-2. Mapa del Cantón Chambo

Fuente: GAD Chambo, 2018

2.3.1 Crecimiento demográfico

Según datos otorgados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en el censo del 2010, el cantón Chambo posee una población total de 11.885 habitantes en las zonas urbana y rural. En la urbe del cantón existe una población es de 4459 habitantes, mientras que en la zona rural la población es de 7426 habitantes. (Oñate Valdivieso, 2012)

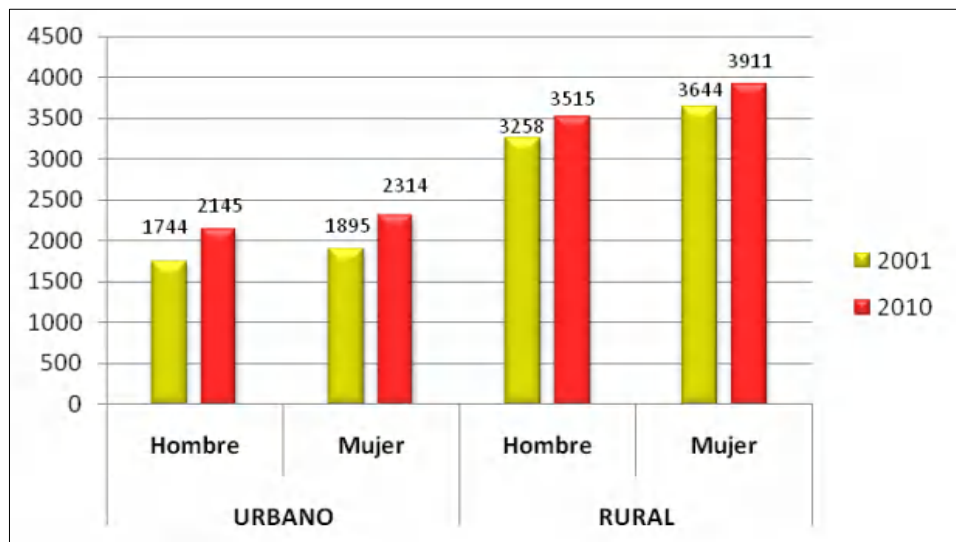


Gráfico 1-2. Comparativa de la población en Chambo por sexo

Fuente: CLIRSEN, 2012

En la Tabla 1-2 se puede observar el crecimiento poblacional que existe tanto en la zona urbana como en la zona rural entre los años 2001 y 2010, para el primer caso se tiene un aumento del 17,40 % de hombres y mujeres con un 9,03%, promediando un crecimiento del 12,89% de la población. Para el sector rural se tiene un porcentaje del 13,47 % de hombres y 7,33% para mujeres, con un promedio de 12,85%.

Tabla 1-2: Variación de la población urbana y rural en los años 2001 y 2010

| SEXO | AÑO 2001 | | AÑO 2010 | |
|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | ZONA URBANA | | ZONA RURAL | |
| | Variación Absoluta | Variación Relativa | Variación Absoluta | Variación Relativa |
| Hombres | 552 | 17,40% | 1991 | 13,47% |
| Mujeres | 334 | 9,03% | 2086 | 12,85% |
| TOTAL | 886 | 12,89% | 4077 | 13,14% |

Fuente: INEC, 2010

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

La política económica del país y sus evidentes falencias en el aspecto social ha generado el desplazamiento de grandes masas de población campesina hacia las ciudades en busca de mayores oportunidades, provocando que el crecimiento urbano sea mayor, marcando el inicio de una indeseable decadencia en el sector agrícola, el que se ha visto fuertemente afectado a causa del abandono de tierras. (Oñate Valdivieso, 2012)

2.3.1.1 Zona urbana

La urbe del cantón Chambo se encuentra conformada principalmente por instituciones públicas y privadas, locales comerciales, parques y viviendas, según el último censo del 2010 existen un total de 1130 hogares que se encuentran distribuidos a lo largo del cantón, en la parte baja y media como se muestra en la Figura 2-2. (INEC, 2010)

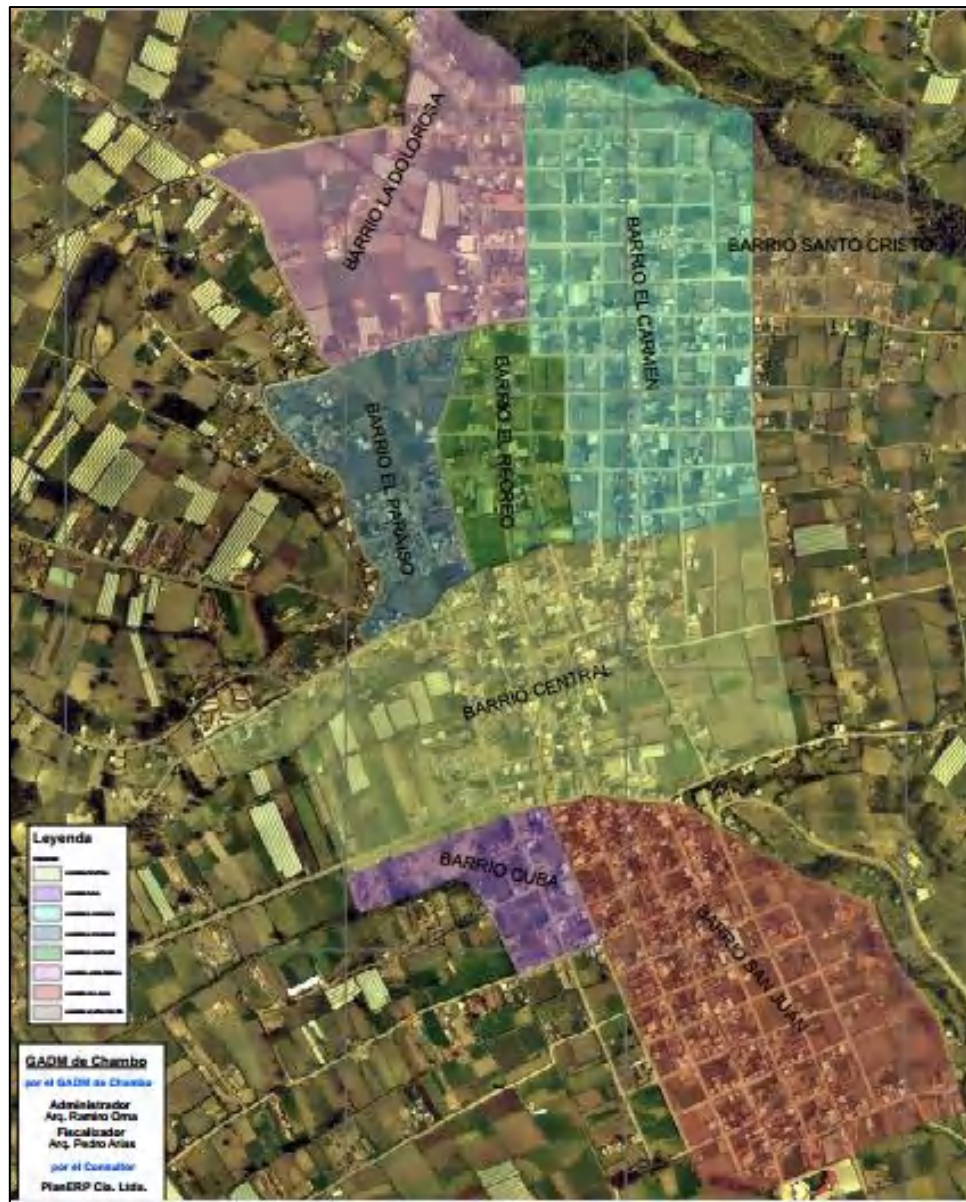


Figura 2-2. Sectorización de la zona urbana del cantón Chambo

Fuente: (GAD Municipio de Chambo)

Para el desarrollo de este trabajo de titulación, la urbe del cantón Chambo fue dividido en cuatro zonas de estudio, como se aprecia en la Figura 3-2.



Figura 3-2. Zonificación del Cantón Chambo

Realizado por: Gonzalo Velastegui, 2022

2.3.2 Demanda de Servicios

Según los datos que maneja la empresa de telecomunicaciones CNT, en el cantón Chambo existen 2836 usuarios que disponen de acceso a internet fijo, 1597 personas poseen telefonía fija y 7452 no cuentan con ninguno de estos servicios. (Cruz Naula, 2019)

Resulta de vital importancia establecer la demanda existente de servicios de telecomunicaciones dentro de la población de la urbe, es así que se recopiló la información necesaria en los diferentes hogares, locales comerciales, talleres, instituciones educativas, etc., fijando los parámetros de diseño de la red de acceso óptica.

2.3.2.1 Tamaño de la muestra

El cálculo del tamaño de la muestra poblacional se determina aplicando la fórmula descrita en la Ecuación 1, utilizando el método aleatorio simple:

$$x = \frac{N}{e^{2(N-1)} + 1} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$x = \frac{1130}{0.05^2(1130 - 1) + 1}$$

$$x = 295.61 = 296 \text{ encuestas}$$

Dónde:

x= número de encuestas a realizar

N= número de viviendas

E= error muestral a una probabilidad del 95%

2.3.2.2 Encuestas realizadas

Para realizar una proyección sobre las necesidades que existen dentro de la población de la zona urbana del Cantón Chambo, se elaboraron 296 encuestas, constan de 5 preguntas como detalla en el ANEXO A, buscando información sobre el tipo de servicio que disponen en el hogar, satisfacción del servicio, la posible adquisición de servicios Triple Play y el precio tentativo a pagar por este paquete de servicios.

1. Señale ¿Cuál de estos tipos de servicios Triple Play (Internet, Telefonía fija y Televisión) dispone en su hogar?

Tabla 2-2: Servicio Triple Play

| SERVICIO TRIPLE PLAY | N° DE ENCUESTADOS | PORCENTAJE |
|--|-------------------|-------------|
| Internet | 80 | 27% |
| Televisión Pagada | 15 | 5% |
| Telefonía fija | 38 | 13% |
| Internet y Televisión Pagada | 44 | 15% |
| Internet y Telefonía fija | 72 | 24% |
| Telefonía fija y Televisión Pagada | 6 | 2% |
| Internet, Telefonía fija y Televisión Pagada | 41 | 14% |
| No cuento con ningún servicio en casa | 0 | 0% |
| TOTAL | 296 | 100% |

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

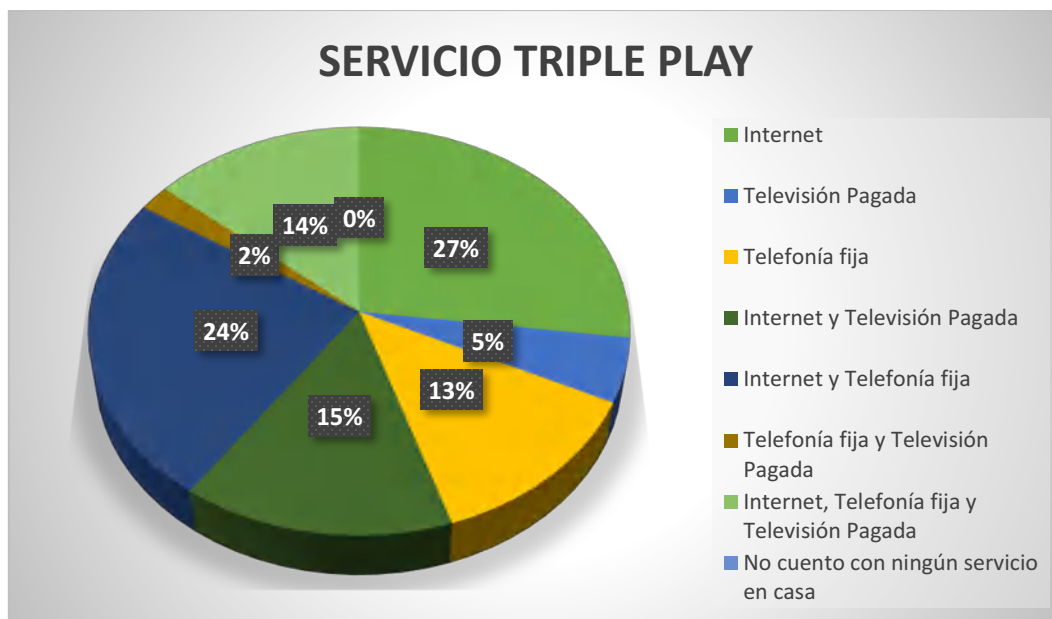


Gráfico 2-2. Porcentaje de los servicios utilizados en los hogares

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

El Gráfico 2-2 muestra los servicios más utilizados por los usuarios, destacando el internet con el 27% y con el 24% los servicios de internet y telefonía fija, cabe recalcar que ninguno de los usuarios cuenta con el servicio triple play, siendo un precedente para poder difundir este servicio a la zona urbana del cantón.

2. ¿Cuál es su nivel de satisfacción con dichos servicios?

Tabla 3-2: Nivel de satisfacción con los servicios

| NIVEL DE SATISFACCIÓN | RESPUESTA | PORCENTAJE |
|-----------------------|-----------|------------|
| Muy satisfecho | 29 | 10% |
| Satisfecho | 47 | 16% |
| Insatisfecho | 210 | 71% |
| Muy insatisfecho | 10 | 3% |
| Indiferente | 0 | 0% |
| TOTAL | 296 | 100% |

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

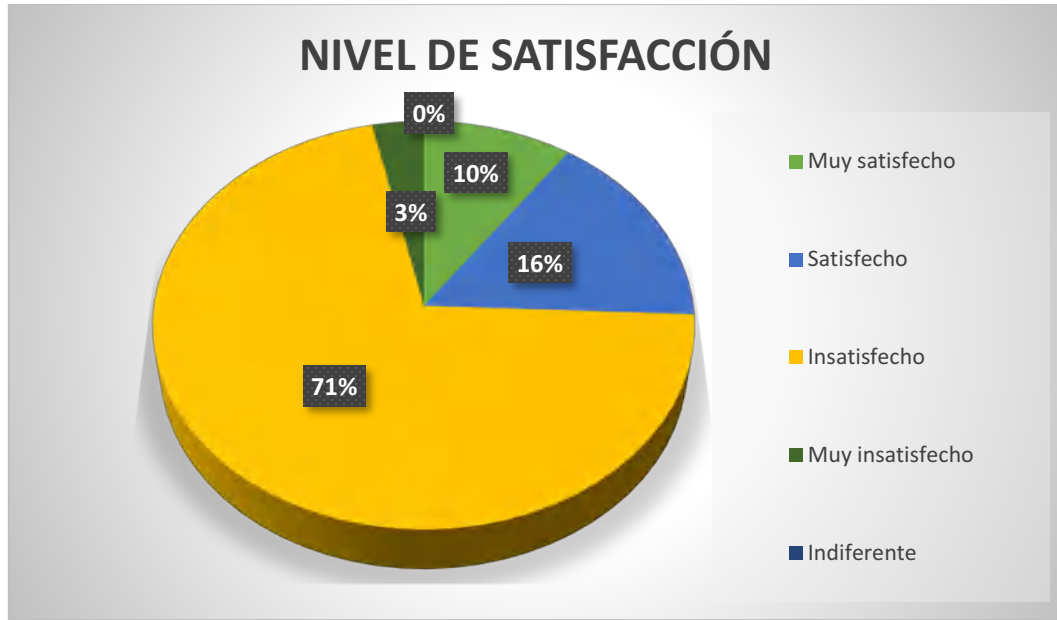


Gráfico 3-2. Porcentaje del nivel de satisfacción con los servicios

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

El Gráfico 3-2 señala que el 71% de la población de la urbe se encuentra insatisfecha con los servicios de telecomunicaciones en su hogar, mientras que apenas un 16% se encuentra satisfecho, acentuando la necesidad de mejorar el servicio mediante el diseño e implementación de una red GPON.

3. ¿Selección el o los criterios que considere más importantes dentro de los servicios de telecomunicaciones?

Tabla 4-2: Criterios de los servicios

| CRITERIOS DE LOS SERVICIOS | RESPUESTA | PORCENTAJE |
|----------------------------|-----------|------------|
| Calidad | 102 | 34% |
| Atención al cliente | 30 | 10% |
| Velocidad | 157 | 53% |
| Disponibilidad | 5 | 2% |
| Otro | 2 | 1% |
| TOTAL | 296 | 100% |

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

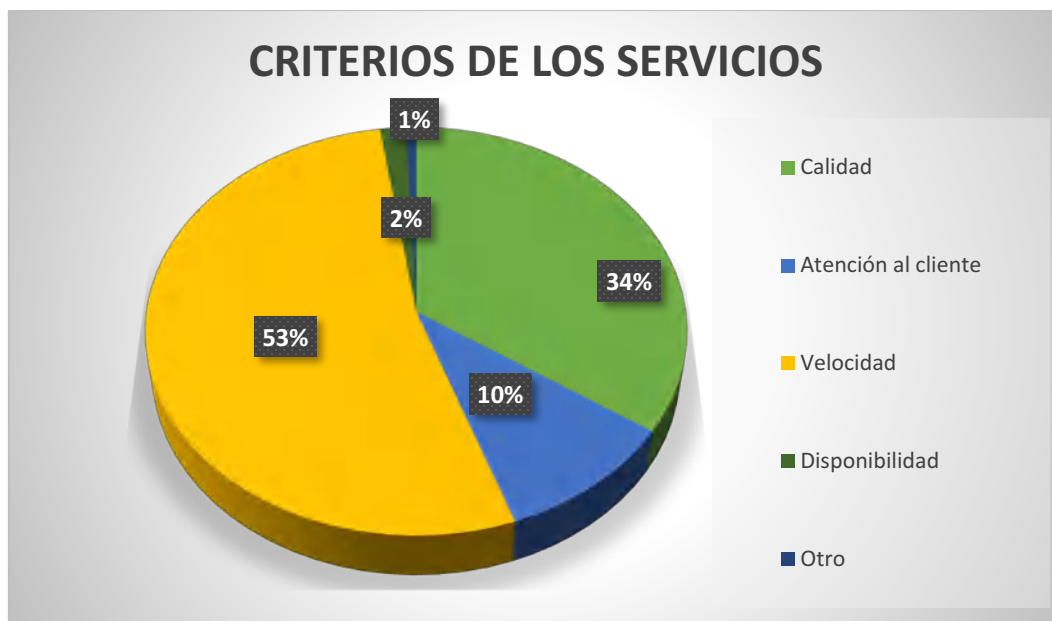


Gráfico 4-2. Porcentaje de los criterios de los servicios

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

En el Gráfico 4-2, se indica a la velocidad del servicio con un 53% como aspecto más importante a consideración de los clientes, seguido de la calidad con un 34% y la atención al cliente con un 10%.

4. ¿ Elegiría cambiar su servicio antiguo por tecnología GPON para obtener el servicio Triple Play en su hogar?(Se refiere a un servicio mediante fibra óptica, que permita satisfacer sus necesidades con mejor calidad y con un solo pago)

Tabla 5-2: Servicio con tecnología GPON

| TECNOLOGÍA A UTILIZAR PARA LOS SERVICIOS | RESPUESTA | PORCENTAJE |
|--|-----------|------------|
| Si | 257 | 87% |
| No | 0 | 0% |
| Tal vez | 39 | 13% |
| TOTAL | 296 | 100% |

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022



Gráfico 5-2. Porcentaje de la tecnología a utilizar

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

Según los datos recopilados en esta pregunta, el Gráfico 5-2 describe que el 87% de los usuarios consultados están dispuestos a utilizar la tecnología GPON, concluyendo la viabilidad del presente trabajo y diseñando una red FTTx para cubrir la demanda de los usuarios.

5. ¿ Qué precio estaría dispuesto a pagar mensualmente por el servicio Triple Play?

