



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

**“DISEÑO DE UNA RED FTTH UTILIZANDO EL ESTÁNDAR
XGPON PARA MEJORAR LOS SERVICIOS DE INTERNET EN LA
COMUNIDAD DE GUNUDEL EN SARAGURO”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

AUTOR:

MANUEL DANIEL PAQUI ANDRADE

Riobamba – Ecuador

2023



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

**“DISEÑO DE UNA RED FTTH UTILIZANDO EL ESTÁNDAR
XGPON PARA MEJORAR LOS SERVICIOS DE INTERNET EN LA
COMUNIDAD DE GUNUDEL EN SARAGURO”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

AUTOR: MANUEL DANIEL PAQUI ANDRADE

DIRECTOR: Ing. OSWALDO GEOVANNY MARTÍNEZ GUASHIMA, M.Sc.

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Manuel Daniel Paqui Andrade

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, Manuel Daniel Paqui Andrade, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 11 de abril de 2023

Manuel Daniel Paqui Andrade

110534883-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFOMÁTICA Y ELECTRONICA
CARRERA TELECOMUNICACIONES

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **“DISEÑO DE UNA RED FTTH UTILIZANDO EL ESTÁNDAR XGPON PARA MEJORAR LOS SERVICIOS DE INTERNET EN LA COMUNIDAD DE GUNUDEL EN SARAGURO”**, realizado por el señor: **MANUEL DANIEL PAQUI ANDRADE**, 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. María Belén Paredes Regalado PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-04-11
Ing. Oswaldo Geovanny Martínez Guashima DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-04-11
Ing. Verónica Elizabeth Mora Chunllo ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-04-11

DEDICATORIA

El presente trabajo de integración curricular va dedicada para mis Padres María Isabel y Segundo Martin que siempre me han estado apoyando a que siga a delante, a mi hermana Juana Clementina que siempre me motivo a seguir con los estudios, en especial a mi hermano Henry Mauricio que siempre fue el motivo principal de seguir a delante, hoy en día desde el cielo con Diego Manuel me siguen dando fuerzas para seguir a delante, por último se la dedico a mi compañera de vida, amiga incondicional, María del Carmen por ser ese motivo de seguir a delante y por ese apoyo incondicional.

Daniel

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la vida por darme la oportunidad de cursar estas etapas que siempre lo llevare conmigo, a mis padres por estar siempre pendientes e insistentes de que tengo que terminar esta etapa universitaria, a mi hermana por depositar esa confianza, ayuda y motivación incondicional, a mi hermano que aunque ya no esté presente siempre esperaba lo mejor de mí y el seguir superando cada día las expectativas de la vida, a mi compañera de vida, por estar ahí siempre dándome apoyo a que debo terminar dándome consejos y estando siempre firme en momentos difíciles y a mis amigos que formaron parte de esta vida universitaria, como también a los docentes que supieron compartir sus conocimientos en esta etapa de formación académica.

Daniel

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xvi
RESUMEN	xvii
SUMMARY	xviii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Sistematización del problema	3
1.4. Justificación	4
1.4.1. <i>Justificación teórica</i>	4
1.4.2. <i>Justificación aplicativa</i>	4
1.5. Objetivos	6
1.5.1. <i>Objetivo general</i>	6
1.5.2. <i>Objetivos específicos.</i>	6

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	7
2.1. Ubicación de la comunidad de Gunudel del cantón Saraguro	7
2.2. Zona poblacional de la Comunidad	8
2.3. Densidad poblacional de la comunidad.....	8
2.4. Servicios actuales en la comunidad	9
2.4.1. <i>Saraguros.net</i>	9
2.4.2. <i>D`UNA Net</i>	9
2.4.3. <i>AUSTTEL</i>	10
2.5. Internet por fibra Óptica	11
2.5.1. <i>¿Qué es el Internet?</i>	11

2.5.2.	<i>¿Qué es la Fibra Óptica (FO)?</i>	11
2.5.2.1.	<i>Tipos de fibra óptica:</i>	11
2.5.2.2.	<i>Partes de una fibra óptica</i>	12
2.5.3.	<i>¿Qué es el internet por fibra óptica?</i>	13
2.6.	Estándar XGPON	14
2.6.1.	Redes PON	14
2.6.2.	Estándar GPON	14
2.6.2.1.	<i>Arquitectura de la red GPON</i>	16
2.6.3.	Estándar XG-PON	20
2.6.3.1.	<i>Asignación de espectro óptico GPON, XG-PON.</i>	20
2.6.3.2.	<i>Arquitectura de la red XG-PON</i>	22
2.6.3.3.	<i>Rango de operación de las redes XG-PON</i>	23
2.6.3.4.	<i>Servicios y requerimientos de XG-PON</i>	24
2.6.3.5.	<i>Coexistencia GPON a XG-PON</i>	25
2.7.	Análisis del Software de simulación	33
2.7.1.	OptiSystem	33
2.7.1.1.	<i>Beneficios específicos:</i>	34
2.7.1.2.	<i>Las principales herramientas de análisis, que permite visualizar son:</i>	35
2.7.1.3.	<i>Las características que presenta este software son:</i>	35

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	36
3.1.	Metodología de la investigación	36
3.1.1.	Tipos de investigación	36
3.1.1.1.	<i>Investigación Bibliográfica</i>	36
3.1.1.2.	<i>Investigación de campo</i>	36
3.1.2.	Técnicas	37
3.1.2.1.	<i>Fuentes primarias</i>	37
3.1.2.2.	<i>Fuentes secundarias</i>	37
3.2.	Requisitos técnicos para el diseño de la red FTTH	38
3.2.1.	<i>Descripción de la comunidad en estudio (Gunudel)</i>	38
3.2.2.	<i>Estudio de la demanda de servicios en la comunidad en estudio</i>	40
3.2.2.1.	<i>Muestra poblacional</i>	40
3.2.2.2.	<i>Análisis de los datos obtenidos.</i>	41
3.2.3.	<i>Determinación de la arquitectura a utilizar en la red FTTH</i>	52
3.2.4.	<i>Topología de la red que se va implementar</i>	52

3.2.5.	<i>Selección del tipo de la fibra óptica</i>	53
3.2.5.1.	<i>Elección del tipo de cable aéreo a utilizar en la red FTTH.</i>	53
3.2.6.	<i>Ubicaciones geográficas de los equipos</i>	55
3.2.6.1.	<i>Ubicación del Terminal de Línea Óptica (OLT)</i>	55
3.2.6.2.	<i>Ubicación de los puntos de Splitters - mangas porta Splitters</i>	55
3.2.6.3.	<i>Ubicación de las cajas de distribución (NAP) o caja de terminación óptica (CTO)</i>	56
3.2.7.	<i>Determinación de la capacidad de servicio (Ancho de Banda)</i>	58
3.3.	Diseño de la red FTTH	60
3.3.1.	Red FEEDER	60
3.3.1.1.	<i>Distribución de la red Feeder (FT) a las diferentes Zonas.</i>	61
3.3.2.	Red de distribución	66
3.3.2.1.	<i>Distribución de la red de la manga MS01</i>	66
3.3.2.2.	<i>Distribución de la red de la manga MS02</i>	67
3.3.2.3.	<i>Distribución de la red de la manga MS03</i>	69
3.3.2.4.	<i>Distribución de la red de la manga MS04</i>	69
3.3.2.5.	<i>Distribución de la red de la manga MS05</i>	70
3.3.2.6.	<i>Distribución de la red de la manga MS06</i>	71
3.3.3.	Red de dispersión	71
3.3.4.	Balance y Presupuesto óptico	73
3.3.4.1.	<i>Especificaciones técnicas de equipos y elementos</i>	73
3.3.4.2.	<i>Cálculo de atenuación del usuario más lejano</i>	79
3.3.4.3.	<i>Cálculo de atenuación del usuario más cercano</i>	80
3.3.4.4.	<i>Balance óptico</i>	80

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS	82
4.1.	Elaboración de un plan de migración	82
4.1.1.	Comparación entre radio frecuencia, fibra óptica GPON y XG-PON	82
4.1.1.1.	<i>Radio frecuencia</i>	83
4.1.1.2.	<i>Fibra óptica GPON</i>	83
4.1.1.3.	<i>Fibra óptica XG-PON</i>	83
4.1.2.	Comparación de las tecnologías radio frecuencia, GPON y XG-PON	84
4.1.3.	Plan de migración a la red FTTH propuesta.	85
4.1.3.1.	<i>Planes de internet</i>	85
4.2.	Simulación de la red FTTH mediante OptiSystem	86
4.2.1.	<i>Simulación de la OLT</i>	86

4.2.1.1.	<i>Simulación de la OLT coexistente</i>	86
4.2.1.2.	<i>Simulación de la OLT</i>	87
4.2.2.	<i>Simulación de la red Feeder</i>	88
4.2.3.	<i>Simulación de la red de Distribución</i>	88
4.2.4.	<i>Simulación de la red de Dispersión</i>	89
4.2.5.	<i>Simulación del usuario más lejano</i>	90
4.2.5.1.	<i>Factor Q y Bit de error (BER)</i>	91
4.2.5.2.	<i>Diagrama de ojo</i>	92
4.2.6.	<i>Simulación del usuario más cercano</i>	93
4.2.6.1.	<i>Factor Q y Bit de error (BER)</i>	94
4.2.6.2.	<i>Diagrama de ojo</i>	95
4.3.	Diseño de red FTTH con el estándar XG-PON para la comunidad de Gunudel	96
4.3.1.	<i>Diseño de la red Feeder</i>	96
4.3.2.	<i>Diseño de la red de distribución</i>	97
4.3.3.	<i>Diseño de la red de dispersión</i>	98
4.4.	Costos de implementación	98
4.4.1.	<i>Costos de la red Feeder</i>	98
4.4.2.	<i>Costos de la red de distribución</i>	99
4.4.3.	<i>Costos de la red de dispersión</i>	100
4.4.4.	<i>Costo total de la implementación de la red FTTH</i>	100
	CONCLUSIONES	101
	RECOMENDACIONES	102
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Número de habitantes en la comunidad	8
Tabla 2-2: ITU-T y PON – GPON, 10GPON y 40GPON	15
Tabla 3-2: Pérdidas del divisor óptico según el número de salidas.....	17
Tabla 4-2: Servicios ofrecidos por una red XG-PON	24
Tabla 5-2: Capacidades de cada una de las tecnologías existentes en el medio	27
Tabla 6-2: Rango de atenuaciones de la FO según las clases y recomendaciones ITU-T.....	31
Tabla 7-2: Parámetros ópticos de una Red GPON B+ aplicables en XG-PON	32
Tabla 8-2: Atenuaciones y pérdidas de elementos.....	32
Tabla 1-3: Datos para el cálculo del número de encuestados	40
Tabla 2-3: Número de usuarios de internet	41
Tabla 3-3: Número de usuarios por viviendas	42
Tabla 4-3: Frecuencia de uso del internet.....	43
Tabla 5-3: Compañías de servicio de internet con mayor acogida.....	44
Tabla 6-3: Medios por la cual se está brindando servicio de internet	45
Tabla 7-3: Plan de internet que mayor usan los Comuneros.....	47
Tabla 8-3: Calificación del servicio ofrecido en la comunidad	48
Tabla 9-3: Servicios y promociones adicionales	49
Tabla 10-3: Motivos de no contar con servicio de internet.....	49
Tabla 11-3: Nivel de conocimiento de las empresas existentes.....	50
Tabla 12-3: Nivel de aceptación por un nuevo proveedor de servicios	51
Tabla 13-3: Características de los cables de FO de planta externa	54
Tabla 14-3: Ubicaciones geográficas de las mangas porta Splitters	56
Tabla 15-3: Nomenclatura del cable Feeder.....	61
Tabla 16-3: Descripción de código de colores de la FO	62
Tabla 17-3: Características de OLT	74
Tabla 18-3: Características de los Splitters	74
Tabla 19-3: Características del ONT.....	75
Tabla 20-3: Características de Mangas y cajas de Distribución	76
Tabla 21-3: Características de la roseta óptica	76
Tabla 22-3: Características de los conectores.....	77
Tabla 23-3: Características del pigtail.....	77
Tabla 24-3: Características del Patch cord	78
Tabla 25-3: Atenuaciones de la red FTTH	78
Tabla 1-4: Ventajas y desventajas de radio frecuencia	83

Tabla 2-4: Ventajas y desventajas de fibra óptica GPON.....	83
Tabla 3-4: Ventajas y desventajas de fibra óptica XG-PON.....	84
Tabla 4-4: Comparación entre tecnologías.	84
Tabla 5-3: Planes de internet propuesto que se ofrecería en la comunidad.....	85
Tabla 6-4: Presupuesto de la red Feeder.....	99
Tabla 7-4: Costo de materiales y equipos de la red de distribución.....	99
Tabla 8-4: Costos de materiales y equipos de la red de dispersión.....	100
Tabla 9-4: Costo total.....	100

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1:	Diagrama del proceso del Proyecto	5
Ilustración 1-2:	Ubicación de la comunidad de GUNUDEL.....	7
Ilustración 2-2:	Sede e Infraestructura de radio frecuencia Saraguros.net	9
Ilustración 3-2:	Casa matriz D`UNA NET	10
Ilustración 4-2:	Sede AUSTTEL	10
Ilustración 5-2:	Tipos de fibra óptica.....	11
Ilustración 6-2:	Partes de la fibra óptica	13
Ilustración 7-2:	Parte de una red de Fibra Óptica	16
Ilustración 8-2:	Arquitectura de la red GPON	18
Ilustración 9-2:	Asignación de espectro óptico GPON, XG-PON	20
Ilustración 10-2:	Tipos de emisores de luz óptico	22
Ilustración 11-2:	Arquitectura de la red XG-PON.....	23
Ilustración 12-2:	Coexistencia de la red GPON y XG-PON.....	26
Ilustración 13-2:	Arquitectura de la coexistencia entre G PON y XG-PON	29
Ilustración 14-2:	Arquitectura de la coexistencia entre G PON, XG-PON y XG-PON2	30
Ilustración 15-2:	Constitución de la red FTTH.....	33
Ilustración 16-2:	Interfaz del software OptiSystem	34
Ilustración 1-3:	Zona de estudio	38
Ilustración 2-3:	Zonificación de la comunidad de Gunudel	39
Ilustración 3-3:	Porcentaje de viviendas con el servicio de internet	42
Ilustración 4-3:	Porcentaje de viviendas con mayor y menor número de usuarios.....	43
Ilustración 5-3:	Porcentaje de conexión a la internet	44
Ilustración 6-3:	Porcentaje de acogida de las empresas en la comunidad	45
Ilustración 7-3:	Porcentaje del medio en la que se brinda servicio de internet.....	46
Ilustración 8-3:	Porcentaje de planes usados por la comunidad.....	47
Ilustración 9-3:	Porcentaje de calidad de servicio.....	48
Ilustración 10-3:	Nivel de conocimiento de empresas existentes	50
Ilustración 11-3:	Porcentaje de aceptación por un nuevo proveedor de servicios	51
Ilustración 12-3:	Topología de la red FTTH XG-PON	53
Ilustración 13-3:	Ubicación de la OLT	55
Ilustración 14-3:	Ubicaciones geográficas de las NAPs Zona 1 y Zona 2	57
Ilustración 15-3:	Ubicaciones geográficas de las NAPs zona 1 2 y 3	57
Ilustración 16-3:	Ubicaciones geográficas de las NAPs Zona 3 área más alejadas.	58
Ilustración 17-3:	OLT y salida a la primera manga	61