Tabla 6-2: Tarifa mensual del servicio Triple Play

| TARIFA MENSUAL DEL SERVICIO | RESPUESTA | PORCENTAJE |
|-----------------------------|-----------|------------|
| \$25 - \$30 | 232 | 79% |
| \$30 - \$45 | 60 | 20% |
| Mayor a \$45 | 4 | 1% |
| TOTAL | 296 | 100% |

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

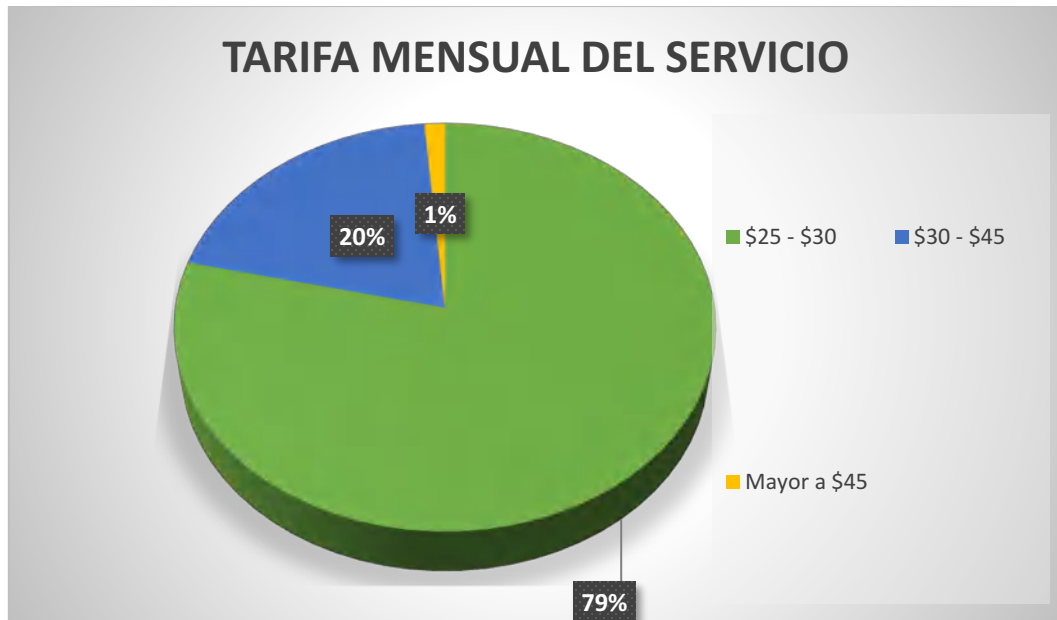


Gráfico 6-2. Porcentaje del precio mensual de servicio Triple Play

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

Como se aprecia en el Gráfico 6-2, el 79% de los usuarios encuestados estarían dispuestos a cancelar un valor entre \$25 y \$ 30 por el servicio Triple Play, siempre que se garantice los estándares de calidad del servicio.

2.4 Requerimientos técnicos de diseño

Dentro del diseño de la red, se tomó los aspectos más sobresalientes:

- Selección del software
- Selección de la arquitectura de red
- Selección de la topología de red
- Determinación del tipo de fibra y cableado a utilizarse
- Distribución geográfica de equipos
- Establecer el ancho de banda

2.4.1 Selección del software

En el capítulo anterior se describieron algunos de los aspectos más importantes de los principales softwares de simulación, como se observa en la Tabla 7-2 se realizó una comparación para elegir el programa más adecuado para el diseño de la red.

Tabla 7-2: Comparativa entre los diferentes softwares de simulación

| CARACTERÍSTICAS | OPTISYSTEM | OPNET MODELER | OMNET ++ |
|--|---|---|---|
| Interfaz | GUI | GUI | GNET |
| Tipo de licencia | Pagada | Pagada | Gratuito |
| Compatibilidad con Sistemas Operativos | Windows 7 professional Windows Vista Business Windows Server 2008 Windows 10 | Windows 7 professional Windows Vista Business Windows Server 2008 | Windows 7, 8 and XP. Mac OS X 10.7,10.8 and 10.9. Linux x86 32/64-bit. Unix |
| Integración con Matlab | Si | Si | Si |
| Nivel d requerimientos del hardware | Medio | Medio | Medio |

Fuente: Torres, 2015

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

Para el diseño de la red GPON para servicios Triple Play, se optó por el programa OptiSystem, este es un software de alto nivel para sistemas basados en modelados realistas, ideal para el diseño de tecnologías de comunicación por fibra óptica. Ofrece una visión global del rendimiento del sistema, evaluando cada uno de los parámetros, especificaciones y características de diseño, posee un entorno de simulación de gran alcance y un amplio acceso a los datos, optimizando los resultados.

2.4.2 Selección de la arquitectura de red

Para la selección del tipo de arquitectura de red, es necesario identificar cuál de estas presenta mejores ventajas para la aplicación y ejecución del proyecto.

Las tecnologías FTTN y FTTC utilizan dos tipos de cables diferentes, uno de cobre hasta el hogar y el otro con fibra hasta cerca de la misma, permitiendo llegar a lugares más remotos y a mayor distancia. Su costo de instalación es económico, sin embargo, este tipo de tecnologías son propensas a interferencias electromagnéticas y su velocidad puede ser menor según la longitud del cableado. Siendo indispensable garantizar el servicio Triple Play, estas dos tecnologías no son las más acordes, por lo que se descartan su uso.

Las tecnologías FTTB y FTTH alcanzan velocidades más rápidas, son más eficaces, debido a su cubierta armada, la señal resiste ante posibles interferencias, sin embargo, su instalación es mucho menos económica. Estas tecnologías garantizan el uso de fibra óptica de principio a fin en la arquitectura de su red.

2.4.3 Selección de topología de la red

El rendimiento de una red puede aumentar su eficiencia con la topología adecuada, esto radica en que todos sus nodos puedan funcionar adecuadamente y contribuir a una transmisión de datos más rápida y fluida. La topología elegida para la red GPON del presente trabajo, es una conexión tipo árbol debido a su bajo costo, flexibilidad y capacidad de ramificación para nuevas subredes.

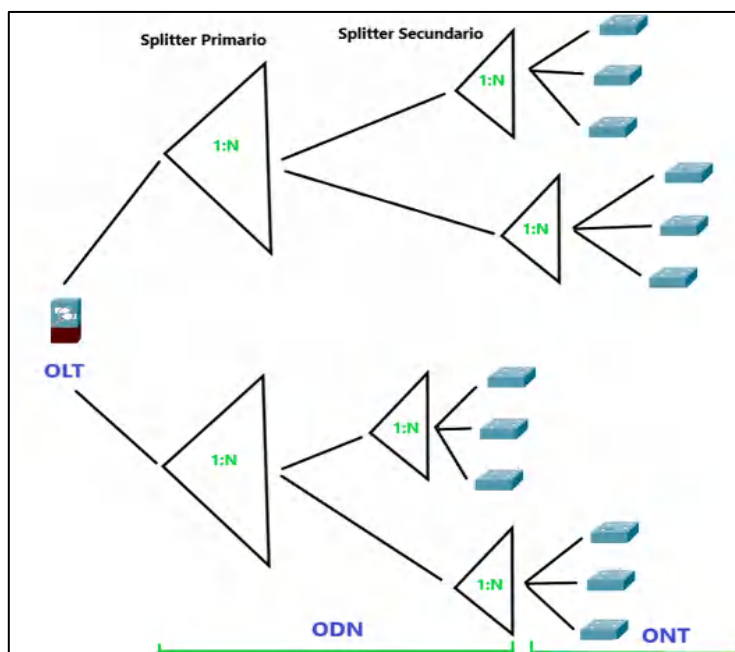


Figura 4-2. Topología de red tipo árbol

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

2.4.4 Selección del tipo de fibra óptica

Para el presente trabajo se eligió una fibra monomodo, debido a sus características permite transmisiones a largas distancias, con mayor ancho de banda, soporta mayores velocidades y posee menor coeficiente, se encuentra normado bajo la recomendación ITU-T G.652.D. Esta fibra se utilizará para el diseño de la Red Feeder y de Distribución, sus propiedades y características geométrica y mecánicas se detallan de mejor manera en el ANEXO B.

2.4.4.1 Tipo de cableado

La Tabla 8-2 precisa una comparación entre las características más sobresalientes de los diferentes tipos de cables aéreos en el mercado, evaluando las garantías que estos prestan para trabajos de instalación.

Tabla 8-2: Comparativa del tipo de cableado

| CARACTERÍSTICAS | CABLE FIGURE 8 | CABLE OPGW | CABLE ADSS |
|-------------------------|----------------|------------|------------|
| Confiabilidad | Alto | Alto | Alto |
| Mantenimiento | Fácil | Difícil | Fácil |
| Acceso a fibras ópticas | Fácil | Difícil | Fácil |
| Costo de instalación | Bajo | Alto | Bajo |
| Costo del cable | Intermedio | Alto | Bajo |

Fuente: Cruz N., 2019

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

Bajo los criterios de evaluación de los distintos cables, se escogió el cable de tendido aéreo de tipo ADSS, con estructura holgada, económico, fácil instalación y con seguridad de mantenimiento de la fibra óptica, en el ANEXO C se especifican las características técnicas del cable.

2.4.5 Distribución geográfica de los equipos

2.4.5.1 Terminal de línea óptica (OLT)

El equipo de transmisión OLT fue ubicado en la zona centro del cantón Chambo, en el GAD Municipal, en las calles 18 de Marzo y Sor Margarita Guerrero, en las coordenadas; longitud $1^{\circ}43'47.96''S$ y latitud $78^{\circ}35'49.87''O$, como se puede apreciar en la Figura 5-2.



Figura 5-2. Ubicación geográfica de la OLT

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

2.4.5.2 *Mangas porta splitters*

En este estudio se distribuyeron las mangas porta splitter según la zona a la que pertenece (1, 2, 3, 4), la Tabla 9-2 detalla la ubicación geográfica y dirección exacta de cada una de las mangas, fueron etiquetadas con el acrónimo MT0x donde el símbolo x representa el número de manga del primer nivel de splitter. La figura 6-2 describe el área de cobertura que cubrirá cada manga porta splitters dentro del cantón.

Tabla 9-2: Ubicación de mangas Porta Splitters

| ZONAS | MANGAS PORTA SPLITTERS | LATITUD | LONGITUD | DIRECCIÓN |
|-------|------------------------|--------------|---------------|--|
| 1 | MT01 | 1°43'46.95"S | 78°35'48.08"O | Cacique Achamba y Sor Margarita Guerrero |
| | MT02 | 1°43'42.39"S | 78°35'43.51"O | Flor del Carmelo y Moises Fierro |
| | MT03 | 1°43'41.47"S | 78°35'36.65"O | Flor del Carmelo |
| 2 | MT04 | 1°43'47.78"S | 78°35'53.09"O | Manuel Zavala y José A. Moncayo |
| 3 | MT05 | 1°43'59.72"S | 78°35'49.13"O | 18 de Marzo y Carlos Cuadrado |
| 4 | MT06 | 1°43'59.31"S | 78°35'44.38"O | Cacique Achamba y Carlos Cuadrado |
| | MT07 | 1°44'8.07"S | 78°35'36.81"O | Luis Álvarez y Moisés Fierro |

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

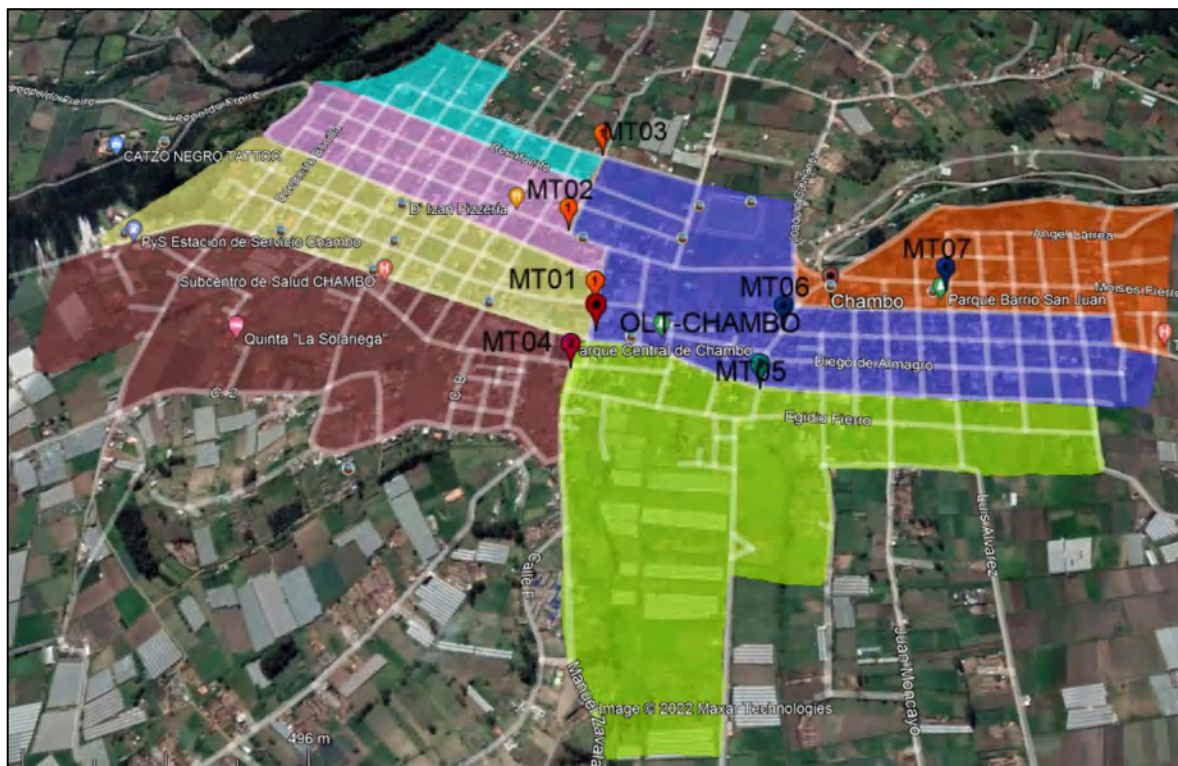


Figura 6-2. Distribución y área de cobertura de las mangas porta splitters

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

2.4.5.3 Cajas de distribución óptica

Las NAPs fueron ubicadas y distribuidas acorde a las cuatro zonas en las que se dividió la urbe del cantón Chambo, estas fueron instaladas en los postes eléctricos debido a que no existen acometidas por canalización. Todas las cajas de distribución óptica fueron etiquetadas y enumeradas de forma ascendente, desde la más lejana hasta la más cercana, cada NAP cuenta con su nivel de splitteo; 1:8, lo que corresponden al segundo nivel.

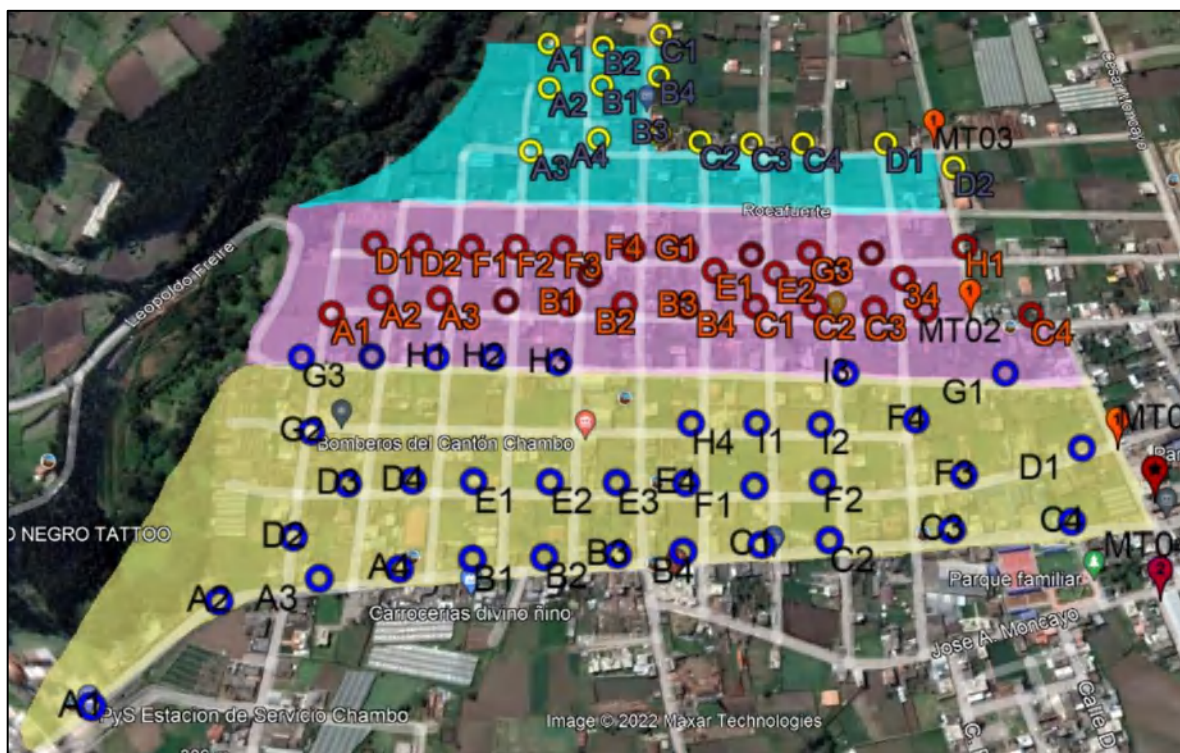


Figura 7-2. Distribución geográfica de las NAPs en la zona 1 del cantón Chambo

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022



Figura 8-2. Distribución geográfica de las NAPs en la zona 2 del cantón Chambo

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022



Figura 9-2. Distribución geográfica de las NAPs en la zona 3 del cantón Chambo

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022



Figura 10-2. Distribución geográfica de las NAPs en la zona 4 del cantón Chambo

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

2.4.6 Establecer el ancho de banda

El ancho de banda se determinó bajo la normativa XG-PON establecida por la ITU, las velocidades nominales para los canales downlink y uplink son de 10 Gbps y de 2.4 Gbps respectivamente, según el nivel de splitteo se calculó el ancho de banda de XGPON que dispondrá cada usuario, aplicando la Ecuación 2.

$$AB = \frac{\text{Capacidad AB de XGPON}}{(\text{Relación de Splitter } 1: x)} \quad \text{Ecuación 2}$$

- El primer nivel de splitteo considera una relación de 1:8

$$\text{Velocidad Máxima dowlink} = \frac{10 \text{ Gpbs}}{8 \text{ clientes}}$$

$$\text{Velocidad Máxima dowlink} = 1.25 \text{ Gpbs}$$

$$\text{Velocidad Máxima Uplink} = \frac{2.4 \text{ Gpbs}}{8 \text{ clientes}}$$

$$\text{Velocidad Máxima Uplink} = 300 \text{ Mbps}$$

- El segundo nivel de splitteo considera una relación de 1:16

$$\text{Velocidad Máxima dowlink} = \frac{622 \text{ Mbps}}{16 \text{ clientes}}$$

$$\text{Velocidad Máxima dowlink} = 78.125 \text{ Mbps}$$

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

$$\text{Velocidad Máxima Uplink} = 16.75 \text{ Mbps}$$

2.5 Diseño de la red

Para el presente trabajo de grado se diseño una red FTTx, capaz de brindar el servicio Triple Play en la zona urbana del cantón Chambo, gracias a las especificaciones y recomendaciones vigentes en el estándar G.987.X. se asegura que la red mantenga óptimas condiciones de calidad. El diseño de la red se compone por la Red Feeder, Red de Distribución y Red de Dispersión.