Ilustración 18-3: Manga más lejana MS01	62
Ilustración 19-3: Manga número 2 MS02.....	63
Ilustración 20-3: Manga número 3 MS03.....	64
Ilustración 21-3: Manga número 4 MS04.....	64
Ilustración 22-3: Manga numero 5 MS05.....	65
Ilustración 23-3: Manga numero 6 MS06.....	66
Ilustración 24-3: Distribución de las NAPs Zona 3 más lejana.....	67
Ilustración 25-3: NAPs de la manga MS02 del hilo de fibra (9) en la zona 1 y 2	68
Ilustración 26-3: NAP correspondiente al hilo (10) de la manga de reserva	68
Ilustración 27-3: Distribución de las NAPs de la manga MS03 en las zonas 1, 2 y 3	69
Ilustración 28-3: Distribución de las NAPs de la manga MS04 en la zona 2	70
Ilustración 29-3: Distribución de las NAPs en la zona 1 de la manga MS05	70
Ilustración 30-3: NAPs en la zona 1 y 2 correspondiente a la manga MS06.....	71
Ilustración 31-3: ONT usuario más lejano de la NAP A1 correspondiente a la manga MS01 ..	72
Ilustración 32-3: ONT usuario más cercano correspondiente a NAP G4 de la manga MS06 ...	72
Ilustración 33-3: Modelo general de la red FTTH	73
Ilustración 34-3: Red de usuario más lejano	79
Ilustración 35-3: Red de usuario más cercano	80
Ilustración 1-4: Simulación del OLT CEx	87
Ilustración 2-4: Potencia de salida del OLT CEx.....	87
Ilustración 3-4: Simulación del OLT y su potencia de transmisión	88
Ilustración 4-4: Simulación de la red Feeder	88
Ilustración 5-4: Simulación de la red de Distribución.....	89
Ilustración 6-4: Simulación de la red de Dispersión	90
Ilustración 7-4: Potencia de salida del usuario más lejano.....	91
Ilustración 8-4: Factor de calidad del usuario más lejano	91
Ilustración 9-4: Bit de error mínimo en el usuario más lejano	92
Ilustración 10-4: Analizador de ojo en el usuario más lejano	93
Ilustración 11-4: Potencia de salida del usuario más cercano	94
Ilustración 12-4: Factor de calidad del usuario más cercano	94
Ilustración 13-4: Bit de error mínimo del usuario más cercano	95
Ilustración 14-4: Diagrama de ojo del usuario más cercano	96
Ilustración 15-4: Red Feeder, desde la OLT hasta el primer nivel de Splitteo	97
Ilustración 16-4: Red de distribución, desde el 1º nivel hasta el 2º nivel de Splitteo	97
Ilustración 17-4: Red de dispersión, desde el segundo nivel hasta el usuario	98

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ENCUESTA REALIZADA

ANEXO B: CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA ÓPTICA

ANEXO C: LEYENDA USADA PARA EL DISEÑO DE LA RED

ANEXO D: DISEÑO DE LA RED FTTH.

ANEXO E: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OLT

ANEXO F: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ONT

ANEXO G: SIMULACIÓN DE LA RED FTTH CON EL ESTÁNDAR XG-PON

ANEXO H: PLAN DE MIGRACIÓN

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

FO	Fibra óptica
PON	Red óptica pasiva
GPON	Red óptica pasiva con capacidad de Gigabit
XG-PON	Red óptica pasiva con capacidad de 10Gigabit
WDM	Divisor de longitud de onda
TDM	Multiplexación por división de tiempo
TDMA	Acceso múltiple por división de tiempo
OLT	Terminal de línea óptica
ODN	Red de distribución óptica
NAT	Traducción de direcciones de red
ONU	Unidad de red óptica
ONT	Terminal de red óptica
NAP	Caja de distribución óptica
UNI	Interfaz de usuario de red
SIN	Interfaz de nodo de servicio
FTTH	Fibra hasta el hogar
ITU-T	Unión internacional de telecomunicaciones
QoS	Calidad de servicio
APON	Red óptica pasiva con capacidad de transmisión asíncrona
BPON	Red óptica pasiva de banda ancha
FEC	Corrección de errores hacia adelante

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue diseñar una red de fibra hasta el hogar (FTTH) utilizando el estándar XGPON para mejorar los servicios de internet en la comunidad de Gunudel en Saraguro. Se realizó el estudio del estándar XGPON, tomando en cuenta su adaptabilidad a las versiones anteriores como también su escalabilidad a nuevas tecnologías, también se realizó el estudio de la topología de una red FTTH con estándares anteriores a XGPON y su coexistencia con la misma. Mediante encuestas realizadas en la comunidad de Gunudel se pudo constatar la calidad de servicio de internet y el porcentaje de aceptación para un nuevo proveedor de servicios de mejor calidad, se determinó también el software de diseño y de simulación de la red. Posteriormente, se procedió a realizar las pruebas de la red diseñada mediante la utilización de cálculos teóricos de la atenuación y balance de potencias, siendo comparados con los valores obtenidos de la simulación en el software OptiSystem 19.0, para el usuario más lejano y más cercano a la terminal de línea óptica (OLT) se analizaron parámetros balance de potencia, calidad de servicio (factor Q), tasa de error de bit (BER) y el diagrama de ojo, por lo que fue posible comprobar que la red este diseñada correctamente; se obtuvo valores acordes a los cálculos teóricos y los resultados de los diagramas fueron exitosos, por tanto la red FTTH con estándar XGPON cumple con las normativas estipuladas en la ITU-T G.984.2 e ITU-T G.987.2, lo que garantiza que la red está bien diseñada. Se concluye que el diseño de una red FTTH utilizando el estándar XGPON trae consigo muchos beneficios para los usuarios en la comunidad de Gunudel, porque la red propuesta tiene un ancho de banda más grande que las redes convencionales, es coexistente con las tecnologías anteriores y escalable con las que estarán disponibles en el futuro.

Palabras clave: <REDES DE COMUNICACIONES>, <FIBRA ÓPTICA>, <ESCALABILIDAD DE RED>, <ANÁLISIS DE PARÁMETROS>, <ATENUACIÓN DE LA SEÑAL>, <BALANCE DE POTENCIA>, <OPTISYSTEM (SOFTWARE)>, <GUNUDEL (COMUNIDAD)>.



A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Andrés Rojas'.

SUMMARY

The objective of the research was to design a fiber to the home (FTTH) network using the XGPON standard to improve internet services in the Gunudel community in Saraguro. The study of the XGPON standard was carried out, taking into account its adaptability to previous versions as well as its scalability to new technologies, the study of the topology of a FTTH network with standards prior to XGPON and its coexistence with it was also carried out. Through surveys carried out in the Gunudel community, it was possible to verify the quality of internet service and the percentage of acceptance for a new provider of better-quality services, the design and simulation software for the network was also determined. Subsequently, the tests of the designed network were carried out using theoretical calculations of attenuation and power balance, being compared with the values obtained from the simulation in the OptiSystem 19.0 software, for the user furthest away and closest to The optical line terminal (OLT) parameters power balance, quality of service (Q factor), bit error rate (BER) and the eye diagram were analyzed, so it was possible to verify that the network is correctly designed; values were obtained according to the theoretical calculations and the results of the diagrams were successful, therefore the FTTH network with the XGPON standard complies with the regulations stipulated in the ITU-T G.984.2 and ITU-T G.987.2, which guarantees that the network is well designed. It is concluded that the design of a FTTH network using the XGPON standard brings with it many benefits for users in the Gunudel community, because the proposed network has a higher bandwidth than conventional networks, it is coexistent with previous technologies and scalable. with those that will be available in the future.

Keywords: <COMMUNICATIONS NETWORKS>, <OPTIC FIBER>, <NETWORK SCALABILITY>, <PARAMETERS ANALYSIS>, <SIGNAL ATTENUATION>, <POWER BALANCE>, <OPTISYSTEM (SOFTWARE)>, <GUNUDEL (COMMUNITY)>.



MSc. Wilson G. Rojas

C.I. 0602361842

INTRODUCCIÓN

A nivel nacional e internacional casi en todas las partes del mundo la tecnología ha ido avanzando día con día, conllevando a la necesidad de la comunicación diaria con seres queridos, el trabajo, control de una casa, control de un automóvil he incluso control y comunicación de naves espaciales, todo esto siendo posible gracias al servicio de la internet, en las grandes ciudades en las capitales principales es donde más se goza de este beneficio que es la internet, el primer país que apareció este servicio fue en Estados Unidos, de ahí la evolución diaria, tanto en ancho de banda y la velocidad del servicio, siendo uno de los fundamentales para el buen desenvolvimiento de los usuarios en el mundo de la internet.

Las primeras comunicaciones sobre fibra óptica lo realizaron mediante la luz laser, transcurridos varios años ya para 1977 se realizaron los primeros sistemas de pruebas en Inglaterra, de ahí ya fue cuestión de pocos años que la evolución fue masiva, para hoy en día tener una fibra de alto rendimiento y capacidad, capaz de transportar informaciones masivas de diferentes partes del mundo a una velocidad más rápida de la luz del sol. (García, 2014, pp. 11–24).

A si como la tecnología ha ido avanzando esto conlleva a una evolución constante en los estándares con las que trabajan las comunicaciones a través de la fibra óptica. Las redes PON es una de las redes más utilizadas por los enlaces de FTTH, pasando a una red GPON que abarcan capacidades de los gigahercios, hasta llegar al nuevo estándar de transmisión que en el XGPON conocida también 10G-EPON llamados a si por la capacidad de transmisión que superan a los 10 gigahercios, esto gracias a que el filtro de longitudes de ondas está integrado para la banda de video PON (1550-1560nm) que llega hasta los 1625nm, estos estándares son ideales para un mejoramiento de servicio de las telecomunicaciones ya que tiene mayor capacidad de ancho de banda, que permite una mayor velocidad de transmisión, que pueden llegar a velocidades de transmisión de cientos de Gbps para decenas de kilómetros de distancia (CONECTRONICA 2019, pp. 1–2).

La comunicación mediante internet hoy en día es imprescindible, es por eso que su eficiencia y su ancho de banda van ligados a la calidad de servicio que ofrecen las empresas a los usuarios, de ahí surge la necesidad de le llegar con el servicio de internet mediante fibra óptica a todas las regiones del país, surgiendo de ahí la necesidad de realizar el estudio que cubra también a las comunidades alejadas.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

La fibra óptica en el mundo ha venido evolucionando día con día, dando a sí un mejor servicio de comunicación a los usuarios de la internet of times, en todos los ámbitos posibles, mejorando la comunicación tanto en empresas, municipalidades y hogares, dando así una comunicación más eficaz y de mejor calidad cada día, conectado de esta manera servicios de mejor calidad tanto a nivel nacional y e internacional.

Actualmente en el Ecuador se cuenta con más de 70.000km de fibra distribuidos a nivel nacional, y todo esto ha sido posible al gran impulso del gobierno y de las empresas encargadas a las telecomunicaciones, es un crecimiento exponencial con respecto a los que existía en el año 2006 donde recién iniciaba la brecha de la comunicación por fibra en el Ecuador, la fibra óptica ha dado la posibilidad de mejoramiento en las telecomunicaciones, dando paso a grandes avances en lo que es la educación, hoy en día la educación virtual, el teletrabajo, y lo que es la domótica, la fibra óptica ha jugado un papel principal mejorando la capacidad de una mejor comunicación dando un paso más al mejoramiento de uso de aplicaciones que día a día van apareciendo en el mercado de la informática, dando a sí un mejor soporte en lo que es la capacidad adaptación y velocidad necesaria para que estas funcionen adecuadamente sin existir interferencia y evitando casi un 100% de pérdida de información (Ministerio de Telecomunicaciones, 2020, p.1) .

El servicio de internet por fibra óptica ha sido desplegado a nivel nacional llegando a todos los cantones de todas las provincias existentes, es así gracias a la empresa Saraguros.net el año 2019 llega al cantón Saraguro de la provincia de Loja la primera comunicación mediante fibra óptica, desplazando así esta tecnología a la cabecera cantonal, y en el año 2020 empiezan nuevos proyectos para llegar a las comunidades existentes en el cantón.

La comunidad Gunudel perteneciente al cantón Saraguro perteneciente a la provincia de Loja se encuentra ubicada al límite de la cabecera cantonal, contando con 216 familias establecidas y 108 domicilios, las cuales el 60% de las familias cuenta con de servicio de internet mediante radio enlace, el mismo que es brindado por una empresa particular que brinda el servicio a nivel cantonal y también al cantón Oña perteneciente a la provincia de Azuay.

1.2. Planteamiento del problema

En el cantón Saraguro existen muchos usuarios que cuentan con el servicio de internet mediante fibra óptica, en diferentes comunidades este servicio ya ha sido acogido por los diferentes usuarios migrando del internet por radio enlace al internet por fibra óptica, existen también comunidades que aún no cuentan con este servicio, ya sea por la dificultad de acceso con la fibra o ya sea porque los usuarios no lo han querido acoger por los costos de instalación, sin tomar en cuenta la calidad del servicio en rapidez, ancho de banda y su mejoramiento en el servicio para que funcionen de una mejor manera diferentes aplicaciones que requieren un mayor ancho de banda y sobre todo una comunicación estable, en comparación a lo que brinda el internet por radio frecuencia. ¿Es necesario realizar un diseño de una red FTTH con el estándar XGPON para las comunidades que aún no cuentan con este servicio, así como también realizar una socialización con los usuarios de la internet a que migren a esta nueva tecnología, de esta manera poder mejorar los recursos disponibles brindados por los diferentes servicios existentes gracias a la tecnología y los avances de las redes de comunicación?

1.3. Sistematización del problema

Para dar solución al problema planteado, es necesario ir respondiendo durante el desarrollo del trabajo las siguientes interrogantes:

¿Cuál es el estado actual del servicio de internet que posee la comunidad?

¿Qué diseño de red FTTH usando el estándar ITU G987.X es el adecuado para la comunidad en estudio?

¿Cuáles serían el plan de migración adecuado, para que los usuarios convencionales adopten esta nueva tecnología?

¿Cuáles serían los parámetros de simulación de la red XGPON diseñada para la comunidad?

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teórica

Mediante el proyecto de titulación denominado “DISEÑO DE UNA RED FTTH UTILIZANDO EL ESTÁNDAR XGPON PARA MEJORAR LOS SERVICIOS DE INTERNET EN LA COMUNIDAD DE GUNUDEL EN SARAGURO” se pretende mejorar exponencialmente el servicio de internet, ya que existen muchos inconvenientes con el internet existente que es mediante radio frecuencia, ya sean estas por caída del servicio, el clima, la ubicación de la vivienda y muchos más, con este proyecto se pretende mejorar el servicio al menos a todos los usuarios de la internet en dicha comunidad.

El presente trabajo tiene su importancia debida a que esta tecnología brinda mayor eficiencia en comunicación, no existen interferencias por canales existentes, su tasa de eficiencia es casi el 100%, la comunicación es directa, sobre todo brinda mayor eficiencia en momentos de realizar conferencias, en la educación virtual, la telemedicina y el teletrabajo, siendo la tecnología adaptada por la mayoría de países existentes en el mundo, y Ecuador no es la excepción ya que ha llegado a todas sus provincias y a la mayoría de sus cantones.

El diseño de la red FTTH utilizando el estándar XGPON brinda una eficiencia en capacidad, mayor ancho de banda que es algo fundamental para los nuevos servicios y aplicaciones que van apareciendo día a día. La red de fibra óptica será desarrollada en entornos de digitalización más entendibles para el técnico de instalación como para los usuarios, los softwares más didácticos existentes y tentadores para usar en este proyecto son, Google Earth, webinar, OptiSystem, Packet tracer con la colaboración de programas de geolocalización que sería el ARcGIS y el Google Earth para la ubicación exacta de la comunidad.

1.4.2. Justificación aplicativa

La razón por la que surgió esta idea de proyecto, es debido a que en la cabecera cantonal de Saraguro y algunas comunidades ya existe el servicio de internet por fibra óptica, por lo mismo Gunudel no debe de quedar apartada de una tecnología importante y sobre todo este proyecto que mejorara la calidad de vida de muchos comuneros brindando un servicio muy eficiente a los usuarios dispuestos a acoger esta tecnología, ya que existen muchos proyectos encaminados a las telecomunicaciones en esta comunidad y no son posibles desarrollarlos o de salir al mundo de la internet por el servicio existente que es de baja calidad no eficiente.