2.5.1 Red Feeder o troncal

La red Feeder o llamada red Troncal abarca los cables de fibra óptica, posee una gran capacidad, desde el rango de 12, 24, 48, 72, 96, 144 hasta los 288 hilos. La red Feeder se conect desde el armario de distribución óptica situada en la OLT en el GAD de Chambo, hasta la manga de sangrado en la que se realiza un corte de fibra principal, con la siguiente identificación FT_01_00_00 (96) como se muestra en la Figura 11-2, de este se toma solo un numero de hilos necesarios para cubrir la zona determinada.

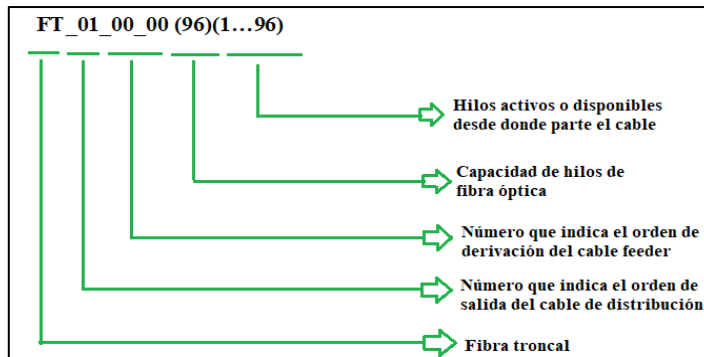


Figura 11-2. Caracterización del cable Feeder

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

La Figura 12-2 describe el punto de partida del cable Feeder o Troncal desde la OLT-CHAMBO hasta llegar al poste P48 del mapa del cantón, desde ese punto se genera la distribución de la red hacia las demás zonas.



Figura 12-2. Cable Feeder desde la OLT al poste P48

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

2.5.5.1 Derivación del cable Feeder para la zona 1

Para esta zona se ubicó tres mangas troncales, la primera manga denominada MT01, por la cual ingresan los hilos del buffer del cable Feeder FT_01_00_00 (96) (1...6), se fusionan con la derivación FT_01_01_00 (12) (1...3). Para la manga MT02 ingresa hilos del primer y segundo buffer del cable Feeder FT_01_00_00 (96) (1...6), que se fusionará con la derivación FT_01_02_00 (12) (1...3) y para la manga MT03 ingresa hilos del segundo buffer y tercer buffer FT_01_00_00 (96) (4...6), que se fusionará con la derivación FT_01_02_00 (12) (1...3).

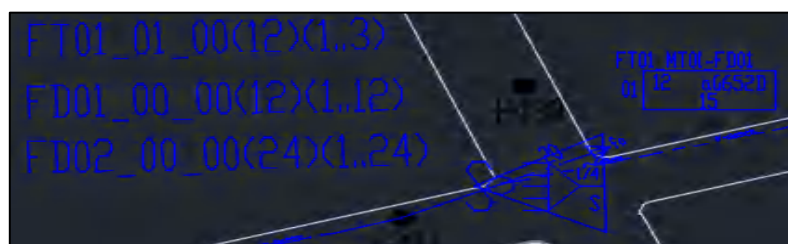


Figura 13-2. Sangrado y manga troncal MT01

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

Partiendo de la manga MT01 se realizó la subida al poste P208, el cable Feeder o troncal continúa recorriendo la calle Sor Margarita Guerrero y Moisés Fierro hasta llegar al poste PT197, la Figura 14-2 muestra la manga troncal MT02 que baja con el cable Feeder, con su derivación FT_01_02_00 (12) (1...3)

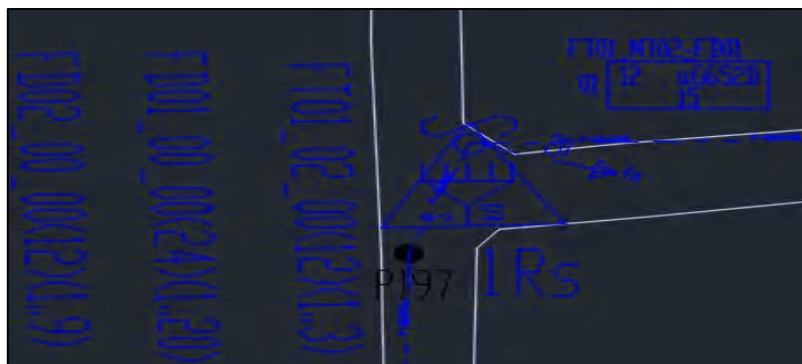


Figura 14-2. Sangrado y manga troncal MT02

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

Desde la manga MT02 se realiza la subida al poste P198, el cable Feeder continúa el recorrido por la calle Moisés Fierro y Flor del Carmelo hasta llegar al poste PT203, la Figura 15-2 describe la manga troncal MT03 que baja con el cable Feeder con su derivación FT_01_02_00 (12) (1...8) y finalizando la red troncal.



Figura 15-2. Sangrado y manga troncal MT03

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

2.5.5.2 Derivación del cable Feeder para la zona 2

Los hilos del cuarto buffer del cable Feeder FT_01_00_00 (288) (37...44) ingresaron para ser fusionados en la derivación FT_01_04_00 (12) (1...8), de la manga MT04. En la Figura 16-2 se muestra a la manga troncal MT04 bajando con el cable Feeder del poste P418, con su derivación FT_01_04_00 (12) (1...8), finalizando la red troncal.



Figura 16-2. Sangrado y manga troncal MT04

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

2.5.5.3 Derivación del cable Feeder para la zona 3

Los hilos del quinto buffer del cable Feeder FT_01_00_00 (288) (49...59) ingresaron para ser fusionados en la derivación FT_01_05_00 (12) (1...11), de la manga MT05. La Figura 17-2 muestra a la manga troncal MT05 bajando con el cable Feeder del poste P61, con su derivación FT_01_03_00 (12) (1...5).

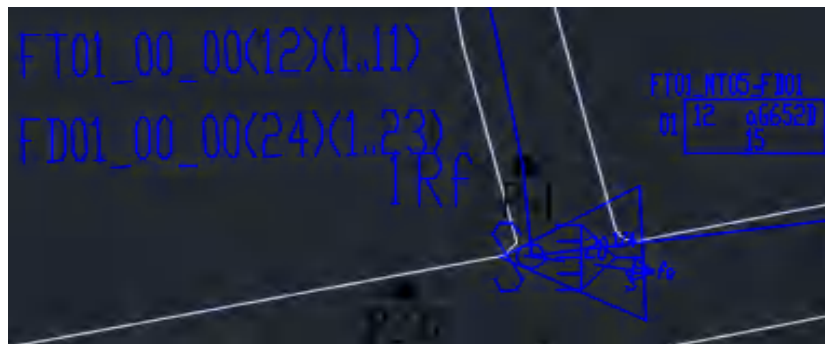


Figura 17-2. Sangrado y manga troncal MT05

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

2.5.5.4 Derivación del cable Feeder para la zona 4

Los hilos del quinto y sexto buffer del cable Feeder FT_01_00_00 (288) (60...69) ingresaron para ser fusionados en la derivación FT_01_06_00 (12) (1...10), de la manga MT06 y para la manga MT07 ingresa hilos del sexto y séptimo buffer del cable Feeder FT_01_00_00 (288) (70...77) que se fusionará con la derivación FT_01_06_00 (12) (1...8).

Desde la manga troncal MT05 se realiza la subida del cable Feeder al poste P238, este recorre la calle Joaquín Gavilán hasta llegar al poste P245, la Figura 18-2 denota a la manga troncal MT06, la cual baja con el cable Feeder del poste y su derivación FT_01_03_00 (12) (1...8).

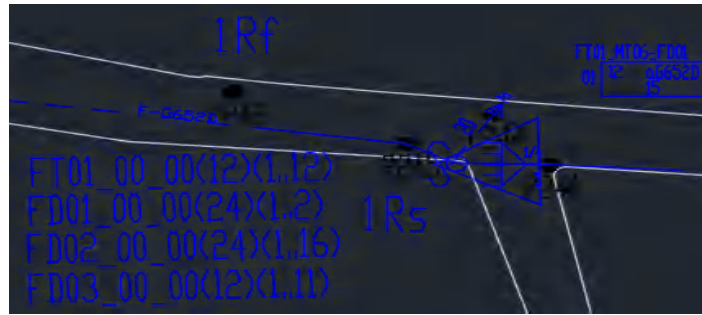


Figura 18-2. Sangrado y manga troncal MT06

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

Del poste P246 se realiza la subida del cable Feeder partiendo de la manga troncal MT06, recorriendo las calles Joaquín Gavilán, Carlos Cuadrado y Moisés Fierro Álvarez hasta llegar al poste P656, la Figura 19-2 muestra a la manga troncal MT07 bajando con el cable Feeder del poste con su derivación FT_01_03_00 (12) (1...8).

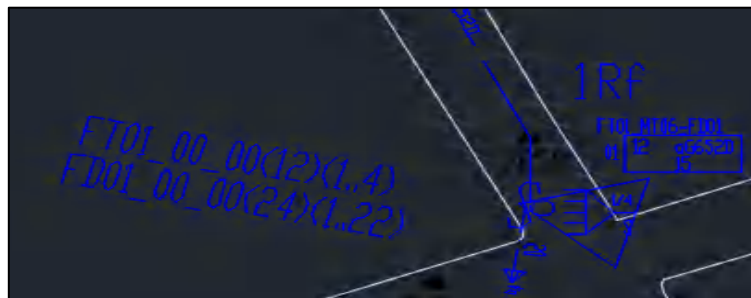


Figura 19-2. Sangrado y manga troncal MT07

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

2.5.2 Red de distribución

Esta red se ocupa de la distribución de todos los hilos de fibra óptica otorgados a la zona, desde la manga hasta cada una de las NAPs (Network Access Point), donde está el segundo nivel de splitter. La función principal es cubrir un sector específico de la zona, por lo general son ubicados por cuadra o manzana dependiendo de la dimensión de cada zona.

Para cada una de las cuatro zonas en que se dividió la urbe del cantón Chambo, se dispuso asociar las NAPs en grupos de cuatro etiquetadas por letras del alfabeto.

2.5.2.1 Red de distribución en la zona 1

La Figura 20-2 describe la manga troncal MT01, que enlaza a 35 NAPs proyectadas como parte de la zona 1.



Figura 20-2. Cajas de distribución ópticas para la MT01

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

Se fusiono dos cables de fibra óptica de distribución a las salidas del primer nivel de splitteo, en la manga troncal MT01:

- FD01_00_00_(24)(1...24)
- FD02_00_00_(12)(1...11)

La Figura 21-2 indica la distribución de los hilos de la NAP más cercana a la manga troncal MT01, en este caso es D1.

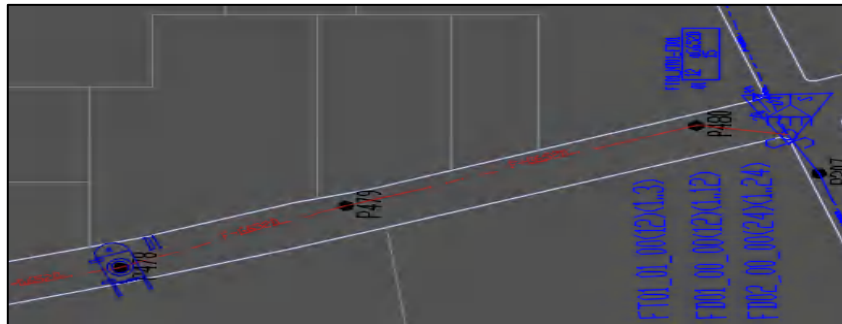


Figura 21-2. NAP más cercana a la MT01

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

La Figura 22-2 describe la manga troncal MT02, que enlaza a 29 NAPs proyectadas como parte de la zona 1.



Figura 22-2. Cajas de distribución ópticas para la MT02

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

Se fusiono dos cables de fibra óptica de distribución a las salidas del primer nivel de splitteo, en la manga troncal MT02:

- FD01_00_00_(24)(1...24)
- FD02_00_00_(12)(1...9)

La Figura 23-2 indica la distribución de los hilos de la NAP más cercana a la manga troncal MT02, en este caso es C4.

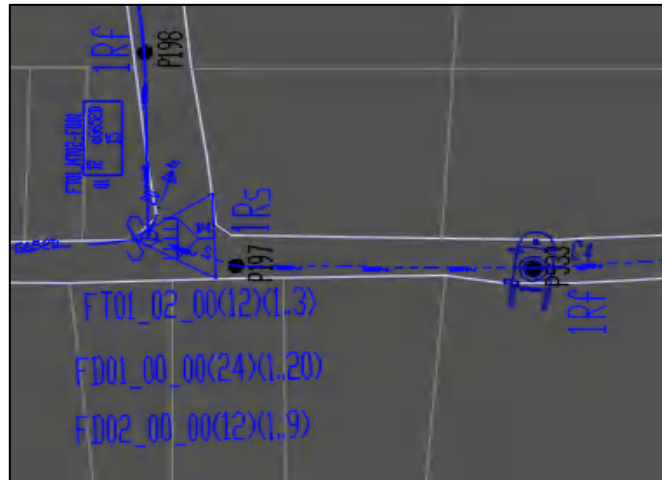


Figura 23-2. NAP más cercana a la MT02

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

La Figura 24-2 describe la manga troncal MT03, que enlaza a 13 NAPs proyectadas como parte de la zona 1.



Figura 24-2. Cajas de distribución ópticas para la MT03

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

Se fusiono un cable de fibra óptica de distribución a las salidas del primer nivel de splitteo, en la manga troncal MT03:

- FD01_00_00_(24)(1...13)

La Figura 25-2 indica la distribución de los hilos de la NAP más cercana a la manga troncal MT03, en este caso es D2.

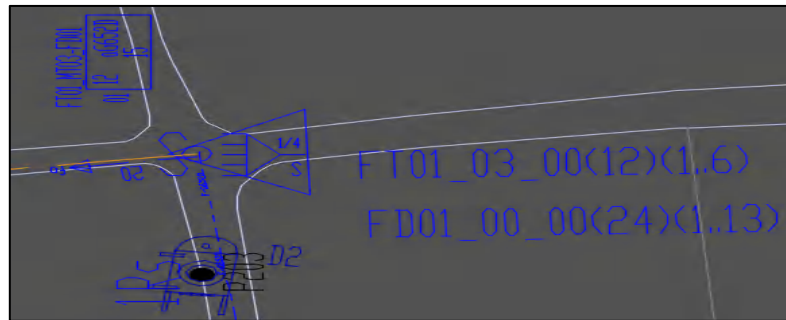


Figura 25-2. NAP más cercana a la MT03

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

2.5.2.2 Red de distribución en la zona 2

La Figura 26-2 describe la manga troncal MT04, que enlaza a 36 NAPs pertenecientes a la zona 2.



Figura 26-2. Cajas de distribución ópticas para la MT04

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

Se fusiono dos cables de fibra óptica de distribución a las salidas del primer nivel de splitteo, en la manga troncal MT04:

- FD01_00_00_(24)(1...24)
- FD01_00_00_(24)(1...12)

La Figura 27-2 indica la distribución de los hilos de la NAP más cercana a la manga troncal MT04, en este caso es I3.

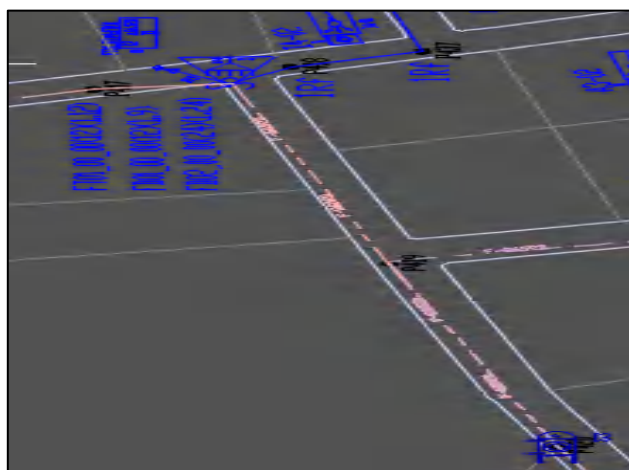


Figura 27-2. NAP más cercana a la MT04

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

2.5.2.3 Red de distribución en la zona 3

La Figura 28-2 describe la manga troncal MT05, que enlaza a 27 NAPs pertenecientes a la zona 3.



Figura 28-2. Cajas de distribución ópticas para la MT05

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

Se fusiono dos cables de fibra óptica de distribución a las salidas del primer nivel de splitteo, en la manga troncal MT05:

- FD01_00_00_(12)(1...9)
- FD01_00_00_(24)(1...17)

La Figura 29-2 indica la distribución de los hilos de la NAP más cercana a la manga troncal MT05, en este caso es C4.

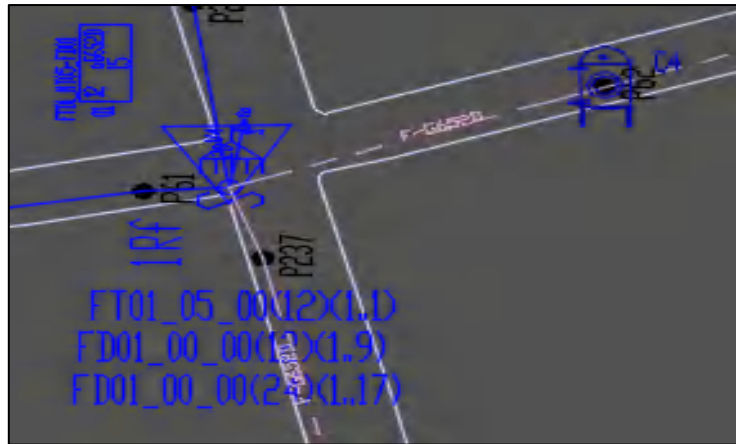


Figura 29-2. NAP más cercana a la MT05

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

2.5.2.4 Red de distribución en la zona 4

La Figura 30-2 describe la manga troncal MT06, que enlaza a 40 NAPs proyectadas como parte de la zona 4.



Figura 30-2. Cajas de distribución ópticas para la MT06

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

Se fusiono dos cables de fibra óptica de distribución a las salidas del primer nivel de splitteo, en la manga troncal MT06:

- FD01_00_00_(24)(1...31)
- FD01_00_00_(12)(1...11)

La Figura 31-2 indica la distribución de los hilos de la NAP más cercana a la manga troncal MT06, en este caso es J4.

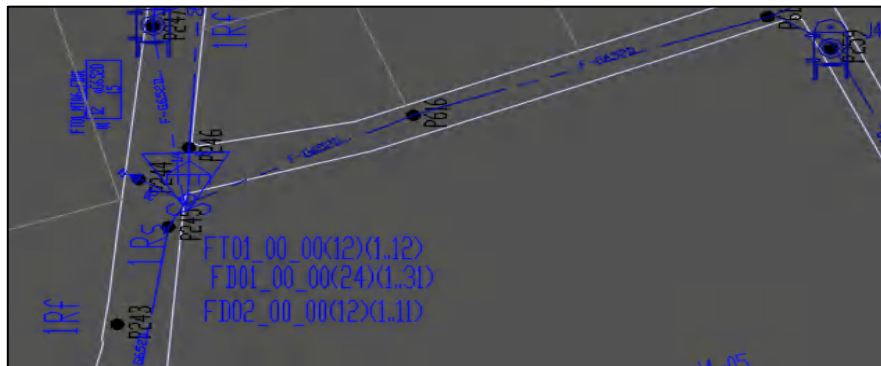


Figura 31-2. NAP más cercana a la MT06

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

La Figura 32-2 describe la manga troncal MT07, que enlaza a 22 NAPs proyectadas como parte de la zona 4.