La importancia de la implementación de esta tecnología, trae consigo una nueva era en las telecomunicaciones, marca en sí, un antes y después en la comunicación y la eficiencia en la investigación, en la educación y en el trabajo de muchos usuarios que dependemos de la internet para desenvolvimiento diario ya sea en el trabajo o cualquier actividad vinculado al internet.



Ilustración 1-1: Diagrama del proceso del Proyecto

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

En la ilustración 1-1 se detalla el diagrama del proyecto

- Paso 1 se realiza un análisis actual de los servicios de internet existente en la comunidad de Gunudel en Saraguro, mediante encuestas a los usuarios.
- Paso 2 se procede a la realización de un diseño de red FTTH con el estándar XGPON, luego de haber realizado los estudios correspondientes en la comunidad, para especificar la mejor forma de tendido de la fibra óptica, teniendo en cuenta la estructura las características técnicas y el número de usuarios existentes
- Por último, se procede a la simulación del diseño de la red correspondiente en el software de simulación OptiSystem, como también se puede ver la arquitectura general de una red de fibra óptica

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

“DISEÑAR UNA RED FTTH UTILIZANDO EL ESTÁNDAR XGPON PARA MEJORAR LOS SERVICIOS DE INTERNET EN LA COMUNIDAD DE GUNUDEL EN SARAGURO”

1.5.2. Objetivos específicos.

- Analizar el estado actual de los servicios de internet en la comunidad Gunudel en Saraguro
- Diseñar una red FTTH utilizando el estándar XGPON para la comunidad Gunudel en Saraguro
- Elaborar un plan de migración de la red actual a una red FTTH en la comunidad de Gunudel
- Simular la red XGPON propuesta mediante OptiSystem para medir parámetros técnicos.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En este capítulo se realiza un estudio de la comunidad de Gunudel del cantón Saraguro provincia de Loja, como su ubicación, zona de población, tipos de servicio de internet que posee, la calidad de servicio que posee la comunidad, como también se estudiara el estándar XGPON, su topología, su arquitectura y las características principales que posee este estándar, para brindar un mejor servicio de internet a través de fibra óptica. Se analizará los principales parámetros que debe cumplir la red XGPON para mejorar el servicio de internet en la comunidad.

2.1. Ubicación de la comunidad de Gunudel del cantón Saraguro

Está ubicado al sureste del Cantón Saraguro y al noreste con respecto a la provincia de Loja, con una superficie de 558.223 metros cuadrados y un perímetro de 3.30 kilómetros, con una latitud y longitud respectivamente de -3.629216° ; -79.233727° , con una altura de 2518msnm, como se indica en la ilustración 1-2.

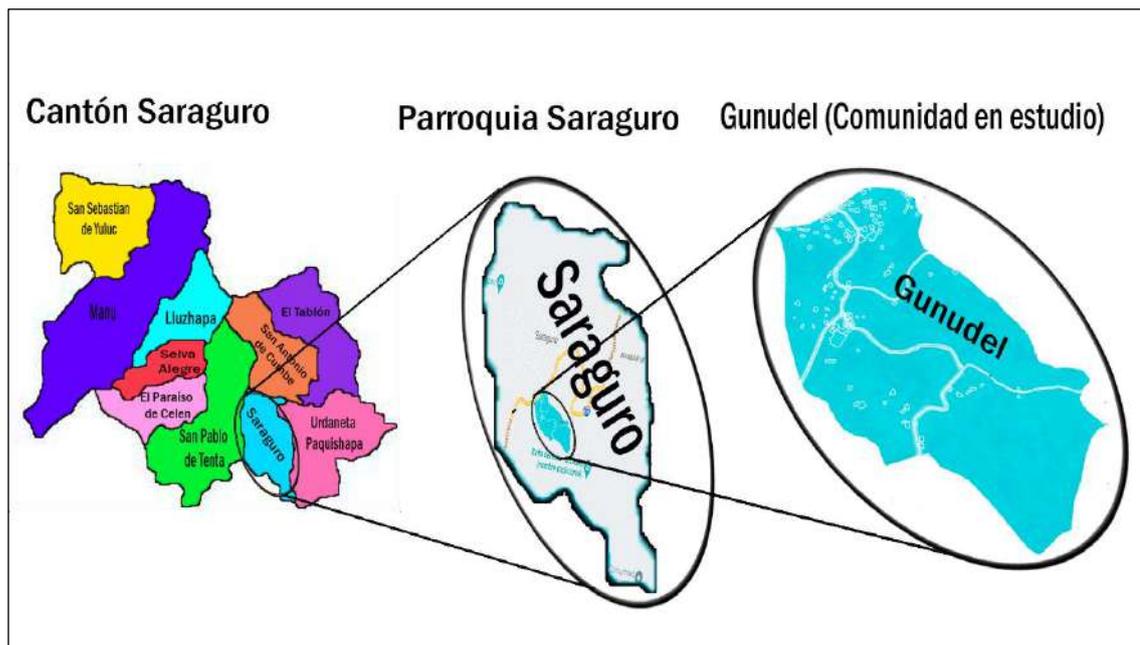


Ilustración 1-2: Ubicación de la comunidad de GUNUDEL

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

2.2. Zona poblacional de la Comunidad

El cantón Saraguro posee una población de total de 33506 habitantes de los cuales, la cabecera cantonal posee una población de 9045 en los cuales están incluidos la zona urbana y sus comunidades, del mismo 303 habitantes se encuentran establecidas en la comunidad de Gunudel (INEC, 2020, p.2).

2.3. Densidad poblacional de la comunidad

La comunidad de Gunudel posee 303 habitantes están conformadas de la siguiente manera como se muestra en la tabla 1-2.

Tabla 1-2: Número de habitantes en la comunidad

Habitantes en la comunidad en estudio						
	Familias	Cabezas familiares	Parejas	Solteros	Hijos	Total
Gunudel	44	24	20	4	25	69
Llanshapa	105	64	41	23	83	188
Guayle	20	12	8	4	13	33
Inactivas	8	7	1	6	5	13
Total	177	107	70	37	126	303

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Dándonos un total de 177 familias de los cuales existe 107 personas que son la cabeza principal de la familia, haciendo que existan en total 107 casas habitadas, dándonos un total de 303 habitantes en total, esto entre parejas, solteros, he hijos existentes, cabe recalcar que existen 8 familias están inactivas.

Dándonos a si una densidad poblacional total de 0,54279383 personas por Km² es decir una persona por 2Km², según el área total de la comunidad en estudio.

Área de estudio. 558,223Km²

Número de habitantes de la comunidad. 303 persona

Densidad poblacional $Dp = \frac{\text{Numero de Habitantes}}{\text{Area de estudio}}$

$$Dp = \frac{303}{558,223}$$

$$D_p = 0,54279383 \text{ personas por Km}^2$$

2.4. Servicios actuales en la comunidad

En la comunidad de Gunudel, existen tres empresas que están brindando el servicio de internet como son Saraguros.net, D'UNA net, AUSTTEL, las mismas que brindan el servicio a través de fibra óptica, a excepción de Saraguros.net que brinda servicio a través de fibra óptica y de radio frecuencia, la comunidad también posee el servicio de DIRECTV, como también el servicio de telefonía celular de las tres empresas existentes en el Ecuador como son Claro, CNT y Movistar, Tuenti que pertenece a la misma empresa Movistar.

2.4.1. Saraguros.net

Está ubicada con su OLT en las calles 10 de marzo y Loja, el mismo que se encuentra brindando servicio de internet por radio frecuencia, con la estación base en el cerro Puglla a 15 min del centro de la ciudad. Esta empresa brinda este servicio de internet a la cabecera cantonal y sus parroquias y una parte del Azuay.



Ilustración 2-2: Sede e Infraestructura de radio frecuencia Saraguros.net

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

2.4.2. D'UNA Net

Está ubicada con su OLT en las calles Sucre y Juan Antonio Montesinos esquina, brindando servicio de internet por fibra óptica a toda la cabecera cantonal y parte de sus comunidades y parroquias.



Ilustración 3-2: Casa matriz D`UNA NET

Fuente: (D`UNA NET 2019)

2.4.3. AUSTTEL

Esta empresa está ubicada con su OLT en la calle 10 de marzo frente a BAN Ecuador, el mismo que ofrece servicio de internet mediante FO a la cabecera cantonal y parroquias.



Ilustración 4-2: Sede AUSTTEL

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

2.5. Internet por fibra Óptica

2.5.1. ¿Qué es el Internet?

“Internet es una red integrada por miles de redes y computadoras interconectadas en todo el mundo mediante cables y señales de telecomunicaciones, que utilizan una tecnología común para la transferencia de datos” (Zamora, 2014, p. 4).

2.5.2. ¿Qué es la Fibra Óptica (FO)?

“Es una guía de onda en forma de hilo de material altamente transparente que transmite información a grandes distancias mediante señales ópticas. Se fábrica de silicio (muy alta pureza); con 2 kg de silicio se fabrica 40 km de FO” (Pierri, 2010a, pp. 1–4).

“La fibra óptica es un conductor de luz, la luz viaja a la máxima velocidad posible a lo largo del mismo. La velocidad de propagación depende del tipo de material, ya que la máxima velocidad $c=299.792.458$ m/s en el vacío” (Pierri, 2010b, pp. 1–4).

2.5.2.1. Tipos de fibra óptica:

Sabemos que la información viaja a través de un medio llamado fibra óptica en forma de pulsos de luz, en base a este medio que transporta está luz se puede clasificar la fibra óptica en dos tipos: Multimodo y Monomodo



Ilustración 5-2: Tipos de fibra óptica

Fuente: (MINTIC, MINEDUCACION 2019)

➤ Fibra óptica multimodo

“El núcleo es más grande y emplea emisores LED para enviar pulsos de luz. La luz ingresa a la fibra en diferentes ángulos. Se usa en las redes LAN, debido a que se puede alimentar mediante LED de bajo costo” (MINTIC, 2019a, p.2).

➤ Fibra óptica monomodo

“El núcleo es muy pequeño y emplea tecnología láser para enviar un único haz de luz por la FO. Se usa en conexiones de larga distancia (100km y más), para aplicaciones, TV por cable, telefonía de larga distancia e internet” (MINTIC, 2019b, p.2).

2.5.2.2. Partes de una fibra óptica

La fibra óptica está conformada por tres partes esenciales que son:

➤ Núcleo (core)

“El núcleo, tiene mayor índice de refracción. La luz se propaga a través del núcleo siempre y cuando no exceda el ángulo crítico, su diámetro máximo es de 62.5um (8.3 um en monomodo, 50-62.5um en multimodo)” (ITCA, 2016a, p.1).

➤ Cubierta (cladding)

“Esta recubre el núcleo y evita que la luz salga de la fibra, es fabricada con menor índice de refracción, su diámetro es de 125um” (ITCA, 2016b, p.1).

➤ Revestimiento primario y secundario

Estas se encargan de proteger a la fibra óptica ya que es muy frágil ante el ambiente de trabajo, esta tiene un diámetro que va de los 250 um a 800 um, de ahí dependiendo del tipo de fibra óptica pueden tener mayor protección que dependerá en qué ambiente serán empleado, ya sea este nivel superficial o subterráneas (ITCA, 2016c, p.1).

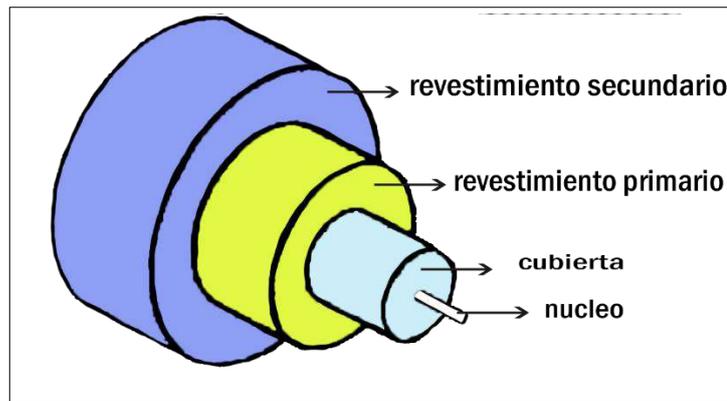


Ilustración 6-2: Partes de la fibra óptica

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

2.5.3. ¿Qué es el internet por fibra óptica?

Conocido por el medio, como el internet por FO, o solamente internet por fibra, no es más que la conexión de banda ancha que puede alcanzar velocidades de 100Mbit/s a 1Gbit/s en cuestión de milisegundos, gracias a las características de la fibra óptica, que la misma puede enviar información (datos) a una velocidad aproximada del 90% de la velocidad de la luz. Se puede afirmar también que la fibra óptica es más segura en comparación con el cable tradicionales (UTP, COAXIAL), no se susceptible con las condiciones climáticas, es resistente a la interferencia y a la estática, ya que no trabaja con energía eléctrica (CenturyLink, 2021a, pp. 1–5).

Para lograr la interconexión del internet mediante la fibra óptica existen muchos componentes que intervienen para que esta se dé lugar, siendo los principales la fibra óptica y la última milla de la red óptica.

Que es la fibra óptica podemos ver su definición en el literal **1.5.2.**

➤ La última milla

Se denomina al pulso de luz que transporta la fibra óptica al momento de llegar a su destino, esta convierte en una potencia eléctrica que el dispositivo de recepción pueda comprender y utilizar. Este proceso lo desarrolla el dispositivo denominado terminal óptico, que luego de realizar el proceso envía una señal de conexión de Ethernet al usuario. Estos tramos de fibra que llaga hasta el destino y al usuario final se denominan como última milla, (CenturyLink 2021b, pp. 1–5).

2.6. Estándar XGPON

Para adentrarnos al estándar XG-PON empezaremos recordando primero, como fue evolucionando esta tecnología, empezando por la red PON, GPON y luego la XG-PON.

2.6.1. Redes PON

Las redes ópticas pasivas son redes punto multipunto, donde las señales que viajan en un único hilo de FO monomodo son divididas y distribuidas a través de uno o varios splitter ópticos, permitiendo que “n” número de convertidores de medio denominados terminales ópticos de red (ONTs) conecten a el equipo de cabecera OLT (Optical Line Terminal) o al usuario final llamado comúnmente (Ramírez Montilla, 2019, p. 2).

La red PON en un inicio tuvo su gran acogida en el mundo de la comunicación, es así como esta red PON, tuvo una mejora en su tecnología, pasándose a llamar APON el mismo que integraba nuevos servicios como distribuciones de video, ethernet y multiplexación de onda, teniendo así una mejora en el ancho de banda. La primera versión BPON se definió una tasa de transmisión de 155,52 Mbps tanto como de subida y de bajada, sin embargo, esta se modificó a 622Mbps en bajada (Sasil, 2022, pp. 80–86).

Esta tecnología no se quedaba ahí simplemente con esta actualización, es así como la ITU en el 2003-2004 aprueban un nuevo estándar que es la GPON con las diferentes recomendaciones técnicas estipuladas en G.984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4 y G.984.5, con características que deben cumplir y garantizar la interoperabilidad, haciendo que las estandarizaciones de la red PON cumplieran con velocidades mayores a los 1 Gbps (ITU-T, 2022, p. 7).

2.6.2. Estándar GPON

GPON (red óptica pasiva con capacidad de gigabit) es una red que alcanza un mayor ancho de banda es mucho más eficiente en la transferencia de paquetes grandes y de longitud variable, ofrece un tráfico mejor a los usuarios ya que usa un empaqueo con segmentación de cuadros, haciendo que este estándar ofrezca un mejor servicio (QoS), haciendo que el tráfico de voz y video sensibles a los retrasos, sean más eficientes evitando así la latencia en un alto porcentaje (Intel Corporation, 2021, p. 1).

a) GPON y Estandarización ITU-T

Tabla 2-2: ITU-T y PON – GPON, 10GPON y 40GPON

ITU-T Rec	Detalle
G.984.1	Redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit (GPON): características generales.
G.984.2	Redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit (G-PON): Especificación de capa dependiente de medios físicos (PMD).
G.984.3	Redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit (G-PON): Especificación de la capa de convergencia de transmisión.
G.984.4	Redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit (G-PON): Especificación de la interfaz de gestión y control de ONT.
G.984.5	Redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit (G-PON): banda de mejora.
G.984.6	Redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit (GPON): Extensión de alcance.
G.984.7	Redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit (GPON): De largo alcance.
G.987.1-4	Red óptica pasiva con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON) sistemas: Definiciones, abreviaturas y acrónimos.
G.989.1-3	Redes ópticas pasivas con capacidad de 40 Gigabit (NG-PON2): Definiciones, abreviaturas y siglas.

Fuente: (ITU-T 2016, p. 8)

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

La ITU-T (unión internacional de las telecomunicaciones- sector de las telecomunicaciones) en el año 2002 inicio a trabajar en GPON con el principal enfoque de ofrecer un ancho de banda mayor, un transporte eficiente para servicios IP y muchos servicios más con una especificación en recomendaciones mencionadas en la tabla anterior (Millán Tejedor, 2019, p. 3).

Como se puede apreciar en la tabla 2-2, la red GPON esta estandarizado en un conjunto de recomendaciones ITU-T G.984.x (x=1...4), como nos menciona (Millán Tejedor) estas recomendaciones fueron establecidas por la ITU-T en el año 2003-2004 siendo actualizadas continuamente, tomando en cuenta las funcionalidades que están relacionadas y no relacionadas con respecto a las tecnologías anteriores de la cual surge GPON como es principalmente BPON, GPON tiene una capa de transmisión completamente actualizada (Millán Tejedor, 2019, p. 3).

2.6.2.1. Arquitectura de la red GPON

La arquitectura de la red GPON está basada en la red óptica pasiva (PON) es una arquitectura de red punto a multipunto, en las instalaciones se utiliza Splitters (divisores ópticos) sin alimentación, haciendo que un solo hilo de fibra óptica sirva para varias instalaciones, de hogar o servicios de empresas u corporaciones según lo requiera, esta puede ser dividida hasta 128 usuarios, esta red utiliza una baja atenuación con un alto ancho de banda dando a si un servicio eficiente al usuario, en comparación con las líneas convencionales este servicio es muy eficaz y demandado en el mercado,(FS Community, 2021a, p. 2).

a) Componentes de la red de acceso FTTH con GPON

Este compuesto por diferentes componentes como la OLT, divisores ópticos cable de fibra, y termina de red óptica como se puede ver en la siguiente figura.

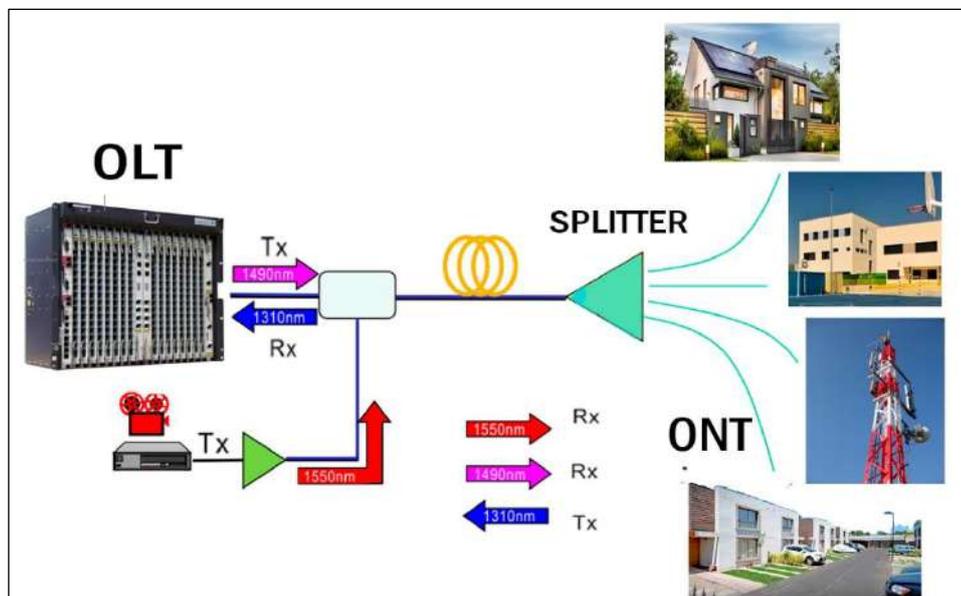


Ilustración 7-2: Parte de una red de Fibra Óptica

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

➤ OLT (Terminal de línea óptica)

El OLT es el elemento principal de la red, ya que es en donde se origina el sistema FTTH, este es el motor principal, el mismo que se encuentra en la oficina central, desde donde se puede monitorizar, programar, controlar y asignar el ancho de banda y otras funciones. Esta OLT funciona con corriente continua y tiene al menos una tarjeta de línea de internet

entrante, una tarjeta para configuración del sistema, y varias tarjetas GPON (FS Community, 2021b, p. 2).

➤ Divisor Óptico (splitter)

El divisor óptico es el encargado de dividir la potencia recibida de un hilo de fibra óptica, este divisor divide en un número específico de fibras o salidas, normalmente se realiza dos niveles de Splitteo, estos niveles pueden tener diferente salidas como son de 1xN (N=2,4,8,16,32,64) también existe uno que es de 1X128, pero las más conocidas son hasta 1x64 una entrada y N número de salidas, estos divisores ópticos pasivos tiene un rango de longitud de operación, también por cada uno de ella existen diferentes perdidas especificadas en la tabla 2-3, son de muy alta fiabilidad (FS Community, 2021c, p. 2).

Tabla 3-2: Perdidas del divisor óptico según el número de salidas

Atenuaciones del divisor de óptico	
Divisor óptico	Atenuación(dB)
1x2	-3,01
1x4	-6.02
1x8	-9.03
1x16	-12.04
1x32	-15.04
1x64	-18.07
1x128	-21.08

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

➤ Terminal de la red óptica (ONT)

La terminal de la red óptica es la que se utiliza en la instalación del cliente, esta se conecta a la OLT por medio de la fibra óptica tendida y que haya pasado por niveles de Splitteo o de forma directa en caso especiales, en este enlace no existen elementos activos presentes, en la red GPON el transceptor en la ONT es la conexión física entre el cliente y la OLT (FS Community, 2021d, p. 2).

b) Arquitectura GPON

La arquitectura está basada en una topología de árbol, la red GPON maximiza la cobertura y su capacidad con un mínimo de divisores ópticos. Esta red de acceso consta de cinco áreas que son:

- Área de red central
- Oficina central
- Alimentación
- Distribución
- Usuario

En la siguiente imagen se muestra más a detalle la arquitectura de la red GPON:

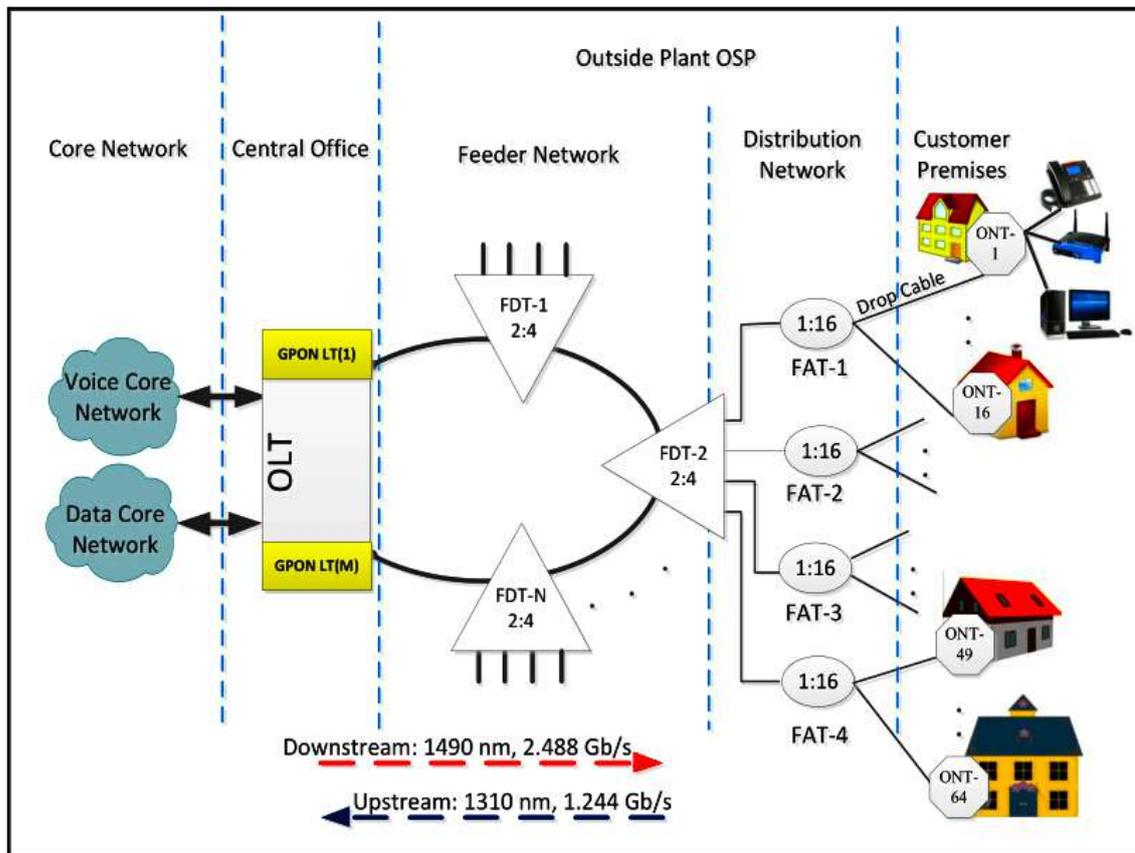


Ilustración 8-2: Arquitectura de la red GPON

Fuente: (FS Community 2021)

➤ Núcleo de red

“El núcleo de red incluye el equipo ISP del proveedor de servicios de Internet, PSTN, red telefónica conmutada y el equipo del proveedor de televisión por cable” (FS Community, 2021e, p. 3).

➤ Oficina central

“La función principal de la oficina central es alojar las OLT y ODF (marcos de distribución óptica) y proporcionar la alimentación necesaria. A veces, esta incluso puede incluir algunos de los componentes del núcleo de red” (FS Community 2021f, p. 3).

➤ Red de alimentación

La red de alimentación se extiende desde la ODF, de la oficina central, hasta los puntos de distribución. En estos puntos normalmente están las cajas para empalme y derivación situadas en la calle, muchas de estas montadas sobre postes o acometidas subterráneas también llamadas divisores de nivel 1. La fibra óptica de alimentación generalmente se conecta como una topología de anillo a partir de un puerto GPON y con una terminación en otro puerto GPON para así poder proporcionar protección de tipo B, tal y como se muestra en la imagen (FS Community 2021g, p. 3).

➤ Red de distribución

“Esta conecta con el switch de nivel 1 y divisor del nivel 2. El divisor de nivel 2 se encuentra normalmente en una caja terminal para FO, montada en un poste y normalmente situada en la entrada del usuario” (FS Community 2021h, p. 3).

➤ Área del usuario

En el área del usuario, es donde se conecta el divisor óptico del nivel 2, que se encuentra dentro de la caja terminal, a las instalaciones del usuario final. Para facilitar el mantenimiento o de fallos existente, el cable de derivación aéreo normalmente es colocado en la entrada de la casa del usuario en una caja terminal. Desde este punto se usa un cable de derivación de interior que conectaría esta caja terminal con la caja terminal de acceso instalada dentro de la casa de usuario final, luego de este el usuario deberá de conectarse mediante un cable a su respectivo dispositivo wifi u ordenador (FS Community, 2021i, p. 3).

2.6.3. Estándar XG-PON

La nomenclatura XG-PON es fácil de entender, que viene de **X** que hace refiere al número 10, la letra **G** que es le abreviado de Gigabit, y **PON** como se le conoce como Red Óptica Pasiva, entonces XG-PON se lo denomina también como red óptica con capacidad de 10Gigabits, el mismo que aborda todos los requisitos generales para la coexistencia de las redes GPON, con el fin de tener una convergencia de transmisión entre las dos tecnologías (ITU-T, 2016a, p. 15).

El estándar XG-PON mantiene muchas características de las redes PON y GPON que están en las recomendaciones (UIT-T G982) y las recomendaciones UIT-T G.983.x y UIT-T G.984.x., esto con el fin de mantener una coexistencia y compatibilidad con las redes de distribución óptica, dando a si una facilidad también de poder migrar de una red convencional GPON a una red XG-PON, existes dos tipos de XG-PON que están basadas en la velocidad de descarga, estas son (ITU-T, 2016b, p. 15).

- a) **XG-PON1** que tiene una capacidad de descarga de 2.5 Gbit/s
- b) **XG-PON2** que tiene una capacidad de subida/descarga de datos de 10Gbit/s considerándose como una tecnología simétrica, haciéndose llamar también como XGS-PON (S de simétrico).

2.6.3.1. Asignación de espectro óptico GPON, XG-PON.

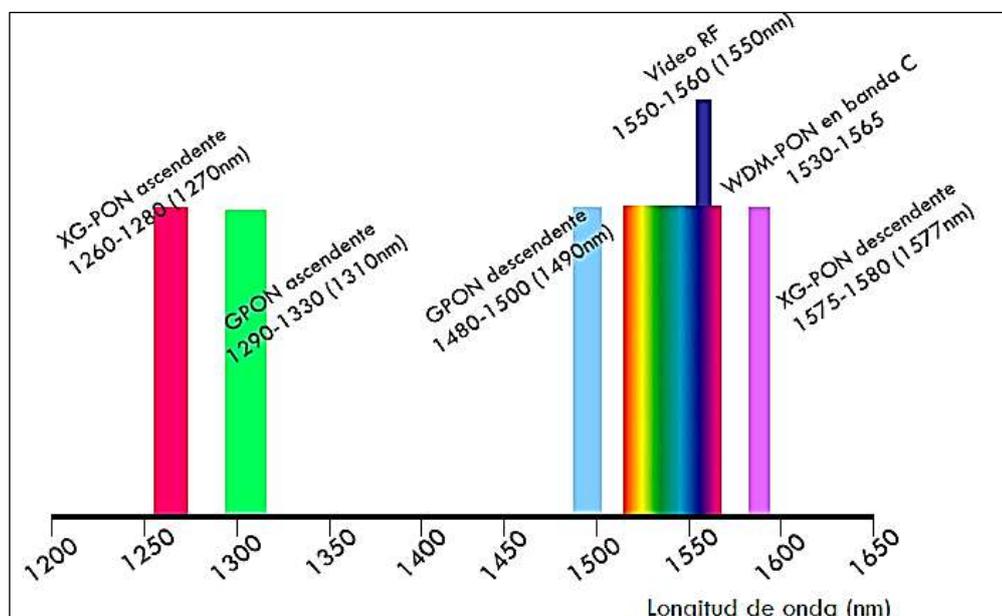


Ilustración 9-2: Asignación de espectro óptico GPON, XG-PON

Fuente: (Valles Portela 2019)

Gracias a la división de longitud de onda (WDM) que es una tecnología que nos permite transmitir varias señales, una de estas tecnologías permitidas, es la transmisión de señales independientes sobre un hilo de fibra óptica, utilizando portadoras ópticas cada una con una longitud de onda diferente, el mismo que es emitida por un Laser, Led o un VCSEL. Esta luz emitida por estos dispositivos, son acopladas en la fibra dependiendo a la tecnología que se esté usando, ya sea esta una red GPON o XG-PON se emitirá en esta luz en un respectivo espectro óptico como también en una longitud de onda requerida por la misma (Margaret, 2021a, p. 1).

a) Fuente de luz led & laser

La fuente de luz led es una fuente de luz estándar, en cambio la luz laser se lo usa comúnmente en casos especiales, los láseres son más potentes y funcionan a mayor velocidad que los leds, como también esta luz puede llegar a una mayor distancia con una tasa menor de pérdida en comparación que los Leds (Margaret, 2021b, p. 1).

b) Fuente de luz VCSEL

Conocido como fuente de luz de cavidad vertical o emisor superficial, es muy utilizado para redes de alta velocidad, que consiste en dos reflectores de Bragg, este tipo de laser es ideal para redes de alta velocidad de transmisión y un gran ancho de banda con un bajo costo, el cual sería ideal para trabajar con redes con capacidad de Gigabit/s (Margaret, 2021c, p. 1)

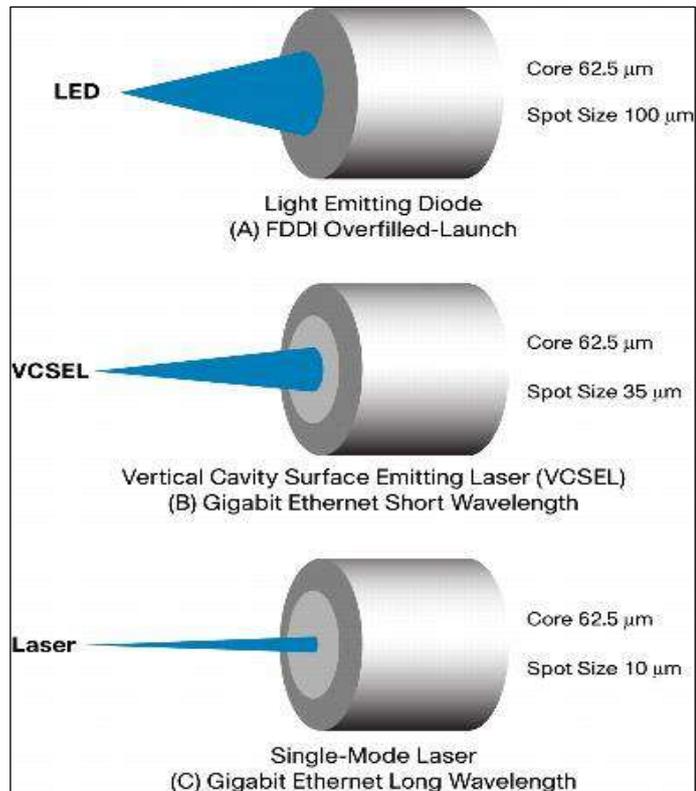


Ilustración 10-2: Tipos de emisores de luz óptico

Fuente: (Margaret 2021)

Nota: tenemos que sabes que ninguno de estos emisores de luz óptica emite una luz con longitud de onda única, si no que esta luz emitida tiene un rango de longitudes, el cual vendría siendo el ancho espectral de la fuente.