Figura 32-2. Cajas de distribución ópticas para la MT07

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

Se fusiono un cable de fibra óptica de distribución a las salidas del primer nivel de splitteo, en la manga troncal MT07:

- FD01_00_00_(24)(1...23)

La Figura 33-2 indica la distribución de los hilos de la NAP más cercana a la manga troncal MT07, en este caso es E2.

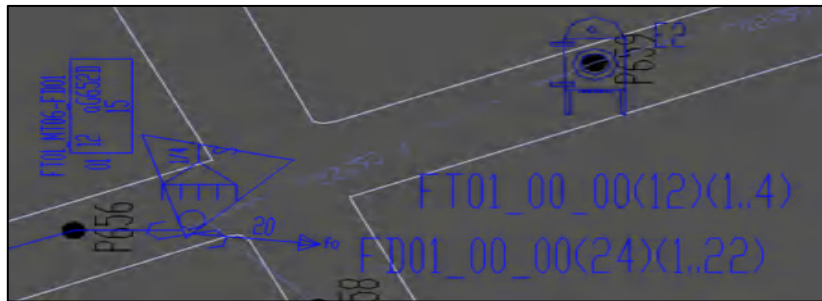


Figura 33-2. NAP más cercana a la MT07

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

2.5.3 Red de Dispersión

La última sección de la red GPON corresponde a la red de dispersión, este enlace comprende al cable DROP que sale de las NAPs hasta la ONT, que se conecta a través de una roseta óptica en la vivienda del usuario final. La mitigación de pérdidas por retorno e inserción se consigue mediante la utilización de acopladores, conectores, pigtails y splitters, establecidos en la normativa de instalaciones de fibra óptica de la CNT.

2.6 Equipos y materiales

En el proceso de selección de los equipos y materiales que se utilizarán en la red FTTH/XG-PON, se consideró las características, aspectos técnicos, ventajas y desventajas que ofrece cada equipo, con el fin de evitar problemas de conexión y brindar un servicio Triple Play eficiente y de calidad.

2.6.1 OLT

La OLT seleccionada para el diseño de la red XG-PON fue un equipo de la marca Huawei, modelo MA5800-X15, debido a su arquitectura distribuida permite tasas de transferencia de datos altas y un gran ancho de banda en el canal de comunicación. Soporta protocolos que ofrecen seguridad y calidad de servicio al usuario como SSH (Secure Shell), SLL (Secure Sockets Layer), HTTPS (Protocolo de transferencia de Hiper-Texto).



Figura 34-2. Equipo OLT Huawei MA5800-X17

Fuente: Huawei, 2022

Elementos del equipo:

- Tarjetas de servicios de 16 puertos 10GPON cada una.
- Tarjetas de control para la gestión del equipo.
- Tarjetas de Uplink de conexión del equipo con la red de datos.

La Tabla 10-2 presenta los principales aspectos técnicos de la OLT elegida para el diseño de red.

Tabla 10-2: Características técnicas de la OLT

| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | |
|--------------------------------|---------------------------|
| Dimensiones | 535 mm x 287 mm x 486 mm |
| Peso | 4.5 kg |
| Alimentación | -38.4V a -72V |
| Temperatura | -40°C to +65°C |
| Altitud | 4000 m |
| 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 |
| Características de servicio | VLANs Multicast QoS |
| Protocolo de administración | Telnet, IGMP, DHCP |
| Número de Puertos GPON | 272 |

Fuente: Route-Switch.com, 2002

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

2.6.2 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, sus características y capacidades para brindar servicio Triple Play mediante un láser transmisor DFB para fibras ópticas monomodo, se optó por la ONT Huawei HN8M038055Q como se aprecia en la Figura 35-2.

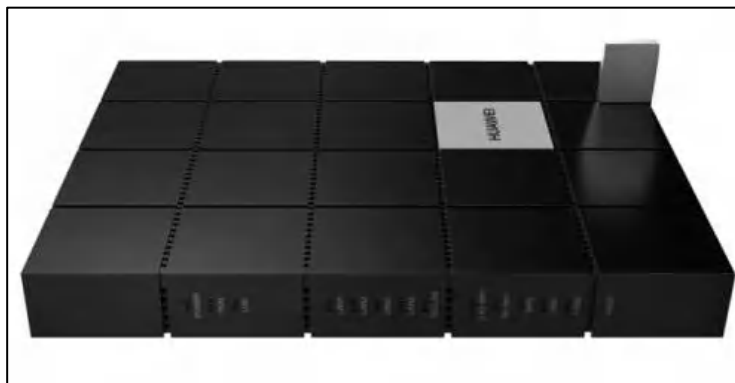


Figura 35-2. Equipo ONT Huawei HN8M038055Q

Fuente: Route-Switch.com, 2002

Tabla 11-2: Características técnicas de la ONT

| 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 |
| GPON | 1 entrada de la señal óptica GPON |
| FE/GE | 4 puertos de conexión Switch, Router PC, LAN |

Fuente: Route-Switch.com, 2002

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

2.6.3 Splitter

Los splitter son elementos ópticos pasivos que permite dividir la potencia del transmisor y ancho de banda de cada puerto, presenta la ventaja de compartir el mismo ancho de banda a distintos usuarios.



Figura 36-2. Splitter Óptico PLC MINI Box ABS SC APC

Fuente: Silexfiber, 2011

Tabla 12-2: Características técnicas del splitter

| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | |
|-----------------------------|--|
| Tecnología de fabricación | PLC, FTB |
| Relación de división | 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, 1:64 |
| Tipo de conector y pulido | FC/APC, FC/UPC, SC/APC, SC/UPC, LC/APC, LC/UPC |
| Longitud de onda | 1490, 1310 y 1550 |
| Temperatura de trabajo | -40~+85 |
| Pérdidas por inserción (dB) | 3.6, 7.2, 10.2, 14.1, 17.8, 19.6 |
| Directividad (dB) | 55 |
| Pérdidas de retorno (dB) | 50 |
| Aplicaciones | FTTx PON Sistemas LAN WAN Monitorización de sistemas |

Fuente: Silexfiber, 2011

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

2.6.4 Manga de empalme

La manga de empalme en un enlace de fibra óptica sirve para dar continuidad, hacer derivaciones de red y brindar protección e impermeabilidad a las fusiones. Su composición principalmente se base en un material termoplástico de alta resistencia.



Figura 37-2. Manga de empalme tipo Domo

Fuente: Tensortec, 2020

Tabla 13-2: Características técnicas de la manga 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: Velastegui, Gonzalo, 2022

2.6.5 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.

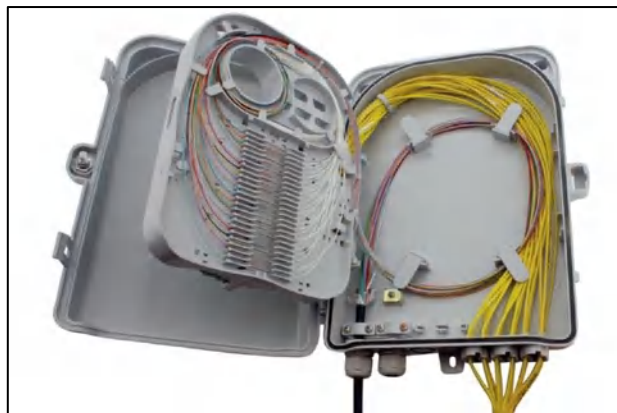


Figura 38-2. Caja de distribución de 24 hilos

Fuente: Fibraoptica hoy, 2013

Tabla 14-2: Características técnicas de la caja de distribución óptica

| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | |
|-------------------------------|--|
| Capacidad | 24 hilos |
| Dimensiones | 315mm×236mm×100mm |
| 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 |
| Aplicaciones | Red de acceso FTTH. Redes de telecomunicaciones Redes CATV Redes de comunicaciones de datos. Redes de área local |
| Cables Compatibles | RoHS, REACH y SvHC |

Fuente: Fibracem, 2018

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

2.6.6 Roseta óptica

La roseta óptica actúa como un punto de terminación de la red óptica, utiliza conectorización directa o empalmes por fusión en una extensión preconnectada (pigtail).

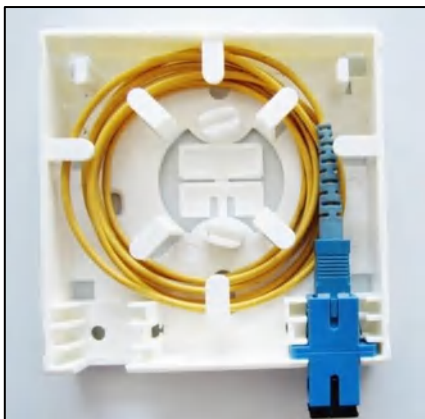


Figura 39-2. Roseta óptica

Fuente: DynaCom, 2021

Tabla 15-2: Características técnicas de la roseta óptica

| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | |
|------------------------------|---|
| Dimensiones | 79,8x114,9x22,5 mm. |
| Tipo de conector y pulido | SC/APC |
| Material de construcción | Plástico ABS |
| Tipo de fibra | Monomodo y Multimodo |
| Cantidad de posiciones | 2 empalmes ópticos por fusión o mecánicas 2 adaptadores ópticos SC simplex o LC dúplex |
| Acceso para cabos y cordones | 5 accesos para entrada y salida de cabos o cordones ópticos: 2 inferiores, 1 superior, 1 lateral y 1 acceso en la tapa posterior |

Fuente: FURUKAWA, 2015

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

2.6.7 Conector SC/APC

Se utiliza en instalaciones FTTx de interiores, donde se requiera conectar de manera sencilla, rápida y fiable cables ópticos de acometida de cliente o cable óptico monofibra.



Figura 40-2. Conector SC/APC

Fuente: Cablematic, 2018

Tabla 16-2: Características técnicas del conector SC/APC

| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | |
|--------------------------|------------------|
| Dimensiones | 110x110x5 |
| Rango de temperatura | -40 ~ +80 °C |
| Tipo de fibra | Monomodo |
| Pérdidas de inserción | <=0.2 dB |
| Comunicación | Dúplex y Simplex |
| Pulidos | APC y UPC |

Fuente: CRT, 2014

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

2.7 Presupuesto óptico

La red XGPON se encuentra formada por equipos activos como por elementos pasivos, el presupuesto óptico de dicha red para brindar de servicio Triple Play a la zona urbana del cantón Chambo se determinó en base al modelo masivos/casas vigente en la normativa establecida por la CNT, como se describe en la Figura 41-2.

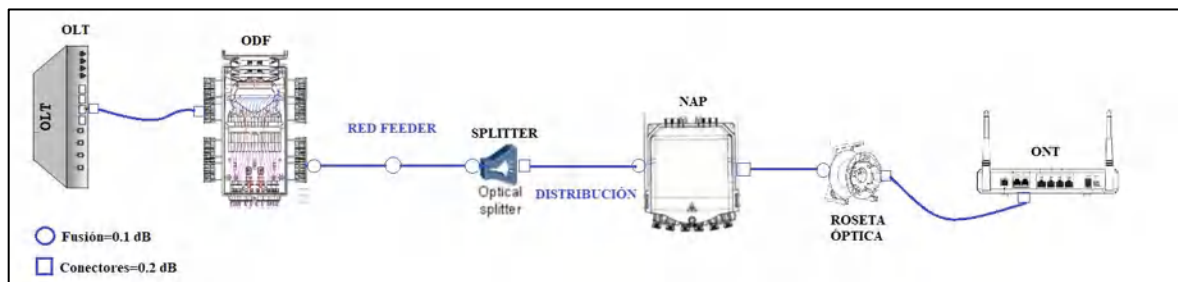


Figura 41-2. Modelo masivos/casa CNT

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

Según la normativa ITU-T G.987.2 el margen de resguardo a considerarse en este tipo de diseños de red XGPON 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 17-2 detalla cada uno de los valores de atenuación típica de los elementos presentes en el presupuesto óptico de la red GPON.

Tabla 17-2: Valores de atenuación de la red GPON

| ELEMENTOS DE LA RED | | ATENUACIÓN TÍPICA (DB) |
|------------------------|--------|------------------------|
| Conectores | | 0.2 |
| Empalmes por Fusión | | 0.1 |
| Splitters | 1:8 | 10.2 |
| | 1:16 | 14.1 |
| Fibra longitud de onda | 1310nm | 0.4 dB/km |
| Margen de Guarda | | 3 |

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

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

$$A_t = A_f + L_c + A_e + A_{SPL1} + A_{SPL2} + M_s \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

A_f : Atenuación de la fibra

L_c : Perdidas por cable

A_e : Atenuación de empalme

A_{SPL1} : Atenuación splitter primario

A_{SPL2} : Atenuación splitter secundario

M_s : Margen de seguridad

A_t : Atenuación total

2.7.1 Calculo del usuario más cercano

Partiendo del modelo masivos/casas establecido por la normativa de CNT, se dispuso un total de 6 conectores, 5 fusiones, un splitter primario de 1:8 y un secundario de 1:16 que se utilizó en el diseño. El usuario más cercano se encuentra en la zona 1, a una distancia de 0.01 km de la OLT.

$$At(max) = \left(0.1 \text{ km} * \frac{0.35\text{dB}}{\text{km}}\right) + (6 * 0.2\text{dB}) + (5 * 0.1\text{dB}) + 10.2 \text{ dB} + 14.1 \text{ dB} + 3\text{dB}$$
$$At(max) = 29.035 \text{ dB}$$

2.7.2 Calculo del usuario más lejano

El usuario más lejano se encuentra en la zona 4, a una distancia de 1.64 km de la OLT.

$$At(max) = \left(1.64 \text{ km} * \frac{0.35\text{dB}}{\text{km}}\right) + (6 * 0.2\text{dB}) + (5 * 0.1\text{dB}) + 10.2 \text{ dB} + 14.1 \text{ dB} + 3\text{dB}$$
$$At(max) = 29.574 \text{ dB}$$

2.8 Balance óptico de potencia

El Balance óptico de potencias permite evitar fallos en la transmisión de la señal, según la recomendación ITU-T G.987.2, la sensibilidad del receptor de clase N2 es de -28 dBm, además la potencia del transmisor oscila entre +4 dBm a +8 dBm, para el cálculo se utilizará la Ecuación 4:

$$P_{Rx} \leq P_{Tx} - \alpha_{TOTAL} - M_X \quad \text{Ecuación 4}$$

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_X : Margen de Guarda

2.8.2 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.

$$\begin{aligned} -28dBm &\leq 5dBm - 29.035 dB - 3 dB \\ \mathbf{-28dBm &\leq -27.035 dBm} \end{aligned}$$

2.8.1 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.

$$\begin{aligned} -28dBm &\leq 5dBm - 29.574 dB - 3dB \\ \mathbf{-28dBm &\leq -27.574 dBm} \end{aligned}$$

Las pérdidas totales de atenuación percibidas en la ONT fueron de 29.574 dB y 29.035 dB para el usuario más cercano y más lejano respectivamente, además percibe una potencia de -27.035 dBm y -27.574 dBm para ambos casos, cumpliendo lo establecido en las especificaciones de la clase N2.

CAPITULO III

3. GESTIÓN DEL PROYECTO

3.1 Simulación de la red XGPON

El diseño de la red XGPON para proveer servicios Triple Play se realizó a través de una simulación en el software OptySistem versión 19, mediante la configuración de varios parámetros técnicos se pudo evaluar el desempeño de la red y comprobar los resultados teóricos del balance de potencia obtenidos en el capítulo anterior, estimando la potencia, el factor de calidad y el BER en la señal receptada por el usuario más cercano y lejano.

3.1.1 *Optysistem*

La red XGPON está conformada por de tres secciones:: la OLT, la ODN y la ONU (Unidad de Red Óptica), en el ANEXO E, se detalla la simulación completa de la red.

3.1.1.1 *Descripción de la OLT*

La OLT está conformada de dos subsistemas, el primero corresponde a la transmisión de datos en sentido descendente hacia la ONT, y el segundo a la recepción de datos en sentido ascendente es decir de la ONT a la OLT. El subsistema de trasmisión óptico WDM en sentido descendente se divide en 2 subsistemas adicionales, que comprende al transmisor de voz/datos y video, a causa de que trabajan a distintas longitudes de onda, el servicio de voz/datos funciona a 1577 nm mientras que el servicio de video a 1550 nm. La longitud de trabajo del subsistema de recepción ascendente es de 1270nm, por lo que se realizó configuraciones al software ora que el transmisor pueda enviar información según lo establecido en el estándar ITU-T G.987.X es decir 10 Gbps.

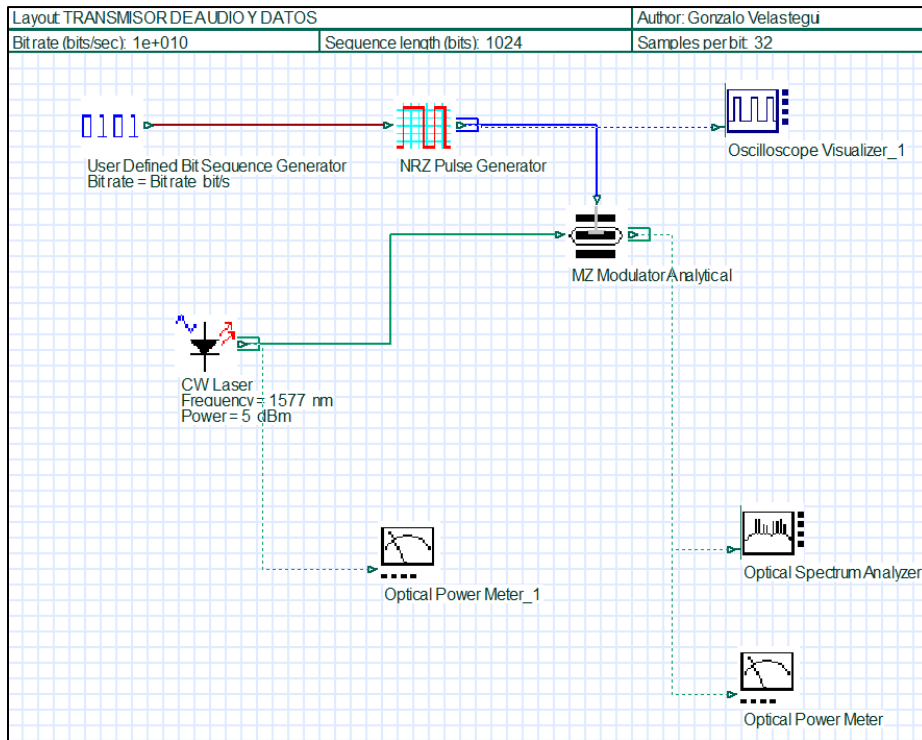


Figura 1-3. OLT (Transmisor de Audio y Datos)

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

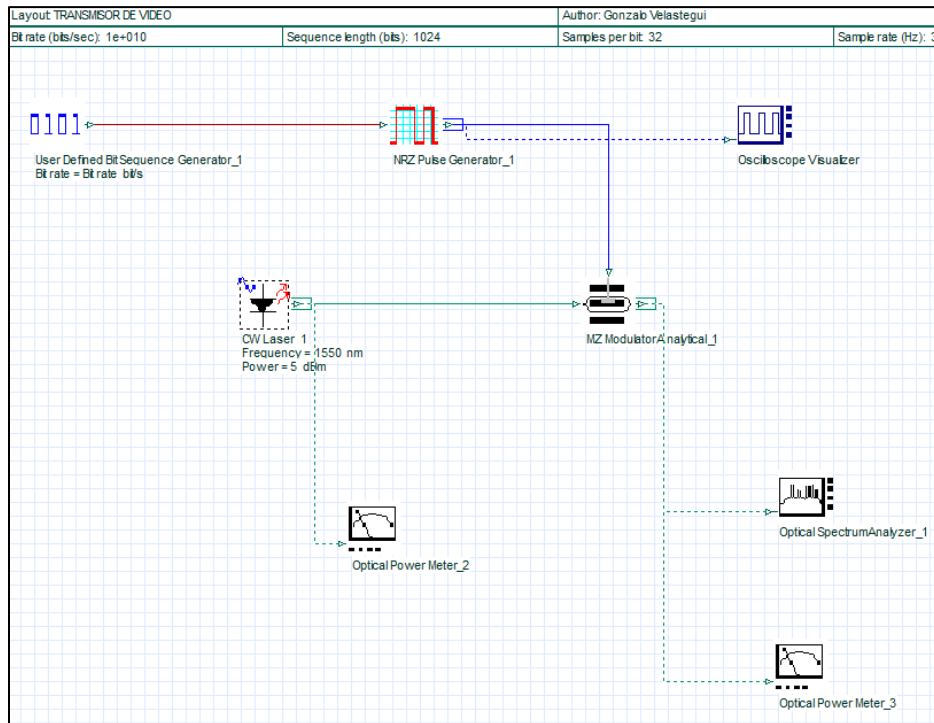


Figura 2-3. OLT (Transmisor de Video)

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

El receptor de la OLT está compuesto por un receptor óptico, capaz de convertir la señal óptica a eléctrica, luego pasa a un filtro Butterworth que elimina el ruido generado por el transmisor, deja pasar la señal de upstream a una longitud de onda de 1270 nm y almacena los datos conforme llegan a la OLT, por último, se colocó un generador de señales, un analizador BER y un analizador de diagrama de ojo para visualizar los datos recibidos.