2.6.3.2. Arquitectura de la red XG-PON

La arquitectura de la red XG-PON, puedes ser activo o pasivo, esta arquitectura también es de punto a punto, de punto a multipunto, se puede decir que la arquitectura no tiene mucha diferencia con la arquitectura de la red GPON, como se puede ver en la figura (ITU-T, 2016c, p. 3).

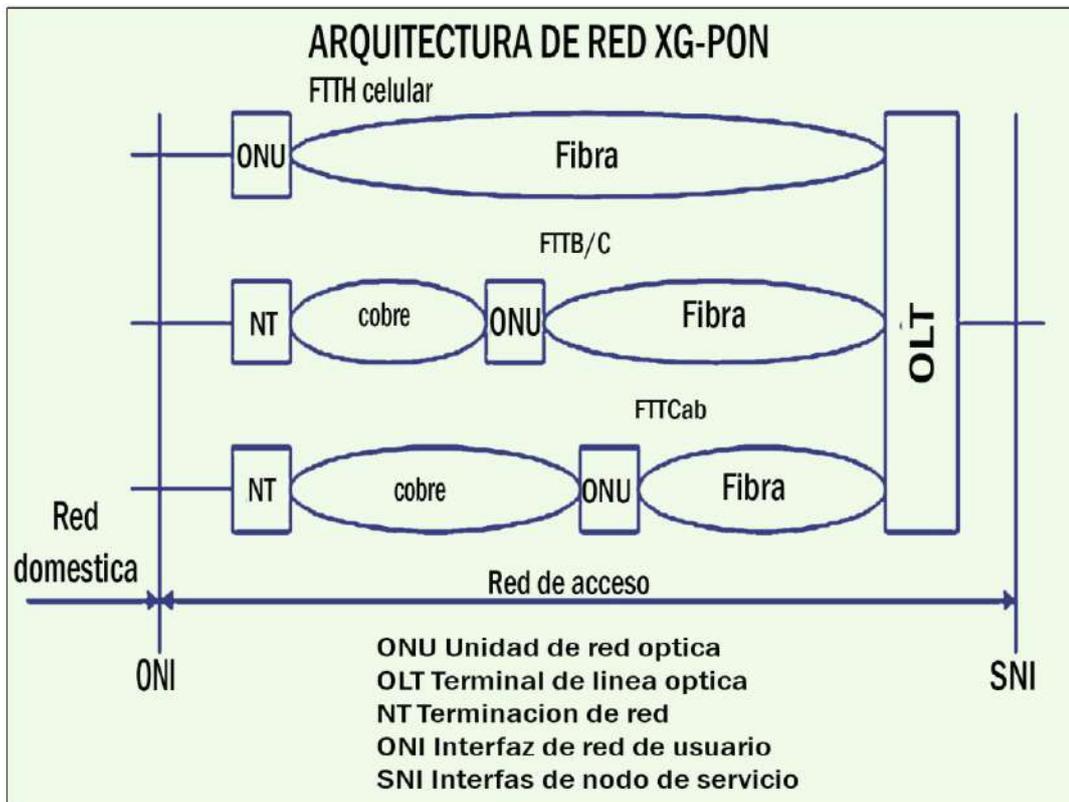


Ilustración 11-2: Arquitectura de la red XG-PON

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Como se puede observar en la figura la arquitectura de conexión de la red XG-PON está basada en las redes GPON y PON, con la única diferencia que en las redes XG-PON se transmite de subida y de bajada, para lograr esta transmisión bidireccional se usa la técnica WDM y también para el tráfico de bajada se lo realiza mediante TDM.

2.6.3.3. Rango de operación de las redes XG-PON

Las redes XG-PON ocupan dos diferentes rangos de longitud de onda para su operación que son:

- a) Conjunto básico de longitud de onda:

Consiste en utilizar diferentes rangos longitudes de onda como son: para el enlace descendente el rango de 1575-1580nm (longitud de onda central 1577nm), para el enlace ascendente el rango de 1260-1280nm (longitud de onda central 1270nm) (ITU-T, 2016d, p. 9).

b) Conjunto opcional de longitud de onda:

Consiste en reutilizar las longitudes de onda de G-PON, es decir para el enlace descendente un rango de 1480-1500nm (longitud de onda central 1490nm), y para el enlace ascendente un rango de 1300-1320nm (longitud de onda central 1310nm) (ITU-T, 2016e, p. 9)

2.6.3.4. *Servicios y requerimientos de XG-PON*

La tecnología XG-PON al ser una de las redes de nueva generación, tiene como objetivo principal el soportar satisfactoriamente muchos servicios, como para: Abonados convencionales, usuarios residenciales y empresariales como también el soporte de BACKHAUL móvil gracias a su alta capacidad de transmisión. En la siguiente tabla se puede especificar alguno de los servicios ofrecidos por la red XG-PON (Celi Izquierdo, 2022, p. 20).

Tabla 4-2: Servicios ofrecidos por una red XG-PON

Numero	Servicios	
1	Telefonía	VoIP
2		POTS
3	TV en tiempo real	IPTV
		Video RF
4	Línea dedicada	E1
5		T1
6	Internet de alta velocidad (banda ancha)	
7	Red trocal telefonía móvil	
8	Servicios L2 VPN	
9	Servicios IP	

Fuente: (Celi Izquierdo, 2022)

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Como podemos observar en la tabla 2-4, la red XG-PON nos brinda muchos servicios y a de más de eso es capaz de soportar todos los servicios ofrecidos por las tecnologías anteriores como son las redes PON y GPON, además de estos servicios tiene adicionales otros requisitos como son:

- a) Tolerancia máxima de retardo al momento de transferir la información, que vendría siendo un retardo máximo de 1.5 milisegundos ente los puntos Tx y Rx para poder dar los servicios requeridos por los usuarios.

- b) Tamaño máximo de paquetes Ethernet, debe soportar tramas con longitudes de 2000-9000 bytes para mejorar la transmisión de la información.
- c) Interfaz de usuario de red (UNI) e interfaz de nodo de servicio (SIN) para soportar los servicios mencionados en la tabla 2-4.

2.6.3.5. *Coexistencia GPON a XG-PON*

Como se ha venido tratado en el documento sabemos que la red GPON ya está plenamente establecidas en el mercado, sabiendo también que esta tecnología aun seguirá unos años más. Como podemos saber que ya se está implementando la tecnología XG-PON, por lo cual la tecnología GPON tendría que migrar a la nueva tecnología que vendría siendo XG-PON, el mismo que ira migrando progresivamente en los años venideros hasta que este globalmente implantada la nueva tecnología o las nuevas tecnologías que vienen a futuro.

“Para lograr la coexistencia de las tecnologías XGPON y GPON en la misma fibra, la central necesita un filtro WDM que combine la señal para el usuario y la señal de video” (FS community 2018j, p. 1)

Para realizar el cambio a la nueva tecnología, que viene siendo la coexistencia y la compatibilidad de estas dos tecnologías, para lograr esta migración se tendría varias opciones de compatibilidad como seria la multiplexación WDM1r externa, siguiendo un orden cronológico.

- a) Coexistencia de GPON a XG-PON por medio de la Multiplexación (WDM1r) externa.

Sabemos que **GPON y XG-PON** coexisten en la misma red mediante la multiplexación en la longitud de onda. El WDM1r será el elemento de encargado de multiplexar las longitudes de onda de ambos estándares para que puedan coexistir en un mismo ODN.

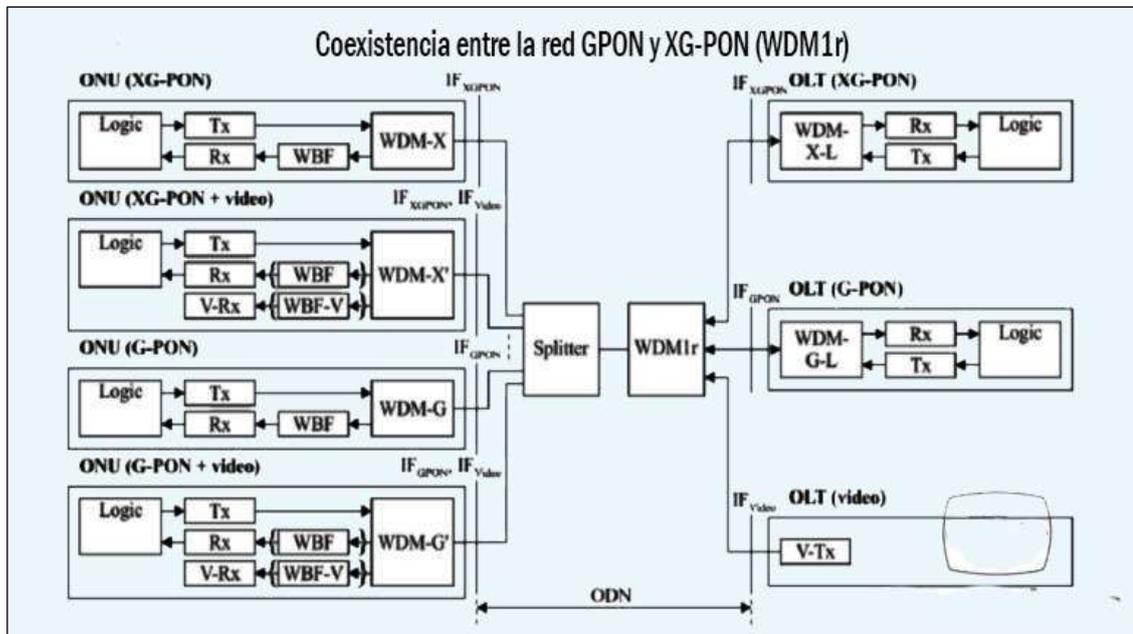


Ilustración 12-2: Coexistencia de la red GPON y XG-PON

Fuente: (Alea soluciones 2018)

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Como podemos ver en la imagen, para poder coexistir las dos tecnologías, los operadores van a necesitar implementar multiplexadores que combinen los dos puertos XG-PON y GPON, es así como WDM1r puede combinar y proporcionar hasta 16 slots o ranuras, las cuales admiten entrada tanto de GPON y XG-PON, esta salida de puertos ya dispone de señales multiplexadas (Alea Soluciones, 2018a, p. 2).

“Este dispositivo puede ser una de las soluciones para que ambas tecnologías sigan coexistiendo en el mercado, únicamente se necesita agregar equipos necesarios para dar servicio tanto en red GPON y XG-PON” (Alea Soluciones, 2018b), pero también por otro lado existen algunas desventajas como:

- Al momento de realizar la actualización esta sería muy compleja.
- La ONT necesitaría un filtro para eliminar la longitud de onda suscitadas en XG-PON1, en la ONT antiguas puede que este filtro no exista.
- Este tipo de multiplexadores hace que la señal óptica se atenúe.

b) Alcance del sistema XG-PON

El alcance del sistema XG-PON está determinado por la división. Por ejemplo, en una división de 32 y un presupuesto de enlace de 28 dB, el resultado típico sería de unos 20

km. XG-PON pueden adaptarse a escenarios de largo alcance mediante la introducción de extensores de rango de alcance medio. Para XG-PON, los extensores opto-eléctricos-ópticos (OEO) o SOA se pueden utilizar para alcanzar hasta 60 km algo que es limitado por el sistema GPON. Mientras que para la XG-PON2 en banda C/L, se puede usar el amplificador de fibra dopada con erbio (EDFA) para alcanzar hasta 100 km de alcance (FS community, 2018k, p.2)

c) Principales tecnologías adoptadas en el medio

Las tecnologías que están en auge, y las adoptadas en el medio son: GPON y XG-PON. Tanto GPON como XG-PON son redes PON asimétricas, dando un servicio equilibrado tanto de subida y de bajada. El ancho de banda de las redes GPON, su enlace de subida tiene una capacidad máxima de 1,25 Gbps y el enlace de bajada es de 2,5 Gbps, en cambio ancho de banda de XG-PON en el enlace de subida su capacidad en de 2,5 Gbps y en su enlace de baja su capacidad es de 10 Gbps. En las redes PON asimétricas los costos de instalación son relativamente bajas, como también su velocidad es muy baja. En la actualidad contamos con nuevos servicios como son transmisiones en vivo, interacción entre usuarios en tiempo real, educación, trabajos online, videos vigilancia y muchos servicios más, los mismo que requieren un ancho de banda más elevado por lo que la tecnología XG-PON en sus versiones XG-PON n2 o XGS-PON están mejorando sus velocidades de transmisión brindando un servicio asimétrico de subida/bajada de 10 Gigabits (Watson 2022, p.1). En la siguiente tabla podemos ver las capacidades de cada una de las tecnologías existentes.

Tabla 5-2: Capacidades de cada una de las tecnologías existentes en el medio

Especificaciones	GPON	10G-PON	
		XG-PON	XGS-PON
Longitud de onda	Descarga 1290-1330 nm	Descarga 1575-1580 nm	Descarga 1575-1580
	Subida 1290-1330 nm	Subida 1260-1280 nm	Subida 1260-1280 nm
Longitud de onda central	Descarga 1490 nm	Descarga 1577 nm	Descarga 1577 nm
	Subida 1313 nm	Subida 1270 nm	Subida 1270 nm
Tasa máxima de línea	Descarga 2,488 Gbit/s	Descarga 9,953 Gbit/s	Descarga 9,953 Gbit/s
	Subida 1,244 Gbit/s	Subida 2,488 Gbit/s	Subida 9,953 Gbit/s

Distancia máxima de transmisión física	60 km	100km	100km
	La distancia alcanzada depende del modelo del módulo óptico utilizado y la distancia en que este ubicada el Feeder.	La distancia alcanzada depende del modelo del módulo óptico utilizado y la distancia en que este ubicada el Feeder.	La distancia alcanzada depende del modelo del módulo óptico utilizado y la distancia en que este ubicada el Feeder.
Relación de división máxima	1:128	1:256	1:256
	El número máximo del divisor de onda dependerá también del módulo óptico utilizado y la distancia en que este ubicada el Feeder.	El número máximo del divisor de onda dependerá también del módulo óptico utilizado y la distancia en que este ubicada el Feeder.	El número máximo del divisor de onda dependerá también del módulo óptico utilizado y la distancia en que este ubicada el Feeder.

Fuente: (Watson 2022)

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

d) Arquitectura de la red XG-PON

En la arquitectura se podría hablar de la adaptación de más capacidad de transmisión sobre la red GPON y su coexistencia en el medio.

Como sabemos en el estudio de la red XG-PON se ha venido hablando de dos tecnologías tanto como las versiones N1 y N2 las cuales abarcan el alcance de las tecnologías anteriores como son GPON y en algunos escenarios la red PON.

De esta manera la arquitectura de la red XG-PON estaría dada en dos diferentes fases cada una adaptables entre sí y con las coexistencias de las tecnologías anteriores las mismas que se detallan a continuación.

➤ Arquitectura XG-PON (N1)

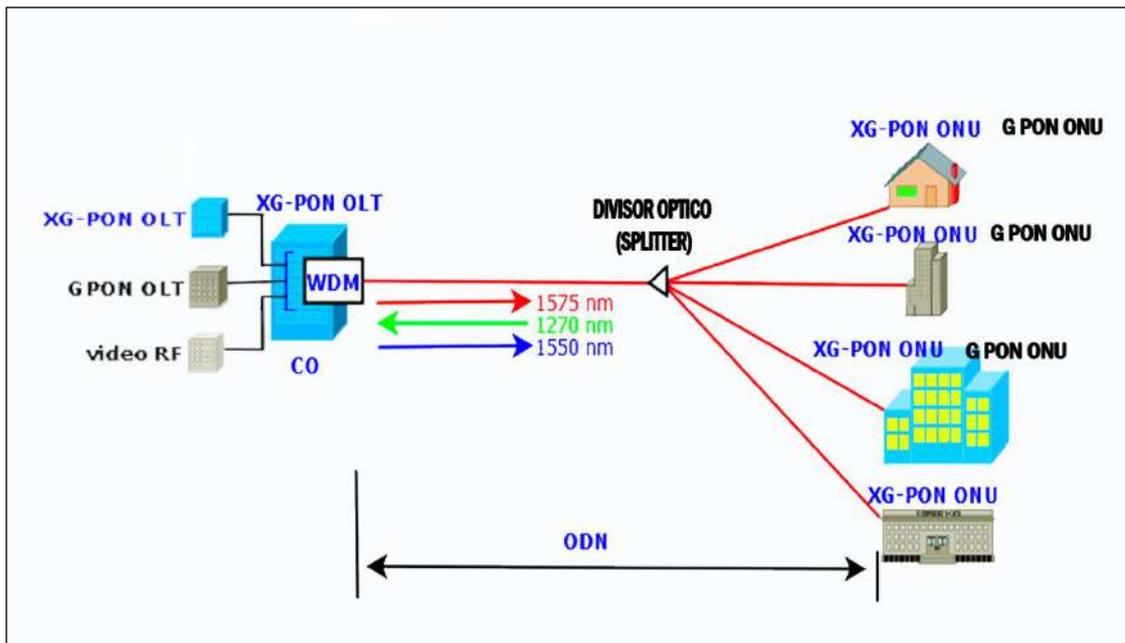


Ilustración 13-2: Arquitectura de la coexistencia entre G-PON y XG-PON

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Como podemos apreciar en la ilustración 2-13, la arquitectura nos indica la coexistencia entre las redes ópticas pasivas XG-PON y las redes G-PON, gracias a la WDM que es un filtro capaz de combinar o separar longitudes de onda de las redes coexistentes, en primera instancia podemos observar el ingreso de las tecnologías, siendo esta la OLT donde estaría instalada el WDM, que será en encargado de combinar las longitudes de onda dependiendo de la tecnología detectada, esto tanto para enlaces de subida y de bajada, en el nivel de splitter tendríamos un splitter convencional como en las red GPON, en la parte del usuario final podríamos instalar receptores con capacidades de XG-PON como también G-PON dependiendo de la tecnología enviada o solicitada por la empresas o usuario convencional, en el extremos del usuario en la ONU se debe de aclarar que el dispositivo instalado trabajara solo en XG-PON o GPON ya que esta no tiene la capacidad de asignación de longitudes de ondas distintas (Rosabal Montero, Rodríguez Torres 2019a, pp.8-9).

➤ Arquitectura XG-PON (N2)

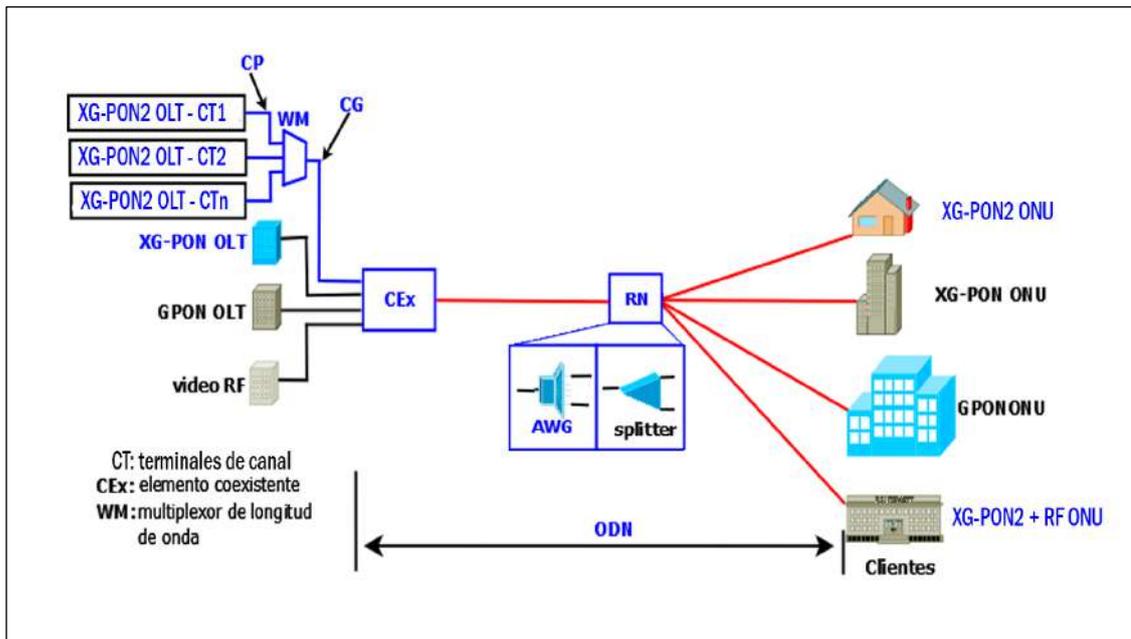


Ilustración 14-2: Arquitectura de la coexistencia entre G-PON, XG-PON y XG-PON2

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Como podemos observar en la ilustración 2-14, la arquitectura XG-PON (N2) está basada también en la coexistencia de las tecnologías anteriores, con la diferencia que ya se ha venido describiendo en su simetría de transmisión tanto en enlace de subida y de bajada, tenemos que tener en cuenta también que esta arquitectura conlleva a implementar una mayor infraestructura, como la WM (multiplexadores de onda) el mismo que se encargara de combinar las longitudes de onda de cada tecnología y como también debemos instalar un CEx (elemento coexistente) que se encargara de hacer que las redes ópticas existentes puedan ser utilizados en la misma red FTTH, como también en el punto de los divisores óptico tendremos instalados los AWG y Splitter ópticos dependiendo de la tecnología a instalar, como también pueden ir los dos, en el usuario final deberá ser instalados los equipos requeridos por el usuario tanto como receptores XG-PON(N2), XG PON y receptores ópticos G PON dependiendo del servicio requerido (Rosabal Montero, Rodríguez Torres, 2019b, pp.10–11).

e) Presupuesto de enlace óptico XG-PON

La estandarización del XG-PON1 establece un presupuesto de enlace suficiente para alcanzar un rango adecuado para GPON B+ y GPON C+. Considerando las pérdidas ligeramente superiores experimentadas por las longitudes de onda XG-PON1 con respecto a la longitud de onda GPON, las diferencias adicionales en la línea de transmisión entre

GPON y XG-PON, se obtiene un presupuesto de 29 y 31 dB según se compare con GPON B+ o GPON C+ (Juan 2018, p. 5)

f) Rango de atenuación de XG-PON

Tabla 6-2: Rango de atenuaciones de la FO según las clases y recomendaciones ITU-T

Recomendación ITU-T	CLASE	Rango de atenuación óptica(dB)
G.984.2 (2003)	GPON Clase A	5-20
G.984.2 (2003)	GPON Clase B	10-25
G.984.2 (2003)	GPON Clase C	15-30
G.984.2 Enmienda 1 (2006)	GPON Clase B+	13-28
G.984.2 Enmienda 2 (2008)	GPON Clase C+	17-32
G.987.2 (2010)	XG-PON N1	14-29
G.987.2 (2010)	XG-PON N2	16-31
G.987.2 (2010)	XG-PON E1	18-33
G.987.2 (2010)	XG-PON E2	20-35

Fuente: (Copa Merlo 2016)

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Como podemos ver el rango de atenuación van según la recomendación de la ITU-T, y dependiendo de esta recomendación esta especificada la clase que corresponde, en la tabla 2-6, también podemos observar que la clase B+ y C+ de las redes GPON, no son tan diferentes a las de XG-PON por lo que se puede aplicar estas clases de atenuaciones en una red XG-PON, para el diseño de la fibra óptica, en este caso para el diseño de la red XG-PON propuesta.

g) Parámetros ópticos para redes XG-PON

Para determinar los parámetros ópticos de una red XG-PON debemos de considerar que esta red lleva una coexistencia conjuntamente con las redes GPON, pero también debemos de tomar en cuenta que en la ITU-T G.9807.1 específica para redes XGS-PON los parámetros de diseño debe cumplir con la clase XG-PON N1-N2, tomando en cuenta esta recomendación, las redes XG-PON se puede aplicar los parámetros de la GPON Clase B+ y GPON Clase B+. De esta manera tendríamos que la potencia de lanzamiento (potencia en el transmisor) será de +4dBm ~+9dBm aproximadamente ya que esta puede variar entre los dos rangos, la sensibilidad de -28dBm y sobrecarga de -9dBm. El transmisor tendremos un enlace de subida de 2,488 Gbps y subida en modo ráfaga de 10 Gbps, en el receptor descendente de 10 Gbps (ORFA TECH 2022, p.2).

Tabla 7-2: Parámetros ópticos de una Red GPON B+ aplicables en XG-PON

Parámetro Interfaz GPON +B	ONT	OLT	FEC
Potencia media de arranque MIN	0.5dBm	1.5dBm	2dBm
Potencia media de arranque MAX	5dBm	5dBm	
Sensibilidad mínima	-27dBm	-28dBm	Margen de guarda
Sobrecarga mínima	-8dBm	-8dBm	-2dBm
Corrección óptica descendente	0.5dBm	0.5dBm	

Fuente: (Valles Portela 2019)

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Estos son los parámetros a tomar en cuenta al momento de realizar un diseño de red XG-PON en la parte práctica, teórica o de laboratorio, como también demos de tener en cuenta la longitud de la fibra óptica, la atenuación de cada fusión, la atenuación de los divisores ópticos.

Tabla 8-2: Atenuaciones y pérdidas de elementos

Atenuaciones del divisor óptico		Elementos de una red XG-PON		
Divisor óptico	Atenuación (dB)	Elemento	Longitud de onda	Atenuación (dB)
1x2	-3,01	Multimodo 50/125 μ m (OM2/OM3/OM4)	850 nm	3.5 dB/km
1x4	-6.02	Multimodo 62.5/125 μ m (OM1)	850 nm	3.5 dB/km
1x8	-9.03	Monomodo de 9 μ m	1310 nm	0.4 dB/km
1x16	-12.04	Monomodo de 9 μ m	1550 nm	0.3 dB/km
1x32	-15.04	Empalme por fusión		-0.1 a -0.2
1x64	-18.07	Empalme mecánico		-0.5
1x128	-21.08	Pérdidas inserción (empalmes)		-0.3 a -0.5

Fuente: (Valles Portela 2019)

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

h) Presupuesto óptico y la distancia

Para el presupuesto óptico de toda red XG-PON se debe de tener en cuenta lo siguiente.

Debemos de calcular el total de la atenuación que existe en la red óptica tomando en cuenta número de divisores ópticos, distancia de la fibra óptica, número de empalmes, número de conectores, como indica la siguiente formula.

Atenuación T (At)

$$= \text{Atenuación de FO (Afo)} + \text{Atenuaciones por splitters (As)} \\ + \text{Atenuaciones por fusiones (Af)} + \text{Atenuaciones por conectores (Ac)} \\ + \text{margen de guarda (Mg)}$$

Para realizar este cálculo teórico se debe de tomar en cuenta las atenuaciones más altas, correspondiente a la fusión, empalme mecánico e inserción, para tener una mejor estimación y que la red a diseñar sea eficiente. En la ilustración 15-2, veremos un ejemplo del cómo está constituido una red de FTTH desde la OLT hasta llegar al usuario final la ONT.

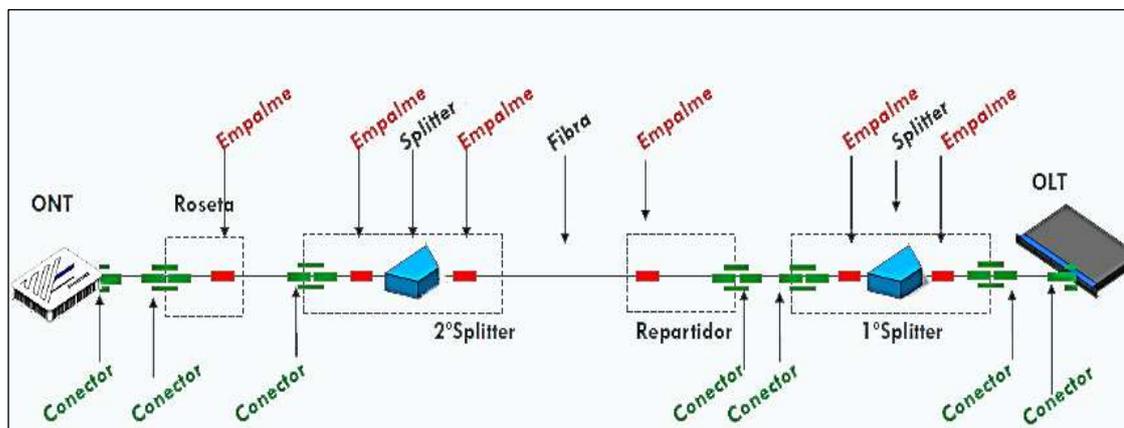


Ilustración 15-2: Constitución de la red FTTH

Fuente: (Valles Portela 2019)

2.7. Análisis del Software de simulación

Para el diseño y comprobación de la red XG-PON es necesario usar un software que nos ayude a simular esta red, por lo cual a continuación se mencionara uno de los softwares que nos facilitara con la simulación.

2.7.1. OptiSystem

“Es un paquete de simulación, diseño, optimización de sistemas ópticos, de cualquier tipo de enlace óptico en la capa física, tiene una alta diversidad de redes ópticas, desde sistemas de

transmisión de video analógico hasta redes troncales intercontinentales” (Corporación Optiware, 2020a, p.1).

“Es un simulador a nivel de sistema basado en el modelado realista de sistemas de comunicación de FO, OptiSystem posee un entorno de simulación potente y una definición verdaderamente jerárquica de componentes y sistemas ópticos” (Corporación Optiware, 2020b, p.1).