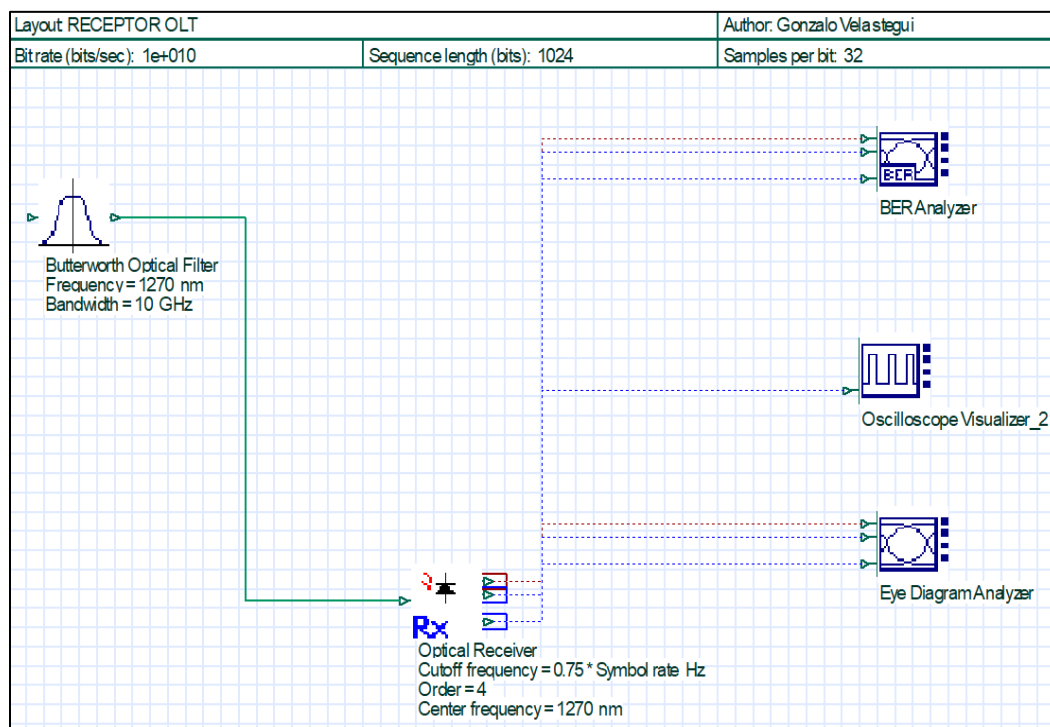


Figura 3-3. Receptor OLT

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

3.1.1.2 Descripción de la ODN

La ODN está formada por todos los elementos pasivos que están en medio de la comunicación de la red FTTH, como se observa en la Figura 4-3. Esta red está dividida en tres redes que son: la feeder, de distribución y dispersión, siendo la fibra óptica el medio de comunicación.

Se efectuó dos niveles de splitteo, el primer nivel, un splitter de 1:8 con atenuación de 10.2 dB y el segundo nivel, de 1:16 con atenuación de 14.1 dB.

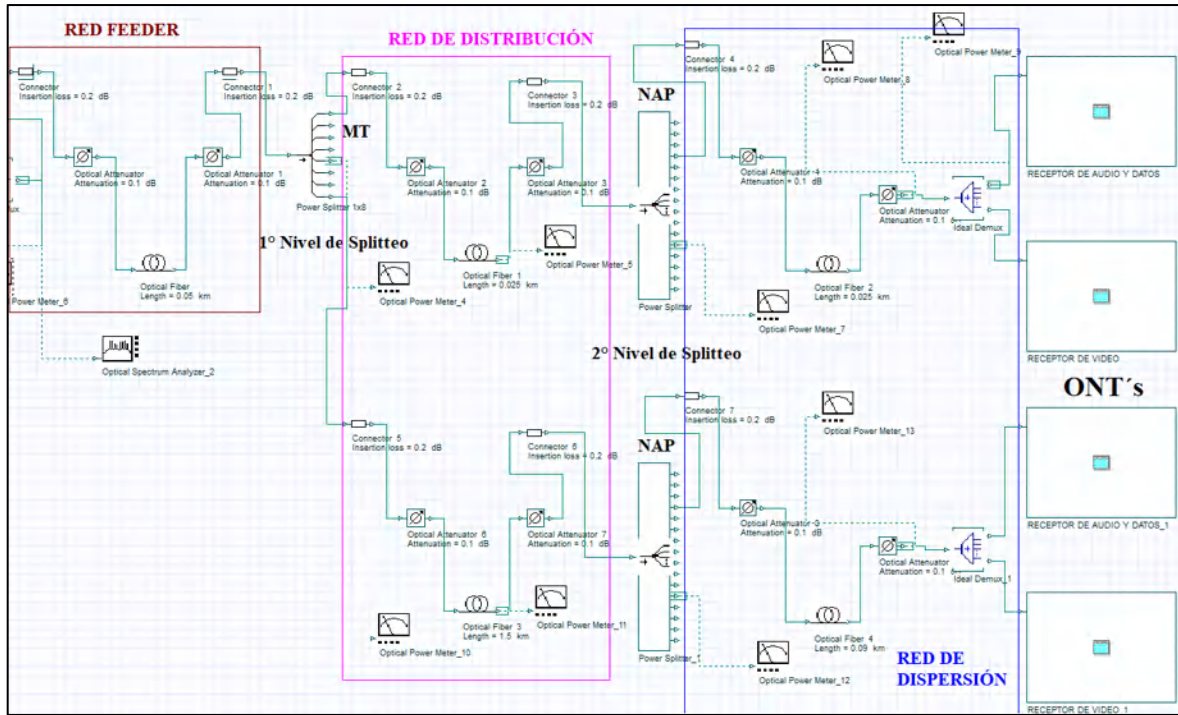


Figura 4-3. ODN (Red de distribución óptica)

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

3.1.1.3 Descripción de la ONU/ONT

La ONT consta de dos subsistemas, el primero corresponde a la recepción de datos en sentido descendente es decir desde la OLT, y el segundo para la transmisión de datos en sentido ascendente es decir hacia la OLT.

El subsistema de recepción óptico WDM descendente, está dividido en 2 subsistemas correspondiente al receptor de voz/datos y video, que trabajan a una longitud de onda distinta

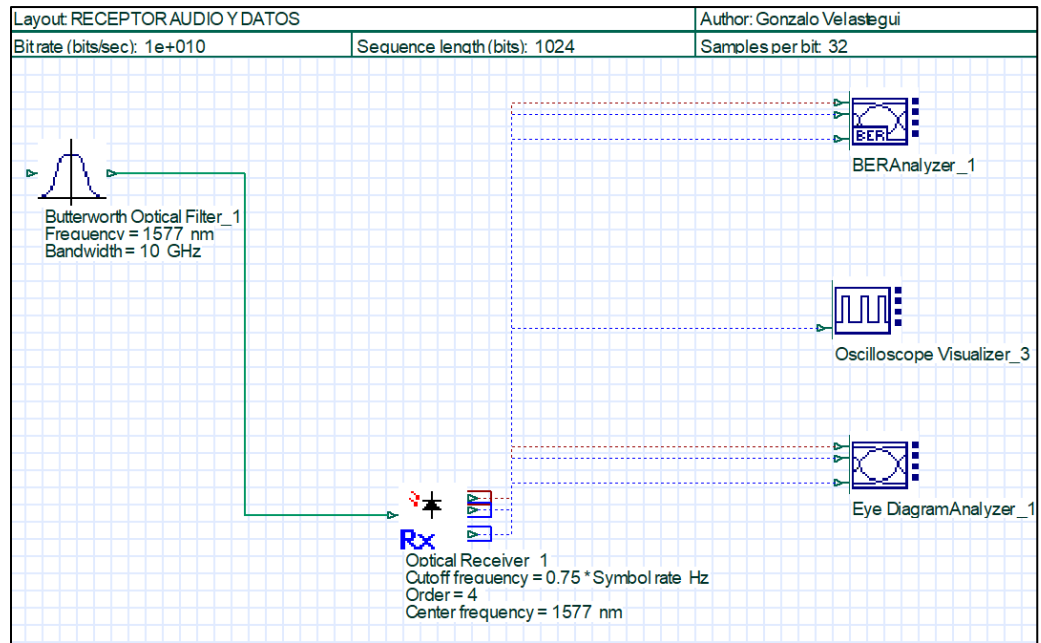


Figura 5-3. Recepción ONU (Audio y Datos)

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

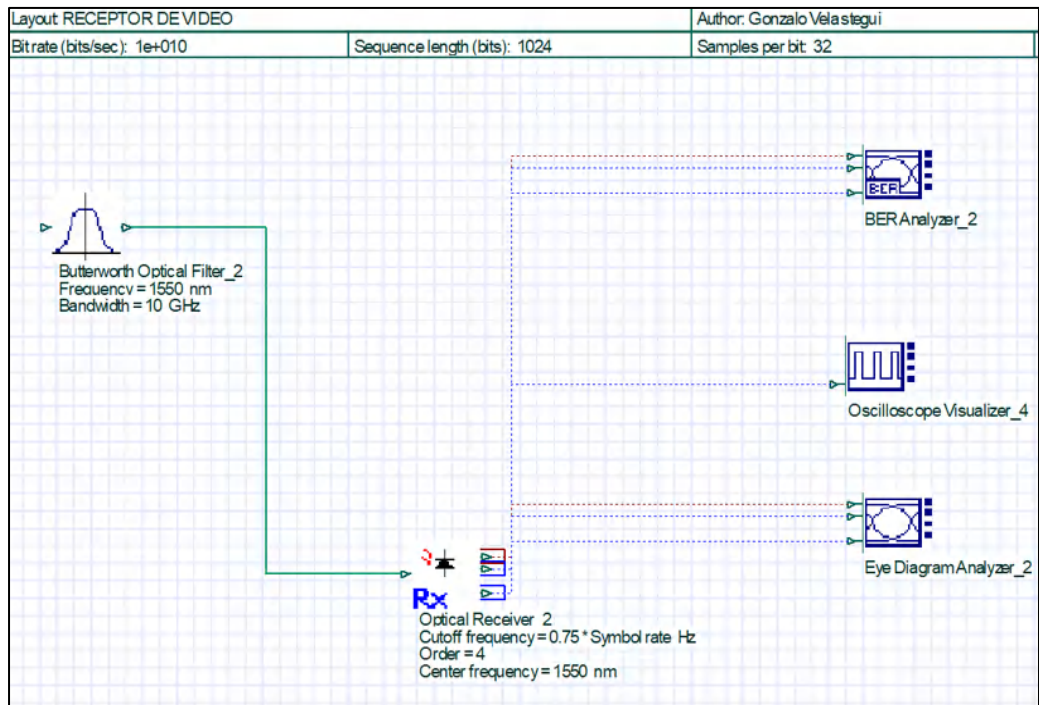


Figura 6-3. Recepción ONU (Video)

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

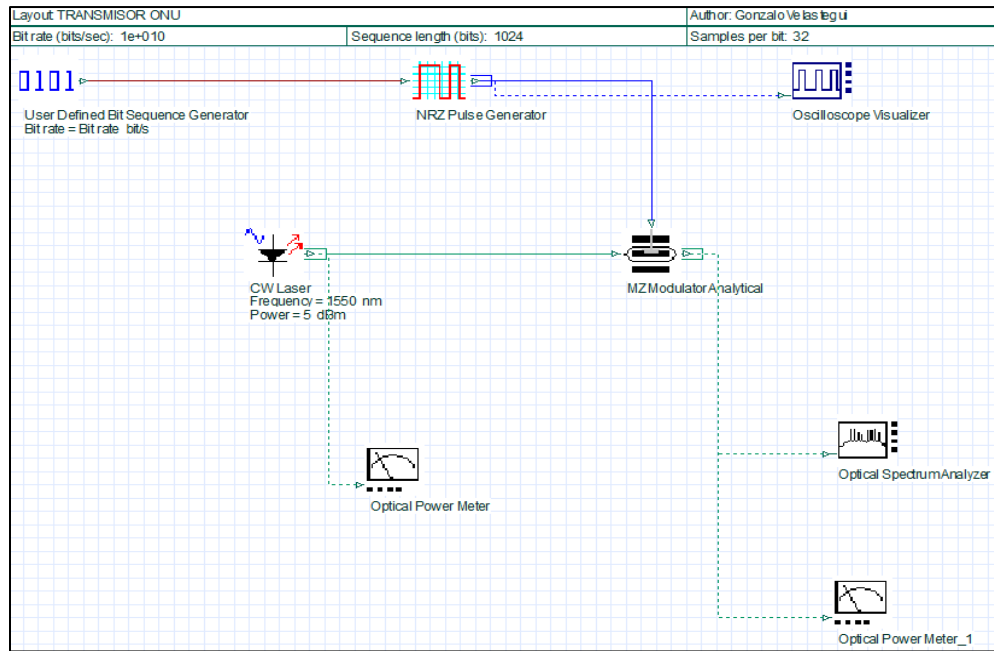


Figura 7-3. Transmisor ONU

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

3.1.2 Diseño de la red FTTx para la zona urbana del Cantón Chambo

3.1.2.1 Diseño de la red feeder

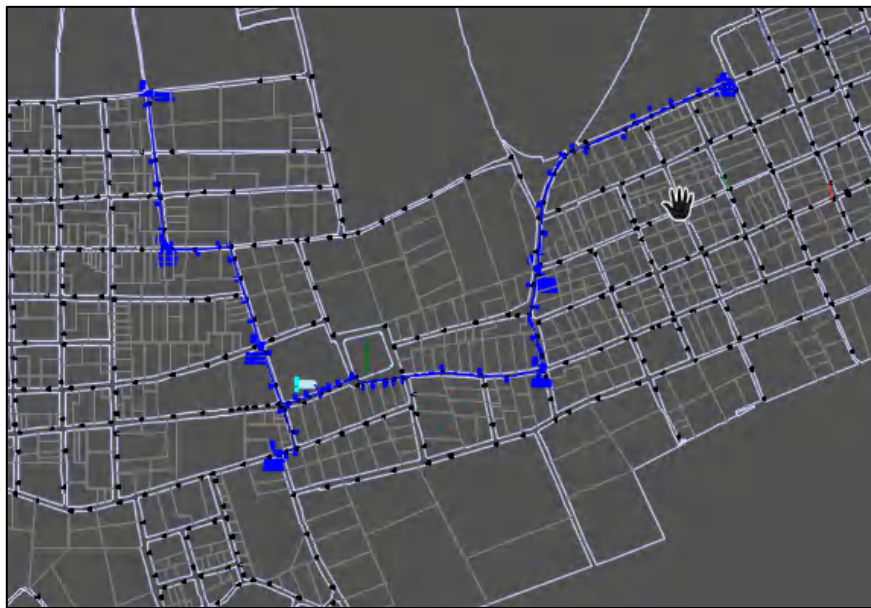


Figura 8-3. Diseño de la red Feeder

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

3.1.2.2 Diseño de la red de distribución

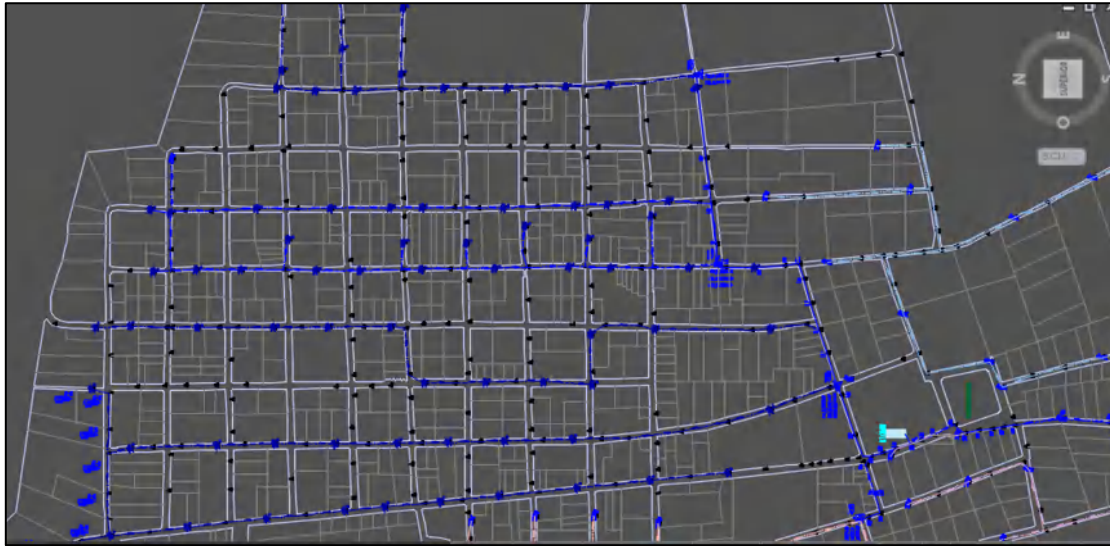


Figura 9-3. Diseño de la red de distribución

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

3.1.2.3 Diseño de la red de dispersión

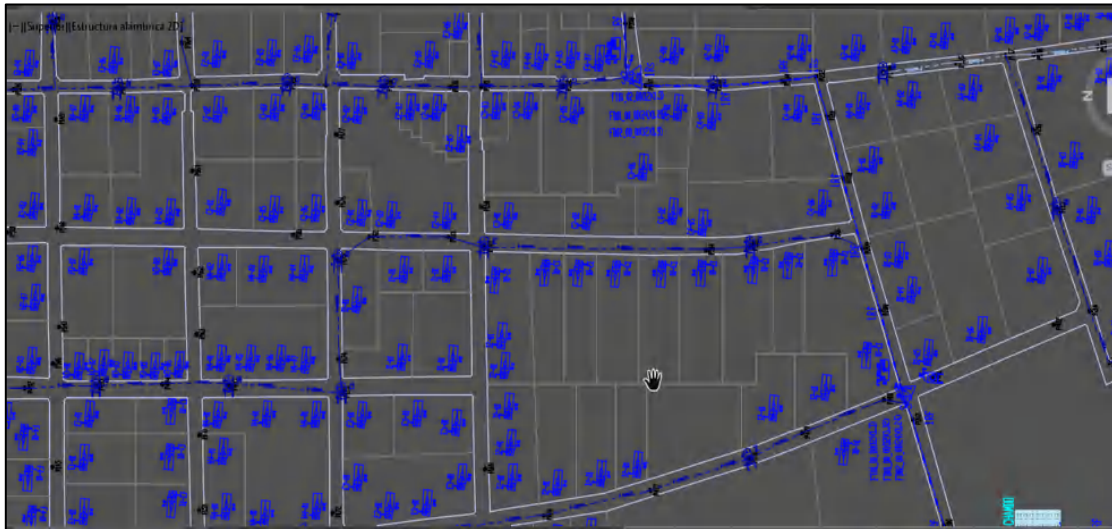


Figura 10-3. Diseño de la red de dispersión

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

3.2 Evaluación de resultados

Para evaluar los diferentes parámetros de calidad en la red diseñada, se utilizan algunas herramientas del software; el medidor de potencia (Optical Power Meter) para verificar la potencia de llegada a la ONT desde la OLT, el analizador de BER (BER Analyzer) y el diagrama de ojo, para visualizar la calidad del enlace del usuario más lejano y cercano.