“OptiSystem sirve para una amplia gama de aplicaciones, desde el diseño de redes CATV/WDM y el diseño de anillos SONET/SDH hasta el diseño de mapas y el diseño de transmisores, canales, amplificadores y receptores” (Corporación Optiware, 2020c, p.1).

“OptiSystem contiene un componente de MATLAB que permite al usuario llamar a MATLAB dentro de su entorno para incorporar nuevos componentes o modelos al software, utiliza archivos .dll de MATLAB para evaluar el script y cargar el código de ejecución” (Corporación Optiware, 2020d, p.1).



Ilustración 16-2: Interfaz del software OptiSystem

Fuente: (Optiwave Optisystem 2022)

2.7.1.1. Beneficios específicos:

- Proporciona información global sobre el rendimiento del sistema
- Evalúa las sensibilidades de los parámetros para ayudar en las especificaciones de tolerancia del diseño
- Presenta visualmente opciones de diseño y escenarios a clientes potenciales.
- Brinda acceso directo a extensos conjuntos de datos de caracterización del sistema.

- Proporciona barrido y optimización automáticos de parámetros
- Se integra con la familia de productos Optiwave (Govind,2021, p. 5)

2.7.1.2. *Las principales herramientas de análisis, que permite visualizar son:*

- Q-factor (factor de calidad)
- Diagramas de constelación
- Analizador de espectro óptico.
- Analizador de diagrama de ojo.
- Analizador de tasa de error (BER) (Cruz Naula, 2019a, p.44)

2.7.1.3. *Las características que presenta este software son:*

- Capacidad de diseño y simulación de redes ópticas
- Capacidad de simulación como:
 - Mezcla de 4 longitudes de onda
 - Modulación cruzada de fase
 - Modulación de auto-fase (Cruz Naula, 2019b, p.44)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se describe todas las técnicas utilizadas para realizar la investigación, se detallará los requisitos necesarios para realizar el diseño de la red FTTH, para mejorar el servicio de internet en la comunidad de Gunudel en el canto Saraguro.

3.1. Metodología de la investigación

Se lo realizó con el objetivo de recolectar toda la información necesaria a cerca del servicio existentes en la comunidad, de esa manera poder determinar los puntos más importantes para el desarrollo de la red FTTH, para mejorar el servicio de internet en la comunidad de Gunudel en el Cantón Saraguro.

3.1.1. Tipos de investigación

Para realizar el presente trabajo de titulación se utilizó diferentes métodos de investigación como son la descriptiva, bibliográfica y estudio de campo.

3.1.1.1. Investigación Bibliográfica

Se investigó en diversos libros, se rescató información de fuentes académicas, de diversas fuentes de información confiables que abordan información de redes de comunicación sobre FO, enfocándonos siempre en el estándar de comunicación como es el XG-PON, como también se investigó sobre la información acerca de los servicios existentes en la comunidad de Gunudel en el cantón Saraguro.

3.1.1.2. Investigación de campo

En el desarrollo de este modelo de investigación, se recurrió en ir hasta la comunidad en estudio, para, de esta manera adquirir mayor información, tanto del estado actual de los servicios y el nivel de conformidad con el mismo, en base a esta información poder plantear de mejor manera las especificaciones necesarias para el desarrollo de nuestro trabajo de Integración Curricular.

3.1.2. *Técnicas*

Las técnicas que se determinaron para desarrollo de este trabajo de Integración Curricular fueron los primarios y secundarios.

3.1.2.1. *Fuentes primarias*

En este punto se utilizó documentación acerca del estándar XG-PON, como también la ayuda de la internet y de investigaciones anteriormente desarrolladas como artículos científicos y tesis.

- El los documentos de información principalmente están regidas en las normativas estipuladas en la ITU-T G.984.x que es la principal institución en estipular las normativas de las redes de comunicación en FO.
- En cuanto al programa de desarrollo. OptiSystem es el principal programa que ayudará en la simulación de la red diseñando, garantizando de esta manera la eficiencia y que cumpa con todos los parámetros planteados.

3.1.2.2. *Fuentes secundarias*

En las fuentes secundarias tenemos como principal el desarrollo de encuestas y la observación de sitio en estudio.

- Encuesta

La encuesta se desarrolló con el objetivo principal de analizar los servicios de telecomunicaciones que existente en la comunidad, principalmente enfocados en la calidad de servicio de la internet.

- Observación

La observación se utilizó con objetivo de analizar personalmente el estado de la comunidad su conformación geográfica e infraestructura de la misma, para de esta manera desarrollar de mejor manera el diseño de la red FTTH (XG-PON)

3.2. Requisitos técnicos para el diseño de la red FTTH

Para el diseño de la red FTTH se necesita que cumpla con los siguientes requerimientos técnicos como:

- Descripción de la comunidad en estudio (Gunudel).
- Elección de un tipo de arquitectura a utilizar en la red FTTH.
- Elección de un tipo de topología a utilizar en la red FTTH.
- Elección del material a utilizar, tipo de fibra óptica, conectores y cableado.
- Puntos geográficos para la ubicación de los equipos.
- Establecer el ancho de banda de la red FTTH.

3.2.1. Descripción de la comunidad en estudio (Gunudel)

La comunidad en estudio (Gunudel) posee 303 habitantes con un total de 107 viviendas, la mismas que están un 70% de estas incorporadas como se muestra en la imagen, y el 30% esparcidamente en toda la comunidad. Esta comunidad posee un centro educativo, talleres de arreglo automotriz, y centros de deportes.



Ilustración 1-3: Zona de estudio

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Podemos observar en la ilustración 1-3, como esta zonificado la comunidad de Gunudel el mismo que fue dividido en tres zonas como se indica en la siguiente ilustración.

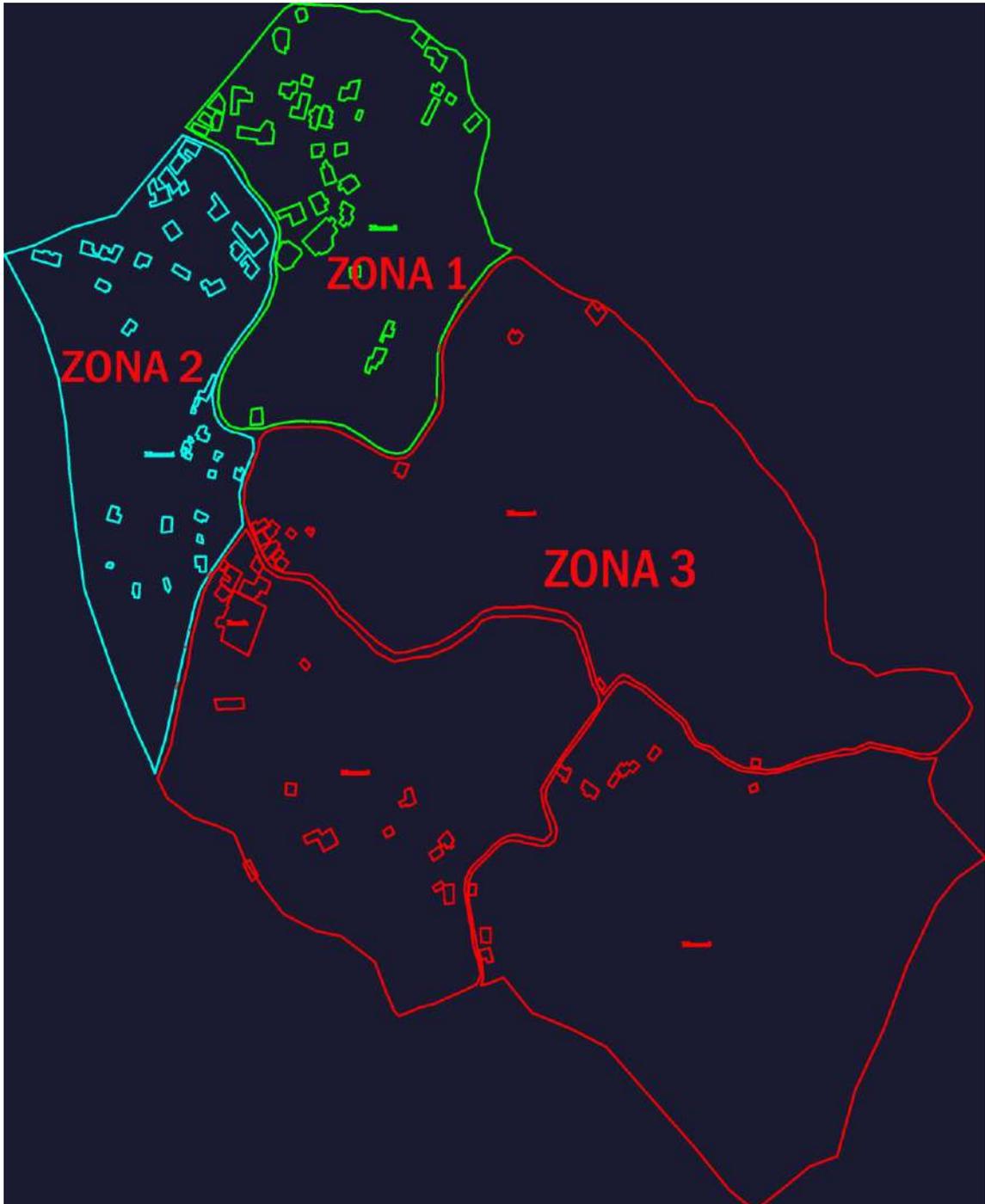


Ilustración 2-3: Zonificación de la comunidad de Gunudel

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

3.2.2. Estudio de la demanda de servicios en la comunidad en estudio

Para el estudio de la demanda existente de servicio de la internet y más servicios de telecomunicaciones en la comunidad de Gunudel, como también el número poblacional, se lo realizó a través de encuestas, a las viviendas existentes, centro educativo, locales de negocios y talleres existentes en la zona de estudio, basándonos en que no existen datos históricos de la demanda de servicios de telecomunicaciones en la comunidad

3.2.2.1. Muestra poblacional

El proyecto está enfocado a la comunidad de Gunudel como se detalla en la ilustración 3-1, del mismo que se tiene datos como en número de habitantes, número de viviendas, gracias a datos facilitados por cabildo de la comunidad. El mismo que se utilizó para determinar la densidad poblacional existente, como también el número de encuestas a realizar. Para determinar el número de encuestados que se debe realizar en la comunidad se utiliza la siguiente formula.

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

El mismo que se utiliza cuando el número del mercado meta es menor a las 100000 personas en este caso estaremos calculando para una población de 107 viviendas. En la tabla 3-1, se especifica cada uno de los parámetros y los porcentajes a tomar en cuenta para realizar esta encuesta y que los datos obtenidos sean fiables.

Tabla 1-3: Datos para el cálculo del número de encuestados

Número de encuestas a realiza		
n=muestra		?
N= población # viviendas		107
p= probabilidad a favor	50%	0,5
q= probabilidad en contra	50%	0,5
e = error de la muestra	5%	0,05
z= nivel de confianza	95%	1,96

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

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

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 107}{0.05^2(107 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 83,8606169 \text{ viviendas}$$

Redondeando tendríamos 84 viviendas a encuestar para que nuestra información sea fiable.

Preguntas planteadas para la el cumplimiento con el objetivo planteado y sus resultados obtenidos.

3.2.2.2. Análisis de los datos obtenidos.

Teniendo en cuenta la muestra poblacional se realizaron 84 encuestas en toda la comunidad de Gunudel, la misma consta de 11 preguntas como se indica en el anexo A, el mismo que consta de preguntas de interés como, si cuentan o no con el servicio, tipo de plan de internet que utilizan, que calidad de servicio poseen, entre otros relacionados a servicios de telecomunicaciones. A continuación, se detalla los resultados obtenidos en cada ítem de la encuesta.

1. ¿Usted cuenta con servicio de internet en su domicilio? En caso de no contar con el servicio pase a la pregunta 9.

Con esta pregunta se pretende saber el número de viviendas que cuenta con el servicio de internet, en la siguiente tabla se detalla el número de viviendas que cuentan y no cuentan con el servicio de internet.

Tabla 2-3: Número de usuarios de internet

Respuestas	N.º de Encuestados
si	72
no	12
No se	0
Total	84

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Dándonos un total de 86% de viviendas que cuentan con el servicio de internet como se muestra en la siguiente ilustración.

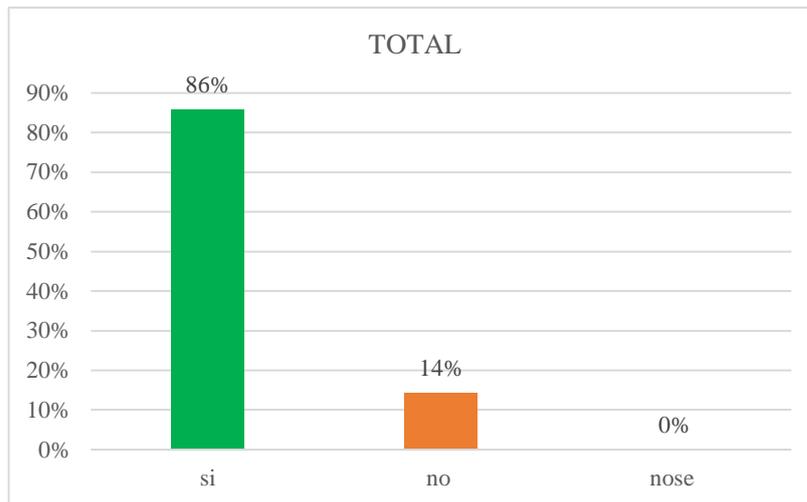


Ilustración 3-3: Porcentaje de viviendas con el servicio de internet

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

2. ¿En su casa cuantas personas usan internet?

Esta pregunta fue planteada con el objetivo de saber el número de usuarios que existen en cada vivienda, dato que nos ayudara a plantear la capacidad necesaria para el diseño de nuestro trabajo de Integración Curricular. En la siguiente tabla se detalla de mejor manera el número de usuarios existentes por cada vivienda.

Tabla 3-3: Número de usuarios por viviendas

RESPUESTAS	N.º de Encuestados
1 a 4 personas	20
4 a 6 personas	23
Mas de 7	29
Total	72

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

En la ilustración 4-3, se detalla el porcentaje existente en cuanto al número de viviendas con mayor y menor número de usuarios del servicio de internet.

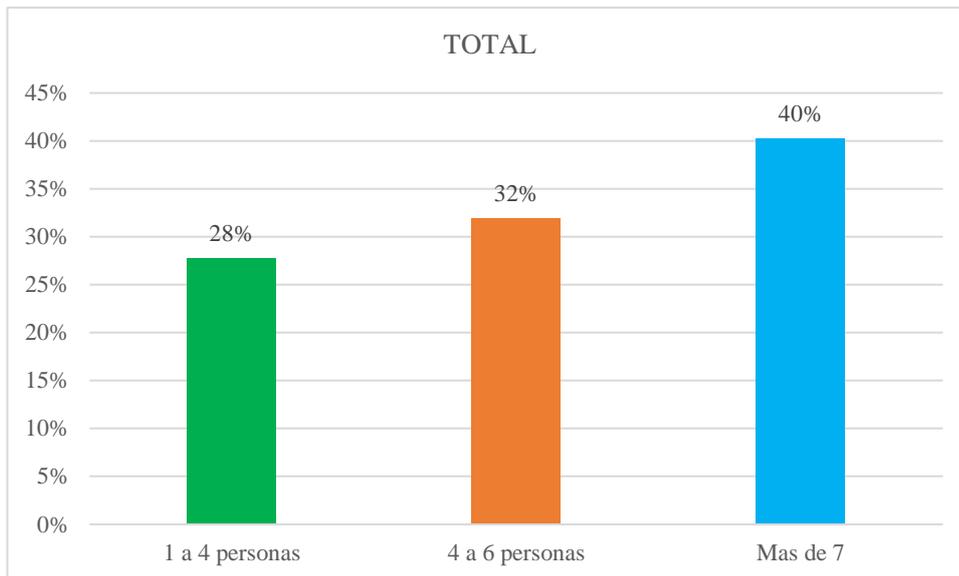


Ilustración 4-3: Porcentaje de viviendas con mayor y menor número de usuarios

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

3. ¿Con que frecuencia ingresa a un servicio de internet?