3.2.1 Potencia

A continuación, se muestran los resultados de la potencia a la salida del transmisor (OLT), potencia de recepción de la ONT tanto para el usuario más cercano y más lejano de la urbe del cantón Chambo.

3.2.1.1 Potencia a la salida de la OLT

La Figura 11-3 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.



Figura 11-3. Potencia a la salida de la OLT

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

3.2.1.2 Potencia recibida por la ONT del usuario más cercano

Como se puede apreciar en la Figura 12-3, la potencia final recibida en la ONU del usuario más cercano tiene un valor de -27.267 dBm, comparado con el valor teórico calculado anteriormente de -27.035 dBm existe un margen de -0.232 dBm entre los valores obtenidos, concluyendo que la potencia es óptima para brindar un servicio de calidad, este se encuentra por debajo del valor de sensibilidad de potencia que es de -28 dBm, recomendado por la ITU-T G.987.2.



Figura 12-3. Potencia recibida por la ONU

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

3.2.1.3 Potencia recibida por la ONT del usuario más lejano

Como se puede apreciar en la Figura 12-3, la potencia final recibida en la ONU del usuario más lejano tiene un valor de -27.575 dBm, comparado con el valor teórico calculado anteriormente de -27.574 dBm existe un margen de -0.001 dBm entre los valores obtenidos, concluyendo que la potencia es óptima para brindar un servicio de calidad, este se encuentra por debajo del valor de sensibilidad de potencia que es de -28 dBm, recomendado por la ITU-T G.987.2.



Figura 13-3. Potencia recibida por la ONU

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

3.2.2 Factor Q y BER (Bit error ratio)

El factor de calidad Q y el BER muestran en graficas el comportamiento del enlace al exponerse a factores atenuantes en la calidad de la señal como la dispersión y efectos no lineales que afectan directamente la comunicación por fibra óptica.

Según el estándar ITU G.987.2, el factor de calidad mínimo de la red debe ser igual o mayor a 6, el BER debe ser menor a 1×10^{-10} para audio/datos y 1×10^{-12} para video.

3.2.2.1 Usuario más cercano

En las Figura 14-3 y 15-3, se observa el factor de calidad Q para el usuario más cercano, con una transmisión de audio y datos de 17,37 y de video de 18,49.

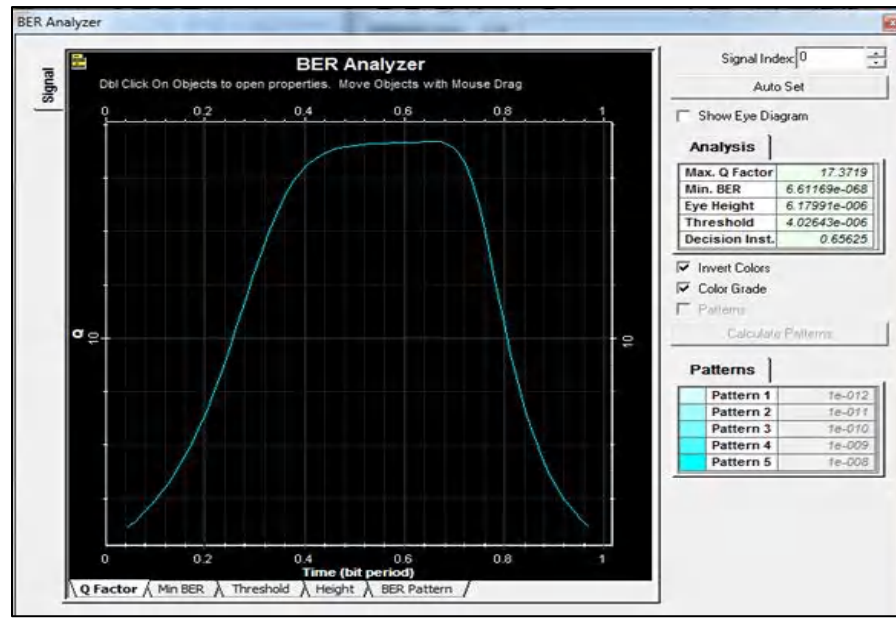


Figura 14-3. Factor Q-usuario más cercano (Audio y Datos)

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

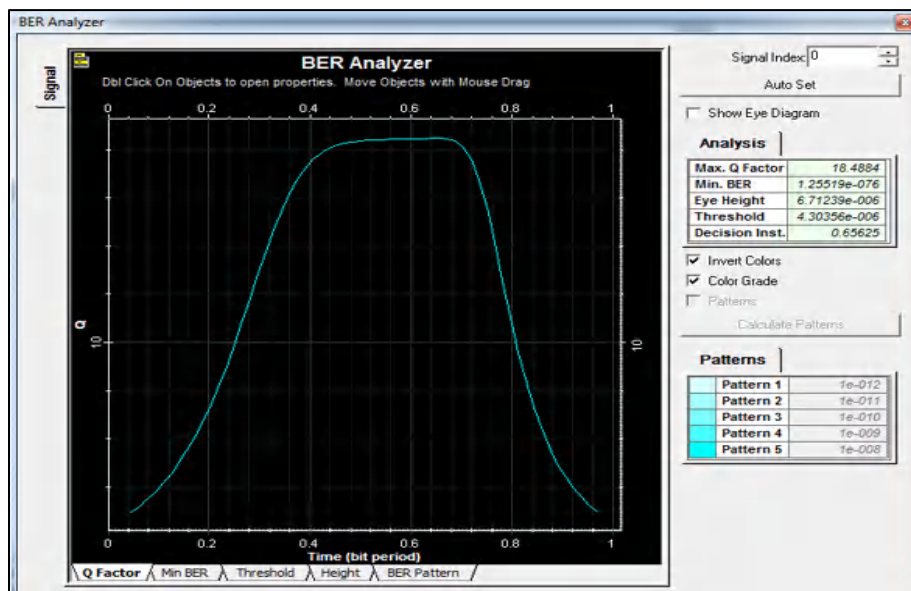


Figura 15-3. Factor Q-usuario más cercano (Video)

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

En las Figura 16-3 y 17-3, se observa una tasa mínima de BER para el usuario más cercano, con una transmisión de audio y datos de $6,611 \times 10^{-68}$ y de video de $1,255 \times 10^{-76}$.

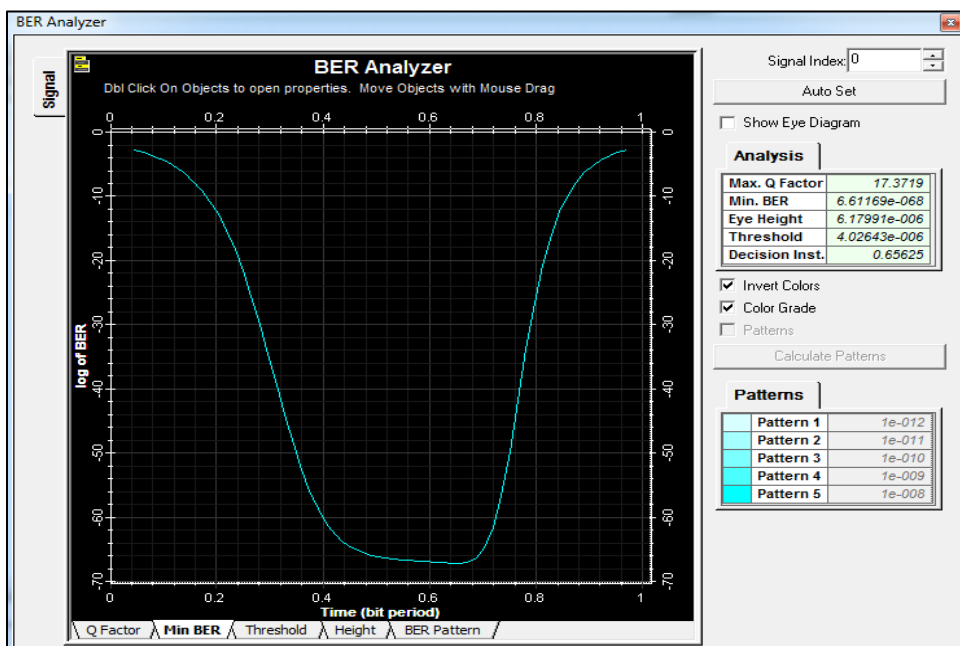


Figura 16-3. Min BER-usuario más cercano (Audio y Datos)

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

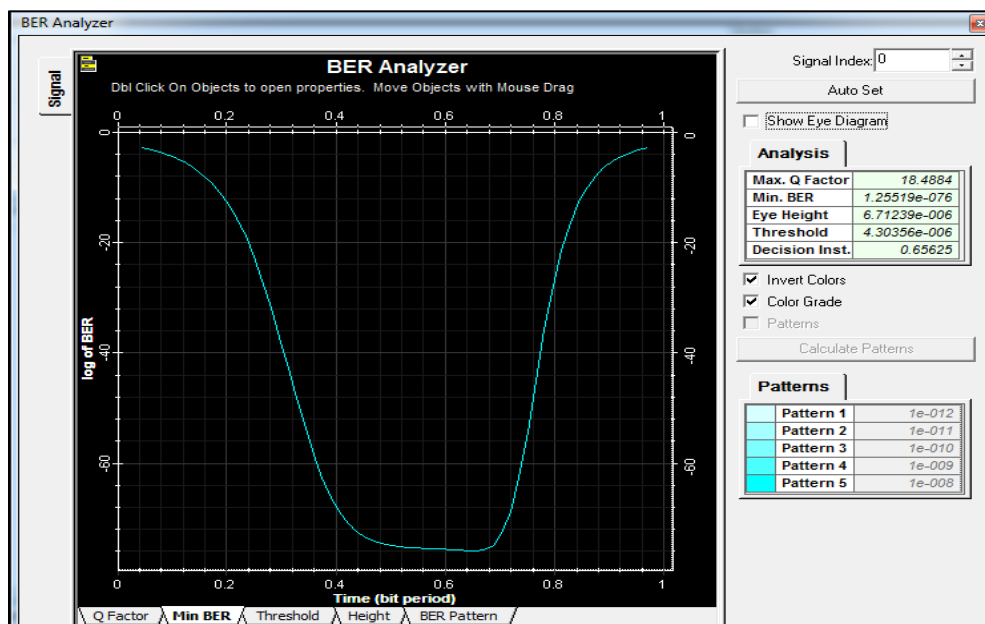


Figura 17-3. Min BER-usuario más cercano (Video)

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

3.2.2.2 Usuario más lejano

En las Figura 18-3 y 19-3, se observa el factor de calidad Q para el usuario más lejano, con una transmisión de audio y datos de 15,27 y de video de 16,27.

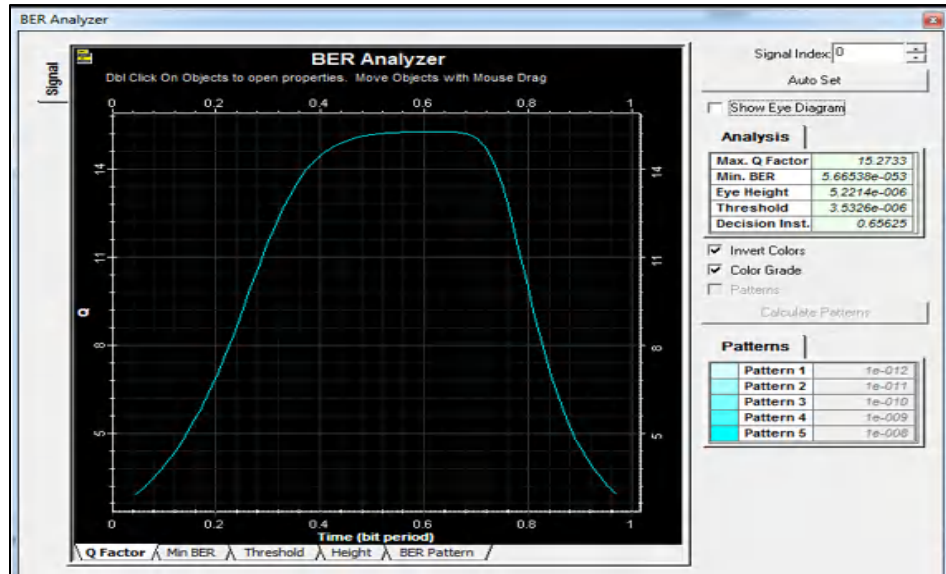


Figura 18-3. Factor Q-usuario más lejano (Audio y Datos)

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

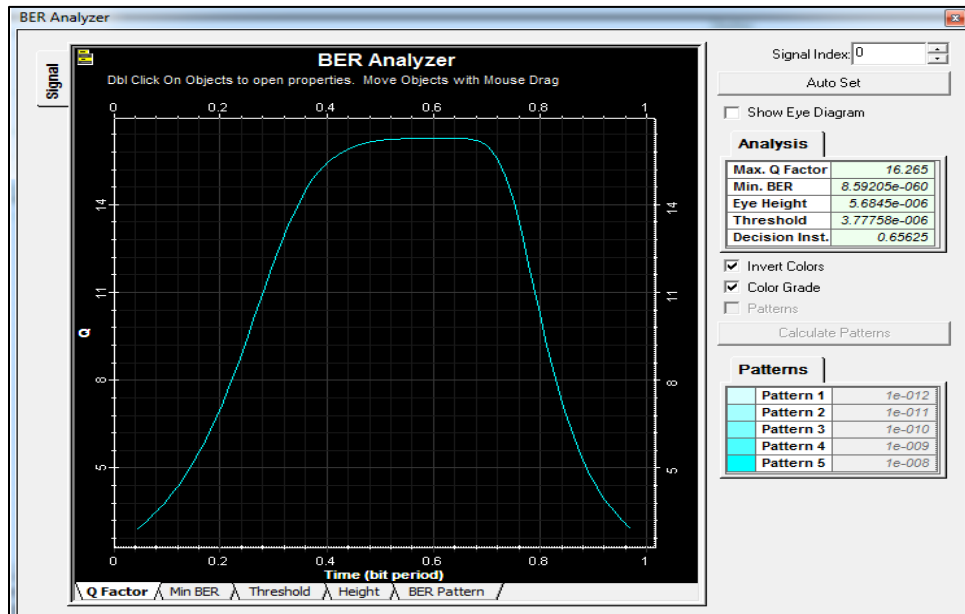


Figura 19-3. Factor Q-usuario más lejano (Video)

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

En las Figura 16-3 y 17-3, se observa una tasa mínima de BER para el usuario más lejano, con una transmisión de audio y datos de $5,665 \times 10^{-53}$ y de video de $8,592 \times 10^{-60}$.

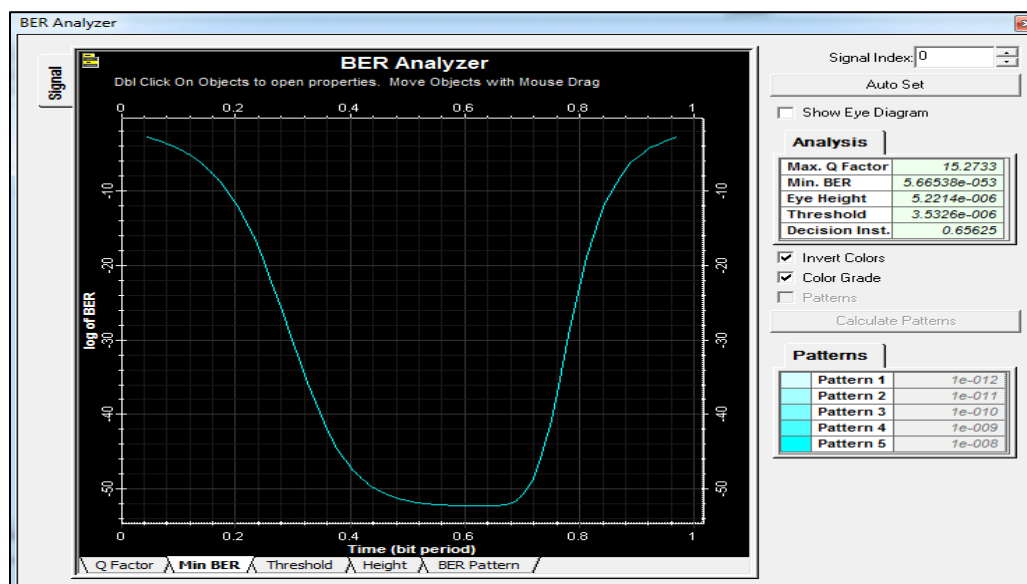


Figura 20-3. Min BER-usuario más lejano (Audio y Datos)

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

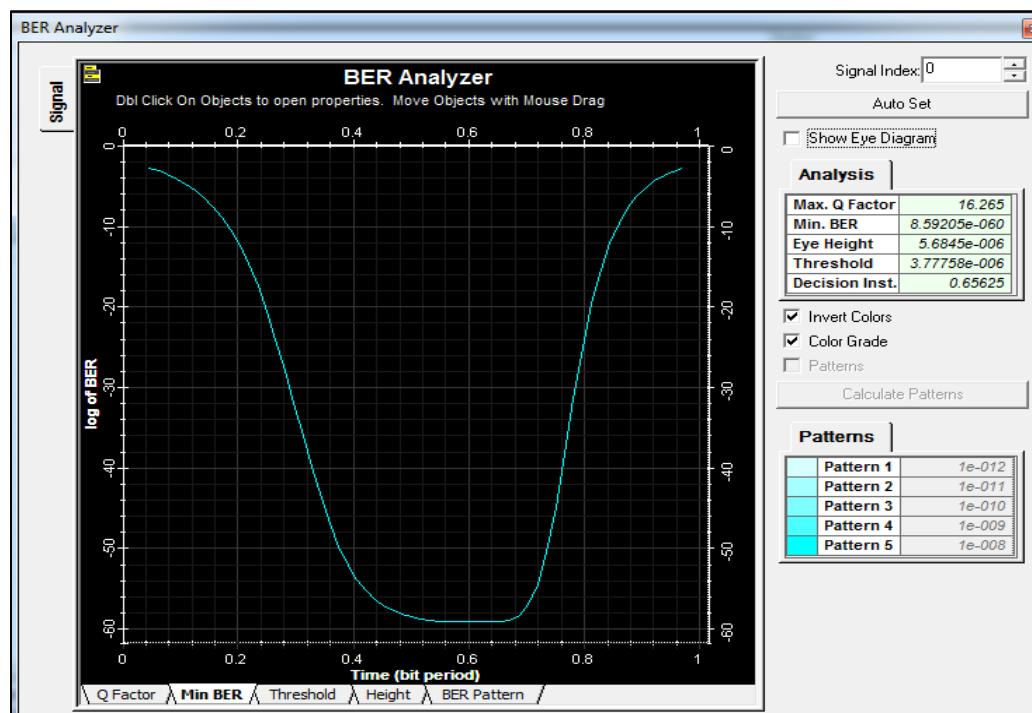


Figura 20-3. Min BER-usuario más lejano (Audio y Datos)

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

3.2.3 Diagrama de ojo

El diagrama de ojo es un indicador común de la calidad de las señales en transmisiones digitales de alta velocidad, mediante la observación de los pulsos de tipo NRZ, estos se propagan mediante la fibra óptica, en donde el eje X representa el tiempo en que se produce la apertura y cierre del ojo mientras que el eje Y es el nivel de amplitud de la señal, produciendo así lo que se denomina como Bit Period que muestra que entre menor sea la apertura del ojo más deficiente será el desempeño del sistema a causa de la existencia de jitter.

3.2.3.1 Usuario más cercano

La Figura 21-3, indica el diagrama de ojo del receptor más cercano para Audio y Datos, con un factor Q máximo del sistema es de 17,37, donde el mínimo BER que posee es de $6,611 \times 10^{-68}$ por lo cual se espera 6 bits erróneos por cada 1×10^{-68} bits transmitidos y la altura del ojo es de $6,179 \times 10^{-6}$ lo que constata que los bits se están transmitiendo sin ninguna interferencia.

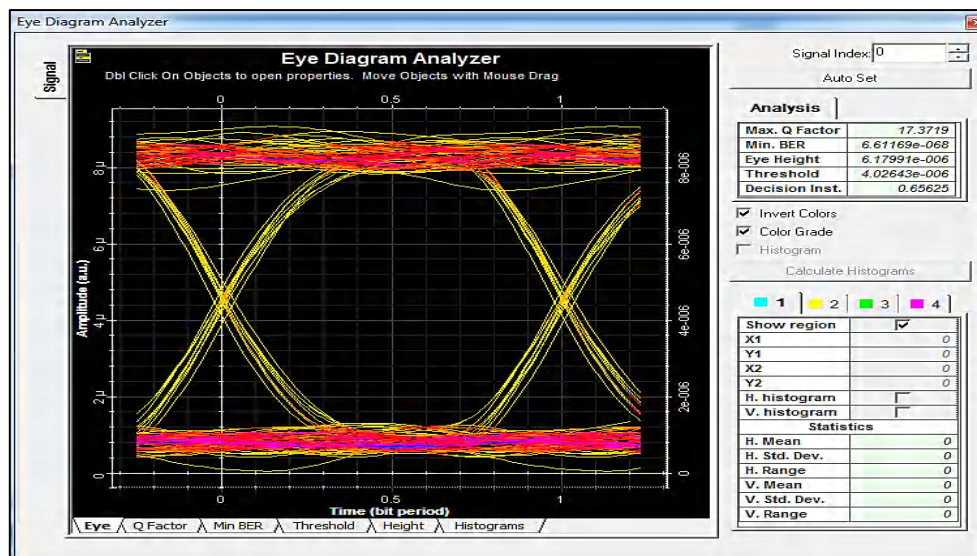


Figura 21-3. Diagrama de ojo del usuario más cercano (Audio y Datos)

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

La Figura 22-3, indica el diagrama de ojo del receptor más cercano para Video, con un factor Q máximo del sistema es de 18,49, donde el mínimo BER que posee es de $1,255 \times 10^{-76}$ por lo cual se espera 1 bits erróneo por cada 1×10^{-76} bits transmitidos y la altura del ojo es de $6,712 \times 10^{-6}$ lo que constata que los bits se están transmitiendo sin ninguna interferencia.

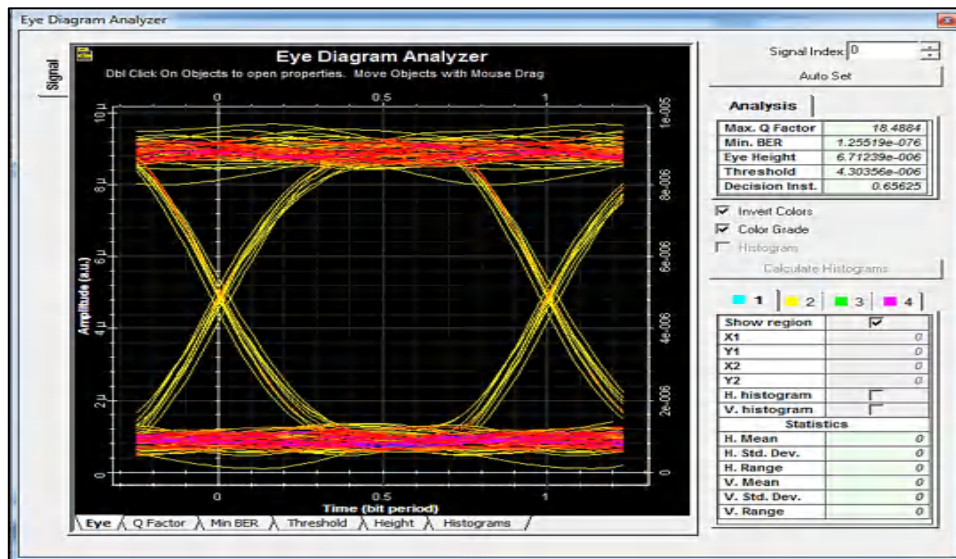


Figura 22-3. Diagrama de ojo del usuario más cercano (Video)

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

3.2.3.2 Usuario más lejano

La Figura 23-3, indica el diagrama de ojo del receptor más lejano para Audio y Datos, con un factor Q máximo del sistema es de 15,27, donde el mínimo BER que posee es de $5,665 \times 10^{-53}$ por lo cual se espera 5 bits erróneos por cada 1×10^{-53} bits transmitidos y la altura del ojo es de $5,221 \times 10^{-6}$ lo que constata que los bits se están transmitiendo sin ninguna interferencia.

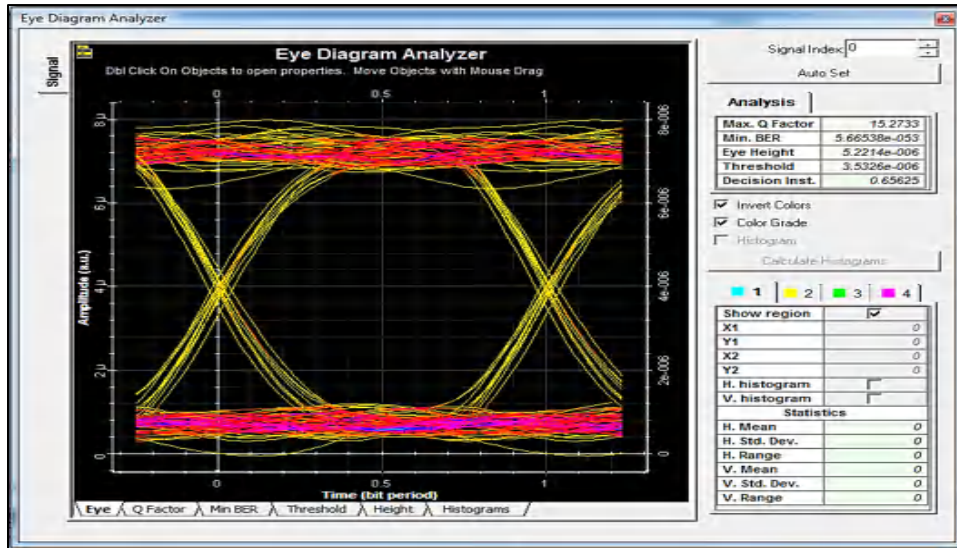


Figura 23-3. Diagrama de ojo del usuario más lejano (Audio y Datos)

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

La Figura 24-3, indica el diagrama de ojo del receptor más lejano para Video, con un factor Q máximo del sistema es de 16,27, donde el mínimo BER que posee es de $8,592 \times 10^{-60}$ por lo cual se espera 8 bits erróneos por cada 1×10^{-60} bits transmitidos y la altura del ojo es de $5,684 \times 10^{-6}$ lo que constata que los bits se están transmitiendo sin ninguna interferencia.

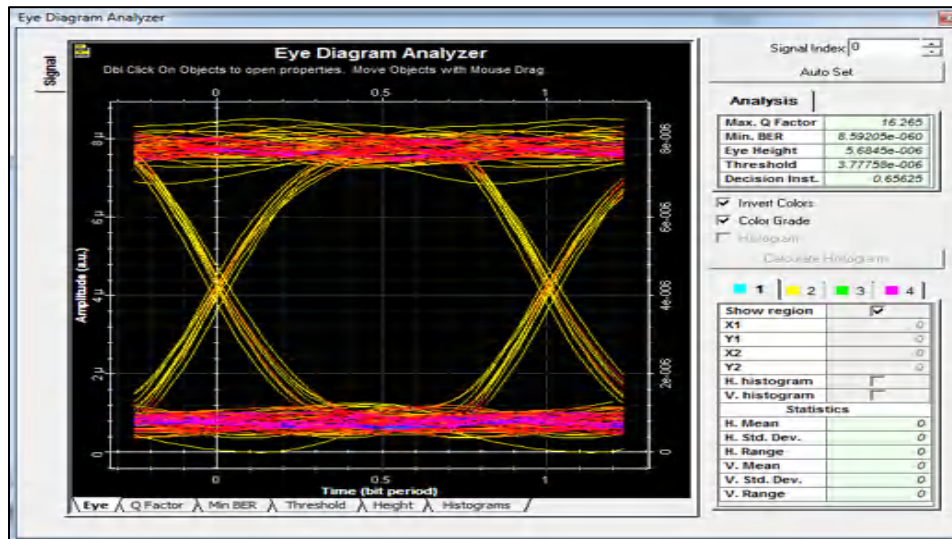


Figura 24-3. Diagrama de ojo del usuario más lejano (Video)

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

3.3 Material proyectado a utilizar

Dentro del material utilizado para el diseño de la red XGPON resaltan los cables de fibra para la red Feeder, utilizando el cable tipo ADSS con recomendación G.652D de 96 hilos, para la red de distribución se utilizó el mismo cable, pero de 48 hilos y para la de red dispersión se empleó el cable tipo ADSS con recomendación G.657A1 de 2 hilos, también se empleó mangas porta splitters, NAPs y rosetas ópticas utilizadas para cada zona.

3.3.1 Zona 1

La Tabla 1-3 describe el número total de mangas porta splitter, NAPs y rosetas ópticas utilizadas en la distribución del tramo de la red XGPON que pertenece a la zona 1.

Tabla 1-3: Cantidad del material usado en la zona 1

| MANGAS PORTA SPLITTERS | TOTAL DE NAPS | TOTAL DE ROSETAS ÓPTICAS |
|------------------------|---------------|--------------------------|
| MT01 | 35 | 226 |
| MT02 | 29 | 197 |
| MT03 | 13 | 73 |

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

3.3.2 Zona 2

La Tabla 2-3 describe el número total de mangas porta splitter, NAPs y rosetas ópticas utilizadas en la distribución del tramo de la red XGPON que pertenece a la zona 2.

Tabla 2-3: Cantidad del material usado en la zona 2

| MANGAS PORTA SPLITTER | TOTAL DE NAPS | TOTAL DE ROSETAS ÓPTICAS |
|-----------------------|---------------|--------------------------|
| MT04 | 36 | 214 |

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

3.3.3 Zona 3

La Tabla 3-3 describe el número total de mangas porta splitter, NAPs y rosetas ópticas utilizadas en la distribución del tramo de la red XGPON que pertenece a la zona 3.

Tabla 3-3: Cantidad del material usado en la zona 3

| MANGAS PORTA SPLITTER | TOTAL DE NAPS | TOTAL DE ROSETAS ÓPTICAS |
|-----------------------|---------------|--------------------------|
| MT05 | 26 | 156 |

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022

3.3.4 Zona 4

La Tabla 4-3 describe el número total de mangas porta splitter, NAPs y rosetas ópticas utilizadas en la distribución del tramo de la red XGPON que pertenece a la zona 4.

Tabla 4-3: Cantidad del material usado en la zona 4

| MANGAS PORTA SPLITTERS | TOTAL DE NAPS | TOTAL DE ROSETAS ÓPTICAS |
|------------------------|---------------|--------------------------|
| MT06 | 42 | 281 |
| MT07 | 23 | 91 |

Realizado por: Velastegui, Gonzalo, 2022.

CONCLUSIONES

- El escenario de estudio donde se desarrolló este trabajo de titulación fue la zona urbana del cantón Chambo, delimitada bajo sus condiciones geográficas y demográficas, para su análisis fue preciso dividir a la urbe en cuatro zonas, así se realizó la distribución de los diferentes componentes que integran a la red XGPON para brindar servicios Triple Play a los moradores del cantón.
- Se realizó un estudio de la normativa que sustenta el estándar ITU-T G987.X, tomando las características más importantes y relevantes para la construcción y diseño de la red XGPON; provee velocidades de conexión de 10 Gbps en Downlink y 2.5 Gbps en Uplink, hasta para 128 usuarios concurrentes, un rango de sensibilidad de potencia en el receptor inferior a los (-28dBm), generando una alta disponibilidad de ancho de banda para los servicios de transmisión de información como, IP-TV, aplicaciones en internet, etc.
- Bajo el estándar ITU G987.X se diseñó la red XGPON con una arquitectura FTTx, gracias a la tecnología FTTH se garantiza que la llegue fibra óptica hasta el domicilio del usuario, garantizando un mayor ancho de banda y una gran velocidad para los diferentes servicios que se forman parte del Triple Play; telefonía, internet y televisión por pago.
- Mediante la simulación realizada en el software OptiSystem versión 19.0, se analizó 4 parámetros que verifican la calidad de transmisión de la red, para la potencia los valores variaron con los calculados de manera teórica en un rango de -0.01 dBm a -0.12 dBm debido a que el software preconfigura ciertos valores de atenuación, en cuanto a los resultados del Factor Q, BER, y diagrama de ojo cumplen de manera óptima con lo establecido por el estándar.
- La ventaja más significativa entre el estándar ITU-T G987.X y el ITU-T G984.X es el aumento en la velocidad de transmisión, de tener valores para Downlink de 2.488 Gbps y 1.244 Gbps para Uplink hasta alcanzar velocidades de Gbps en Downlink y 2.5 Gbps en Uplink proporcionando una excelente ruta de actualización para proveedores de servicios y clientes.

RECOMENDACIONES

- Antes de llevar a cabo con el diseño lógico y físico de la red, se debe indagar información de fuentes fidedignas sobre la densidad poblacional y el número de viviendas del sector de estudio al que se aspira brindar el servicio triple play, con la finalidad de conocer las necesidades de los usuarios del sector.
- En la implementación de la red FTTH es necesario tener en cuenta los manuales o datashets técnicos de los equipos activos y pasivos, además de tener precaución al momento de manipular la fibra óptica en la instalación aérea, porque puede existir curvas abruptas en el trayecto del enlace lo que puede ocasionar fallas al servicio.
- Es recomendable el uso de conectores SC con pulido APC para que existe una compatibilidad entre todos los materiales ya que en el estándar GPON se utiliza solo de este tipo de conectores con su respectivo pulido.
- Se recomienda en la red Feeder y de distribución la organización y señalización de los cables en toda la trayectoria 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.

BIBLIOGRAFÍA

- AÑAZCO, C.** Diseño Básico de Redes de Acceso FTTH utilizando el Estándar GPON [en línea] (Maestría). Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 2013. [Consulta: 14 de marzo 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/2NoMv9T>
- CARRERA FLORES, A.K.** Diseño de una red de planta externa FTTH con tecnología GPON para la población de Barreiro Nuevo, de la ciudad de Babahoyo, provincia de Los Ríos [en línea] (Maestría). Póntifica Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. 2016. [Consulta: 22 de marzo 2022]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/13130>
- CASAGRANDE CAMPOVERDE, E.J.** Análisis de la Productividad Turística en el cantón General Villamil Playas [en línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 2014. [Consulta: 05 de enero 2022]. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/2040/1/T-UCSG-PRE-ESP-IAV-31.pdf>
- CEREZEDO NUÑEZ, H., SANCHEZ MARTÍNEZ, A. y PADILLA SOSA, P.** "Revisión y análisis experimental de modos LP nm en fibras ópticas" [en línea]. *Revista Mexicana De Física*, , 2009, vol. 55, no. 1, pp. 15-20. [Consulta: 13 de diciembre 2021]. ISSN 1010-382. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/262540630_Revision_y_analisis_experimental_d_e_modos_LP_nm_en_fibras_opticas/fulltext/03a311bf0cf20bec3b6f2968/Revision-y-analisis-experimental-de-modos-LP-nm-en-fibras-opticas.pdf
- CHALÉN, J., CORNEJO, C., EDISON, M. y ROSARIO, D.** Análisis y Diseño de una red de Fibra Óptica FTTH para brindar servicios triple play en el Sector Santiago Roldós Parroquia Ximena de la Ciudad de Guayaquil [en línea] (Trabajo de Titulación). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. 2015. [Consulta: 15 de diciembre 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31299>
- CONDE ZHINGRE, L.E., QUEZADA SARMIENTO, P.A. y LABANDA JARAMILLO, M.L.** "Interconexión mediante tecnología GPON en una ciudad Inteligente: Caso de estudio Ciudad de Loja (Ecuador)" [en línea]. *Espacios*, 2018, vol. 39, no. 3. [Consulta: 13 de octubre 2021] ISSN 07981015. Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/a18v39n03/a18v39n03p12.pdf>
- CRUZ NAULA, N.E.** Diseño de una red FTTH 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: 05 de mayo 2022]. Disponible en: <http://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/11020/1/98T00243.pdf>

- EDWARD, J. y FORREST, J.** *Fiber Optic Precision Cleaning* [blog]. 2017. [Consulta: 23 de febrero 2022]. Disponible en: <https://www.solutionsfttx.com/single-post/2018/03/16/tipos-de-pulidos-en-fibra-óptica-pc-upc-y-apc>
- FURUKAWA ELECTRIC.** *Redes FTTx* [blog]. 2018. [Consulta: 17 de febrero 2022]. Disponible en: https://www.furukawatam.com/portal/page?_pageid=813,1&_dad=portal&_sche
- INEC.** *Población y Demografía* [blog]. 2010. [Consulta: 17 de abril 2022]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- ITU-T RECOMENDATION, 987.1.** *10-Gigabit-capable passive optical network (XG-PON) systems: Definitions, abbreviations and acronyms. ITU-T Recommendation G.987*
- LÓPEZ, A.** *Todo sobre el cableado de fibra óptica: tipos de fibras, conectores y mas* [blog]. 2022. [Consulta: 09 de febrero 2022]. Disponible en: <https://www.redeszone.net/tutoriales/redes-cable/cableado-fibra-optica-caracteristicas-tipos-conectores/>
- MACHUCA PÉREZ, C.C. y GONZÁLEZ SÁNCHEZ, J.L.** Diseño de una red SDH entre Quito y Ambato para dar servicios de 2 STM-1 por medio de interfaces Gigabit Ea 1 STM-1 incluyendo a un call center en Ambato de 1 e1 internacional hacia el NAP de las Américas con metro ethernet y tecnología TDMOIP [en línea] (Trabajo de Titulación). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. 2015. [Consulta: 17 de enero 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/285753849_escuela_superior_politecnica_del_litoral_centro_de_investigacion_cientifica_y_tecnologica_diseno_de_una_red_sdh_entre_quito_y_ambato_para_dar_servicios_de_2_stm-1_por_medio_de_interfaces_gigabit_ether.
- MARTINEZ, L.** *OMNeT++* [blog]. 2015. [Consulta: 04 de marzo 2022]. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/martinez_1_ma/capitulo3.pdf.
- MGFIBERTECHNOLOGIES.** *Cable Aéreo con mensajero, Figura 8* [blog]. 2019. [Consulta: 13 de diciembre 2021]. Disponible en: <http://www.mgfibertech.com/portfolio/cable-aereo-con-mensajero-figura-8/>.
- MILLÁN, R.** *GPON, la tecnología que dejará obsoleto al «lento» ADSL* [blog]. 2008. [Consulta: 13 de diciembre 2021]. Disponible en: <http://blogtelecomunicaciones.ramonmillan.com/2008/11/gpon-la-tecnologa-que-dejar-obsoleto-al.html>.
- MILLÁN, R J.** *GPON (Gigabit Passive Optical Network)* [blog]. 2008. [Consulta: 18 de diciembre 2021]. Disponible en: <https://docplayer.es/31079391-Gpon-gigabit-passive-optical-network.html>.

- MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES Y DE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN.** "Plan Nacional de Telecomunicaciones y Tecnologías de Información del Ecuador 2016-2021". *Sector de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información* [en línea]. 2016, vol. 1, pp. 66. [Consulta: 14 de marzo 2022]. Disponible en: http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2016/08/Libro_plan_tti_REGISTRO-OFFICIAL_30_AGOSTO.pdf.
- OÑATE VALDIVIESO, F.R.** "Generación De Geoinformación Para La Gestión Del Territorio a Nivel Nacional Escala 1: 25 000". *Memoria Técnica* [en línea]. 2012, vol. 3, pp. 26. [Consulta: 08 de abril 2022]. ISSN 1098-6596. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA3/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/CHIMBORAZO/CHAMBO/IEE/MEMORIAS_TECNICAS/mt_chambo_socioeconomico.pdf
- OPTRAL.** *ADSS Cable Aéreo Holgado* [blog]. 2022. [Consulta: 18 de febrero 2022]. Disponible en: <https://optral.com/producto/adss>.
- PINTO, R.A. y CABEZAS, A.F.** *Sistemas de comunicaciones ópticas* [en línea]. Bogotá-Colombia, 2007. [Consulta: 20 de mayo 2022]. Disponible en: <http://books.google.com/books?id=zhFu4jZ1h4oC&pgis=1>
- RÍOS, A.V.. y SUÁREZ, B.D..** Diseñar e implementar una red GPON y Arquitectura FTTH aplicando los estándares ANSI/TIA/EIA-568-B.3 y TIA 598-A [en línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Estatal Península de Santa Elena, Santa Elena, Ecuador. 2020 [Consulta: 19 de abril 2022]. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/handle/46000/5360>
- SABANDO, E.** *Canton «Chambo»* [blog]. 2013. [Consulta: 08 de marzo 2022]. Disponible en: https://traae.cedia.edu.ec/Record/ESPOCH_bb0860eaa7146e937173c21011554cd8
- SÁNCHEZ, J.** Desarrollo de la red FTTH con tecnología GPON de la empresa ALFATEL para la ciudad el ángel provincia del Carchi [en línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Quito, Ecuador. 2016. [Consulta: 25 de noviembre 2021]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>
- TECNICAL.** *Fibra Óptica. Monomodo o Multimodo* [blog]. 2019. [Consulta: 13 de enero 2022]. Disponible en: <https://www.technical.cat/apunts-tecnics/cas-fibra-optica-monomodo-multimodo-apuntes-tecnics-technical-manresa-igualada.pdf>.
- TELETECHNO.** *Optical Fiber Composite Ground Wire (OPGW)* [blog]. 2022. [Consulta: 25 de noviembre 2021]. Disponible en: <https://teletechnonet.com/productos/networking/fibra-optica/optical-fiber-composite-ground-wire-opgw>.

- UIT-T.** "Serie G: Sistemas y Medios de Transmisión, Sistemas y Redes Digitales". *Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT* [en línea]. 2006, vol. 40. [Consulta: 08 de marzo 2022]. Disponible en: https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.Sup40-200611-S!!PDF-S&type=items.
- VALENCIA, A.** *Tutorial OPTISYSTEM* [blog]. 2019. [Consulta: 08 de marzo 2022]. Disponible en: https://www.academia.edu/40450408/Guía_1_OPTISYSTEM#:~:text=Tutorial
OPTISYSTEM Optisystem es un,transmisión de las modernas redes.
- VÁZQUEZ CALLE, A.G. y ELAJE ALVAREZ, P.D.** Estudio para brindar el servicio de IPTV sobre una red FTTH a la ciudad de Azogues [en línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca, Ecuador. 2018. [Consulta: 08 de marzo 2022]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16305>.
- VELASCO RIVERA, B.L.** Diseño y Simulación de una red GPON para ofrecer el servicio Triple Play en el sector de San Antonio de Ibarra para la Cnt-EP [en línea] (Trabajo de Titulación). *Escuela Politécnica Nacional*, Quito, Ecuador. 2018. [Consulta: 08 de marzo 2022]. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/2040>.
- YUVI MENDOZA, C.E.,** "Estudio de factibilidad para la creación de una operadora de ecoturismo en la ciudad de Otavalo". *Escuela Politécnica Nacional* [en línea]. 2008, vol. 3, pp. 26. [Consulta: 08 de marzo 2022]. ISBN 8484083462. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/798/1/CD-1697%282008-10-07-10-51-52%29.pdf>.
- ZEDEÑO QUESADA, L.I.** Análisis del sistema de transmisión de imágenes médicas existente en el Cardiocentro de la ciudad de Santa Clara [en línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Cuba. 2018. [Consulta: 08 de marzo 2022]. Disponible en: <https://1library.co/document/qmj0pn4q-analisis-sistema-transmision-imagenes-medicas-existente-cardiocentro-ciudad.html>.
- ZTE.** *FTTx Solution White Paper 1 Introduction of FTTx*. [blog]. 2012. [Consulta: 04 de marzo 2022]. Disponible en: https://www.telecomasia.net/pdf/ZTE/ZTE_091709.pdf.

ANEXOS

ANEXO A: Encuesta realizada a la población de la zona urbana del cantón Chambo



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

Objetivo: Obtener datos para determinar la necesidad de utilizar servicio triple play en la zona urbana del Cantón Chambo

Instrucción: Indique con una X la opción deseada

1. Señale ¿Cuál de estos tipos de Servicios Triple Play (Internet, Telefonía fija y Televisión) dispone en su hogar?

- Internet
- Televisión Pagada
- Telefonía fija
- Internet y Televisión Pagada
- Internet y Telefonía fija
- Telefonía fija y Televisión Pagada
- Internet, Telefonía fija y Televisión Pagada
- No cuento con ningún servicio en casa

2. ¿Cuál es su nivel de satisfacción con dichos servicios?

- Muy satisfecho
- Satisfecho
- Insatisfecho
- Muy insatisfecho
- Indiferente

3. ¿Selección el o los criterios que considere más importantes dentro de los servicios de telecomunicaciones?

- Calidad
- Atención al cliente
- Velocidad
- Disponibilidad
- Otro _____

4. ¿Elegiría cambiar su servicio antiguo por tecnología GPON para obtener el servicio Triple Play en su hogar? (Se refiere a un servicio mediante fibra óptica, que permita satisfacer sus necesidades con mejor calidad y con un solo pago)

- Si No Tal vez

5. ¿Qué precio estaría dispuesto a pagar por el servicio Triple Play?

- \$18 - \$27
- \$30 - \$45
- Mayor a \$45

ANEXO B: Hoja de especificaciones técnicas de la fibra óptica Monomodo normado por la Recomendación ITU-T G.652.D

Características ópticas y geométricas

| Parámetros ópticos | Fibra no cableada | Fibra cableada |
|--|--------------------------------|----------------|
| Atenuación a 1310 nm | ≤ 0,35 dB/Km | ≤ 0,37 dB/Km |
| Atenuación a 1383 nm | ≤ 0,35 dB/Km | ≤ 0,37 dB/Km |
| Atenuación a 1550 nm | ≤ 0,21 dB/Km | ≤ 0,24 dB/Km |
| Atenuación a 1625 nm | ≤ 0,23 dB/Km | |
| Atenuación en 1285-1625 nm | ≤ 0,40 dB/Km | |
| Punto de discontinuidad máxima en 1310 y 1550 nm | ≤ 0,05 dB | |
| Longitud de onda de corte | 1100 - 1320 nm | ≤ 1260 nm |
| Punto de dispersión cero | 1300-1324 nm | |
| Pendiente de dispersión cero | ≤ 0,090 ps/nm ² .Km | |
| Dispersión cromática en 1285 -1330 nm | ≤ 3,5 ps/nm.Km | |
| Dispersión cromática en 1550 nm | ≤ 18,0 ps/nm.Km | |
| Dispersión cromática en 1625 nm | ≤ 22,0 ps/nm.Km | |
| PMD fibra individual | ≤ 0,15 ps/vKm | |
| PMD _Q (Q=0,01%, N=20) | ≤ 0,08 ps/vKm | |

| Parámetros geométricos | |
|---------------------------------------|-----------------|
| Diámetro de campo modal 1310 nm | 9,20 ± 0,40 μm |
| Diámetro de campo modal 1550 nm | 10,40 ± 0,50 μm |
| Error concentricidad núcleo/cladding | ≤ 0,4 μm |
| Diámetro cladding | 125,0 ± 0,50 μm |
| Error concentricidad coating/cladding | ≤ 12 μm |
| No circularidad coating | ≤ 10 % |
| Diámetro coating (colorado) | 250 ± 15 μm |

Características mecánicas y ambientales

| Características mecánicas | |
|--|----------------------------|
| Proof test level | 1,2 % (120 kpsi, 0,86 GPa) |
| Radio de curvatura mínima | 30 mm |
| Atenuación inducida por macrocurvaturas: | |
| 1 vuelta sobre 32 mm a 1550 nm | ≤ 0,50 dB |
| 100 vueltas sobre 50 mm a 1310 nm | ≤ 0,05 dB |
| 100 vueltas sobre 50 mm a 1550 nm | ≤ 0,10 dB |
| 100 vueltas sobre 60 mm a 1625 nm | ≤ 0,50 dB |
| Fuerza de pelado (F) (valor de pico) | 1,3 N ≤ F ≤ 8,9 |
| Fuerza de pelado (F) (valor medio) | 1 N ≤ F ≤ 5 |
| Fatiga dinámica (nd) | 20 (valor típico) |
| Fatiga estática (na) | 20 (valor típico) |

| Características ambientales | |
|---|--------------|
| Atenuación inducida a 1310, 1550 y 1625 nm: | |
| -60°C ~ +85°C ciclo de temperatura | ≤ 0,05 dB/Km |
| -10°C ~ +85°C / hasta 98% RH. Ciclo temperatura y humedad | ≤ 0,05 dB/Km |
| +85°C +/- 2° C. Calor seco | ≤ 0,05 dB/Km |
| +23°C +/- 2° C. Inmersión en agua | ≤ 0,05 dB/Km |

Valores típicos

| Índice de refracción de grupo efectivo | |
|--|-------|
| 1310 / 1383 nm | 1,466 |
| 1550 nm | 1,467 |
| 1625 nm | 1,470 |

Información de Contacto

Oficinas Centrales
 Polígono Industrial Centenario
 c/ Buenos Aires, 18
 50196 La Muela, Zaragoza
 España

Teléfono: (+34) 976 14 18 00
 Fax: (+34) 976 14 18 10
 comercial@telcel.es

Oficina Comercial en Madrid
 Avda. Menéndez Pelayo, 85 - 1º A
 28007 Madrid
 España

Teléfono: (+34) 91 434 39 92
 Fax: (+34) 91 434 40 84

Filial en Portugal
 NETIBERTEL
 Avenida da Liberdade, 110
 1269- 046 Lisbon
 Portugal

ANEXO C: Hoja de especificaciones técnicas del cable ADSS

Descripción



- sin escala - figura ilustrativa

- **Elemento central dieléctrico:** Fibra de vidrio reforzado con o sin revestimiento.
- **Loose tube:** Tecnología loose tube (PBT) impregnados por gel de petróleo, repelente conteniendo hasta 12 fibras ópticas.
- **Reunión:** Los elementos (tubos y rellenos) son reunidos en torsión S2 reversa alrededor de un elemento central.
- **Protección de la humedad:** Núcleo seco, materiales hidro-expansibles.
- **Elementos de tracción:** Hilos de aramida.
- **Cubierta exterior:** Material termoplástico negro, resistente a los rayos U.V. y intemperies, con hilo de rasgado.

Estos cables son proyectados para instalación aérea auto-suportada.

Información Técnica

| Nº de Fibras | | 12 | 24 | 48 |
|---------------------------|-------|--|---------------|---|
| FÓ / Tubo | | 2 | 6 | 12 |
| Cantidad de tubos | | 6 | 4 | 4 |
| Cantidad rellenos | | - | 2 | 1 |
| Espesor cubierta exterior | mm | | 1,5 (nominal) | |
| Diámetro nominal | mm | 9,7 | 10,7 | 10,5 |
| Peso líquido | kg/km | 69 | 82 | 85 |
| Radio mínimo de curvatura | mm | Durante la instalación 20 x Ø Cable | | Después de la instalación 10 x Ø Cable |
| Temperatura | °C | Operación -20 -> +65 | | |

Características Principales

| Característica | Método | Requisito | Valores* |
|---------------------------------|---------------|-----------------------------|--|
| Máxima tensión permisible (MAT) | IEC 60794-1-2 | 3 x peso del cable per km | Elongación de la fibra ≤ 0,2%, SM 0,1dB |
| Compresión | IEC 60794 1 2 | 220 N/cm | SM 0,1dB |
| Ciclo térmico | IEC 60794-1-2 | -20 -> +65°C | SM 0,05dB/km |
| Penetración de humedad | IEC 60794-1-2 | Muestra 3m, Columna agua 1m | Sin fuga después de 24 horas |


*Acrecidos o variación de atenuación.

| Fibra | nm | Atenuación | Valores típicos |
|------------|--------------------|------------|--------------------|
| SM G.652-D | 1310 / 1383 / 1550 | dB/km | 0,36 / 0,36 / 0,25 |

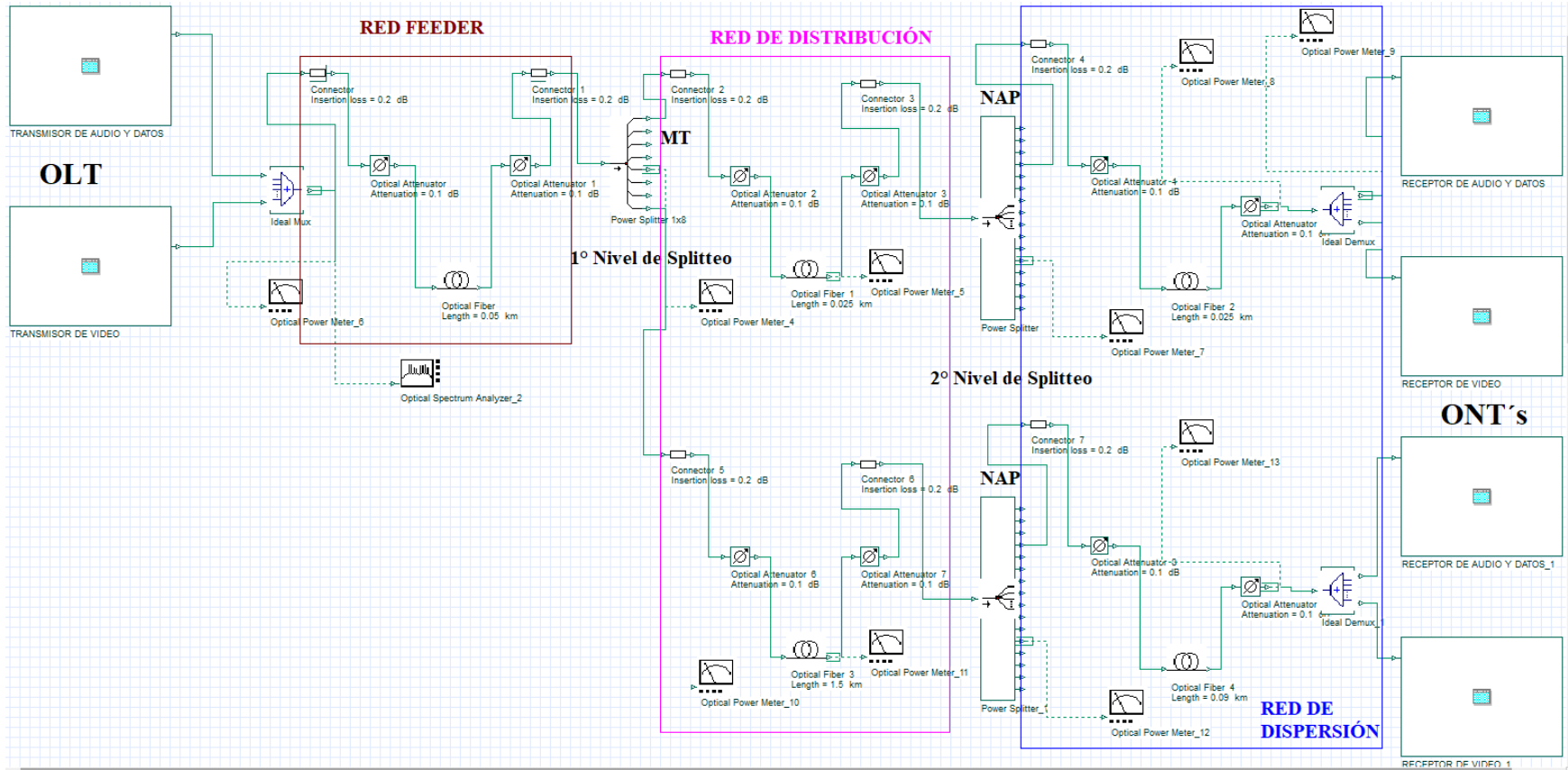
Otros valores de atenuación bajo consulta. Otras características de acuerdo con el catálogo de la fibra óptica correspondiente.

ANEXO D: Especificaciones técnicas del equipo OLT MA5600T

Specifications

| | |
|---|--|
| Appearance |  MA5600T |
| (W/D/H) mm | 490×275.8×447 |
| Operating Environment | Temperature: -25°C to +55°C Relative Humidity (RH): 5% to 95% |
| Power Parameter | Supports -48 V DC power input, dual-power supply protection, and working voltage range of -38.4 V to -72 V. |
| Cabinet | Indoor: N63E-22, N66E-18 Outdoor: F01D500 |
| configuration | control board: 2 Service board: 16 Universal Interface board: 1 Upstream interface board: 2 Power interface board: 2 |
| MTBF | ≈45 years |
| Switching Capacity of the Backplane Bus | 3.2Tbit/s |
| Switching Capacity of the Control Board | SCUN/SCUK: 480Gbit/s (Standby mode) SCUH: 960Gbit/s (Standby mode), 1960Gbit/s |
| Access Capacity | <ul style="list-style-type: none"> • 128*10G GPON • 256*GPON • 768*GE/FE |
| Maximum uplink port (GIU) | <ul style="list-style-type: none"> • 4*GE • 4*10GE |

ANEXO E: Simulación de la Red





epoch

**Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 01 / 07 / 2022

| |
|---|
| INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S) |
| Nombres – Apellidos: EDWIN GONZALO VELASTEGUI CORONEL |
| INFORMACIÓN INSTITUCIONAL |
| Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA |
| Carrera: TELECOMUNICACIONES |
| Título a optar: INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES |
| f. Analista de Biblioteca responsable: Lcdo. Holger Ramos, MSc. |

1350-DBRA-UPT-2022