Esta pregunta es planteada con el objetivo de obtener la frecuencia en que el usuario accede al servicio de internet, ya que con este dato podremos saber si el internet es necesario o no en el diario vivir de los comunitarios. En la siguiente tabla se detalla los resultados obtenidos.

Tabla 4-3: Frecuencia de uso del internet

RESPUESTAS	N.º de Encuestados
1 a 3 veces por semana	3
4 a 6 veces por semana	8
Todos los días	61
Total	72

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

En la siguiente ilustración se detalla el porcentaje en la que los usuarios se conectan al servicio de internet.

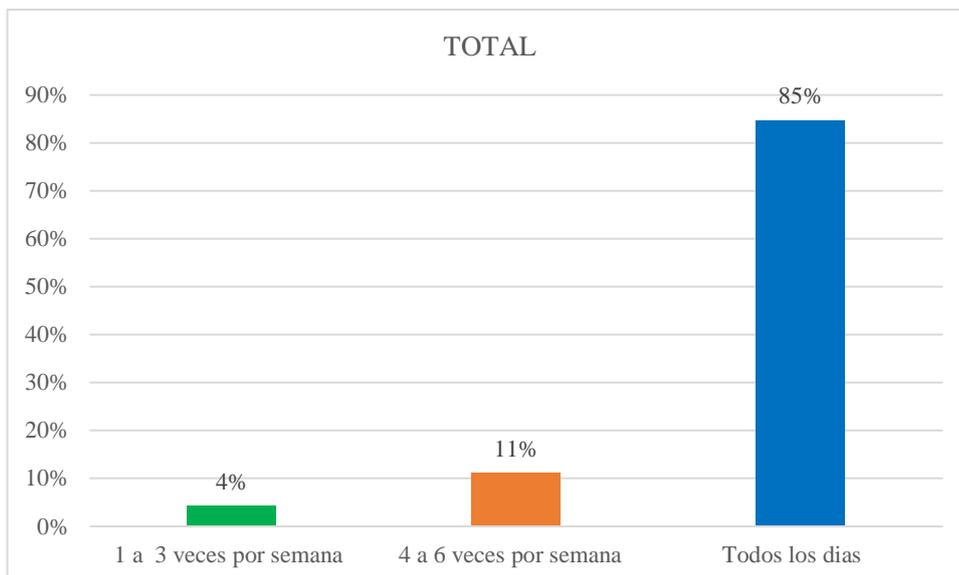


Ilustración 5-3: Porcentaje de conexión a la internet

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Como podemos observar en la ilustración 5-3, que el internet es utilizado a diario por la mayoría de los comunitarios, deduciendo así que la internet es una herramienta muy importante para los comunitarios.

4. ¿Con que compañía tiene contratado el servicio de internet?

El objetivo de esta pregunta es saber cuál de las empresas existentes en Saraguro es la que tiene mayor acogida en la comunidad, de esta forma tener un dato adicional y conocer un poco más de la empresa. En la tabla 5-3 se detalla los resultados.

Tabla 5-3: Compañías de servicio de internet con mayor acogida

RESPUESTAS	N.º de Encuestados
SARAGUROS.NET	50
D'UNA NET	15
AUSTTEL	7
Total	72

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

De la misma manera en la ilustración 6-3, podremos ver el porcentaje de acogida que tiene cada empresa en la comunidad.

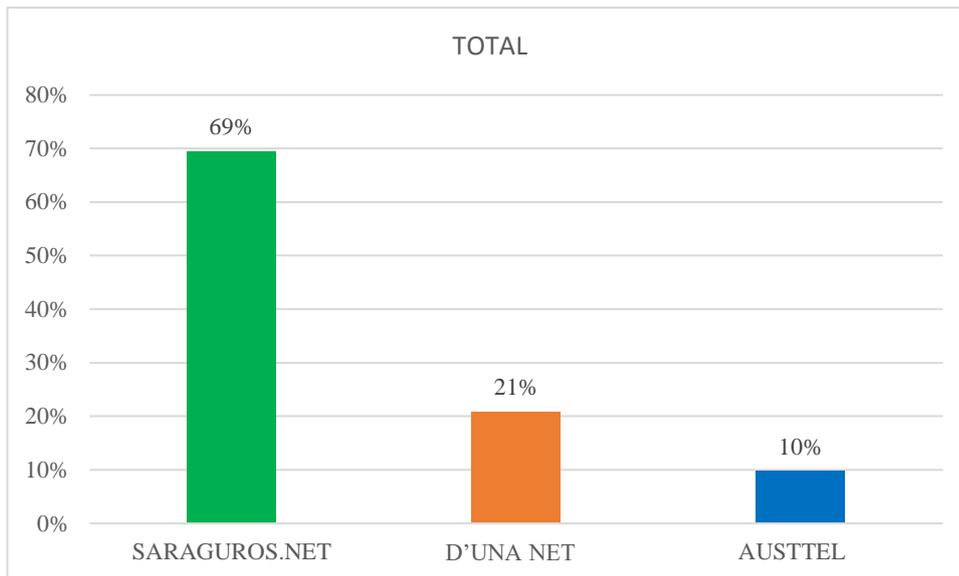


Ilustración 6-3: Porcentaje de acogida de las empresas en la comunidad

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Como podemos observar en la ilustración 6-3, que la empresa sarguros.net tiene una mayor acogida en la comunidad, así como también la empresa D'UNA Net obteniendo un segundo lugar y seguida por la empresa AUSSTEL la misma que tiene un bajo porcentaje de usuarios en la comunidad.

5. ¿Sabe por qué medio le brinda el servicio de internet?

Esta pregunta es fundamental para el desarrollo del proyecto de Integración Curricular ya que mediante esta vamos a saber con qué medio están brindando servicio de internet, y de esta manera poder enfocar un mejor diseño de red FTTH. En la siguiente tabla se detalla los resultados.

Tabla 6-3: Medios por la cual se está brindando servicio de internet

RESPUESTAS	N.º de Encuestados
Radio frecuencia	20
Fibra óptica	52
Telefónica (Dial_Up)	0
Satelital	0
Total	72

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Como también podemos ver en la ilustración 7-3, el porcentaje de cada uno de los medios en la cual se está ofreciendo el servicio de internet.

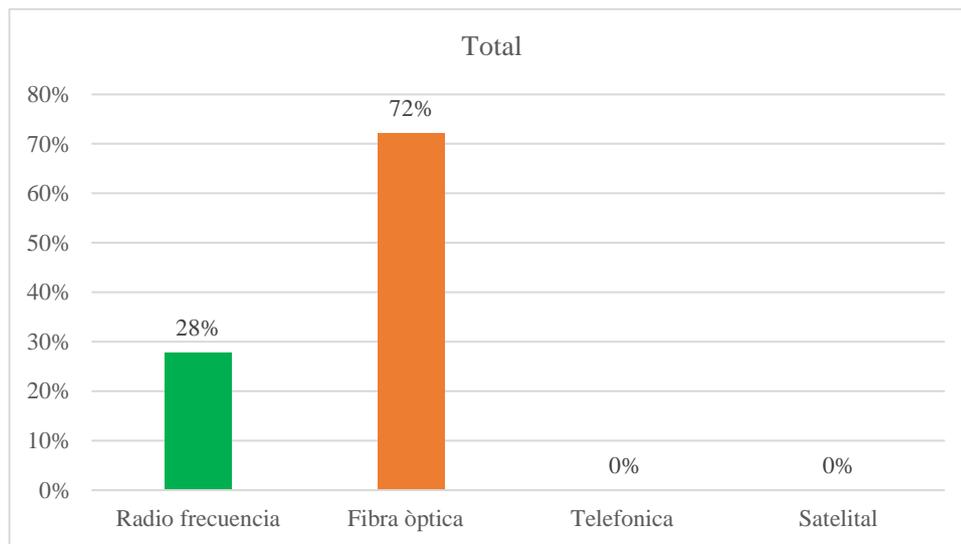


Ilustración 7-3: Porcentaje del medio en la que se brinda servicio de internet

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Claramente se puede observar que la Fibra óptica es el medio principal en la que se ofrece el servicio de internet en la comunidad, como también se puede ver que el servicio de internet por radio frecuencia aún sigue siendo utilizado por las empresas para ofrecer servicio de internet, se puede ver también que el servicio de internet por medios satelitales y Dial-UP no existen en esta comunidad.

6. ¿Cuál es el plan de internet que cuenta en su hogar?

Mediante esta pregunta podremos saber el plan de internet que usan los comuneros, con esta pregunta nos daremos cuenta del servicio que más ocupan, ya que mediante esta nos fijaremos y plantaremos brindar un mayor ancho de banda para cada usuario. En la siguiente tabla se detalla la información obtenida.

Tabla 7-3: Plan de internet que mayor usan los Comuneros.

RESPUESTAS	N.º de Encuestados
Básico (20 y 30 Mbps) 15\$-20\$	56
Estudiantil (50 Mbps) 25\$	14
Familiar (70 Mbps) 30\$	2
Full (100 Mbps) 50\$	0
Exclusivo (200 Mbps) 70\$	0
Avanzado (400 Mbps) 100\$	0
Total	72

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

En la siguiente ilustración podremos observar el porcentaje del plan que mayor usan los comuneros.

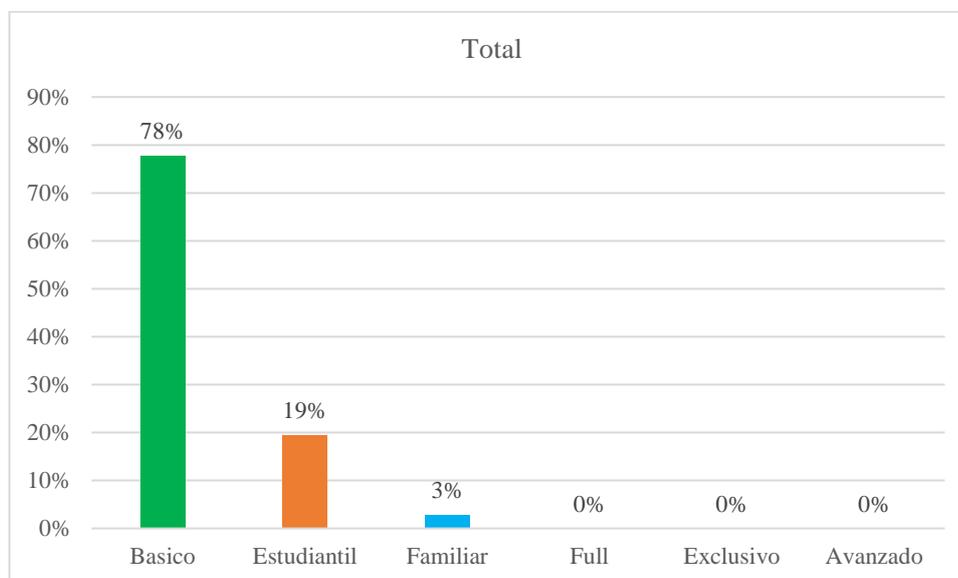


Ilustración 8-3: Porcentaje de planes usados por la comunidad

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Podemos deducir que la comunidad en un 78% usa un servicio básico de internet, por lo cual nos lleva a plantearnos la siguiente pregunta con respecto a la calidad de servicio.

7. ¿Como califica, el servicio de internet a su proveedor?

Esta pregunta es plantada con el objetivo de saber la calidad de servicio que están ofreciendo las empresas a la comunidad de Gunudel, el mismo que nos ayudara a proyectar de una mejor manera

el desarrollo del proyecto de titulación, o si no determinar la viabilidad del mismo. En la siguiente tabla se muestra los resultados.

Tabla 8-3: Calificación del servicio ofrecido en la comunidad

RESPUESTAS	N.º de Encuestados
Mala	47
Buena	22
Muy buena	3
Excelente	0
Total	72

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

En la ilustración 9-3, podremos observar el porcentaje en calidad de servicio ofrecido a la comunidad de Gunudel.

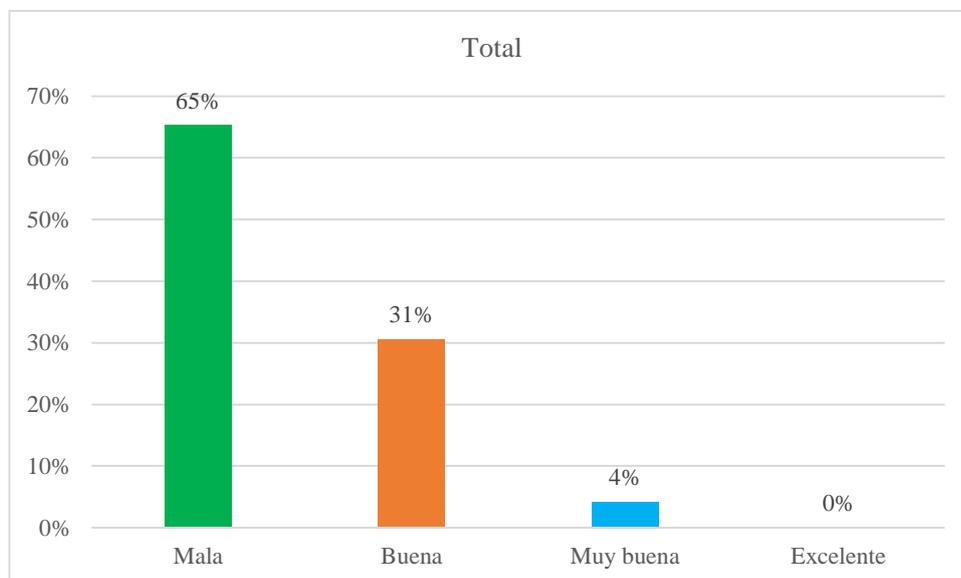


Ilustración 9-3: Porcentaje de calidad de servicio

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

En la ilustración 9-3, nos podemos dar cuenta que el servicio ofrecido no es de buena calidad, el cual nos da la viabilidad de desarrollar nuestro proyecto para mejorar el servicio de internet para la comunidad de Gunudel mediante el diseño de una red FTTH con el estándar XG-PON.

8. ¿Su proveedor de internet le brinda otras promociones más del internet?

Con esta pregunta se pretende saber qué tipo de promociones adicionales están recibiendo los usuarios de la internet por parte de las empresas. De lo cual se obtuvo lo siguiente tabla tanto como el número de encuestados como el porcentaje.

Tabla 9-3: Servicios y promociones adicionales

RESPUESTAS	N.º de Encuestados	Porcentaje
TV por cable	0	0%
Teléfono	0	0%
Promociones	2	3%
Otro (desconocen)	70	97%
Total	72	1

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Como podemos ver en la tabla 9-3 los comuneros no conocen a cerca de las promociones que tiene el servicio de internet que han contratado, del cual en ítem Otro lo han remplazado por desconozco, siendo este el 97% de los usuarios.

9. ¿Qué motivo hace que usted no cuente con el servicio de internet?

Se planteo esta pregunta con el objetivo de saber el motivo del porque no tenían un servicio de internet en sus hogares, del mismo se pudo obtener que existe el 83% de las personas que no lo tienen por la economía y el 17% simplemente porque no lo necesitan, así como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 10-3: Motivos de no contar con servicio de internet

RESPUESTAS	N.º de Encuestados	%
Economía	10	83%
no necesito	2	17%
Total	12	1

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

10. ¿Conoce cuantas compañías de internet existe brindando el servicio en la comunidad?

Esta pregunta está enfocada a saber si los comuneros saben o conocen las empresas que brindan servicios de internet, de las cuales las respuestas obtenidas son las siguiente.

Tabla 11-3: Nivel de conocimiento de las empresas existentes.

RESPUESTAS	N.º de Encuestados	%
si	80	95%
no	4	5%
Total	84	1

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Dándonos un total de 95% de los comuneros que conocen alguna empresa que brinda el servicio de internet, de los cuales el más conocido se detalla a continuación en la siguiente ilustración.

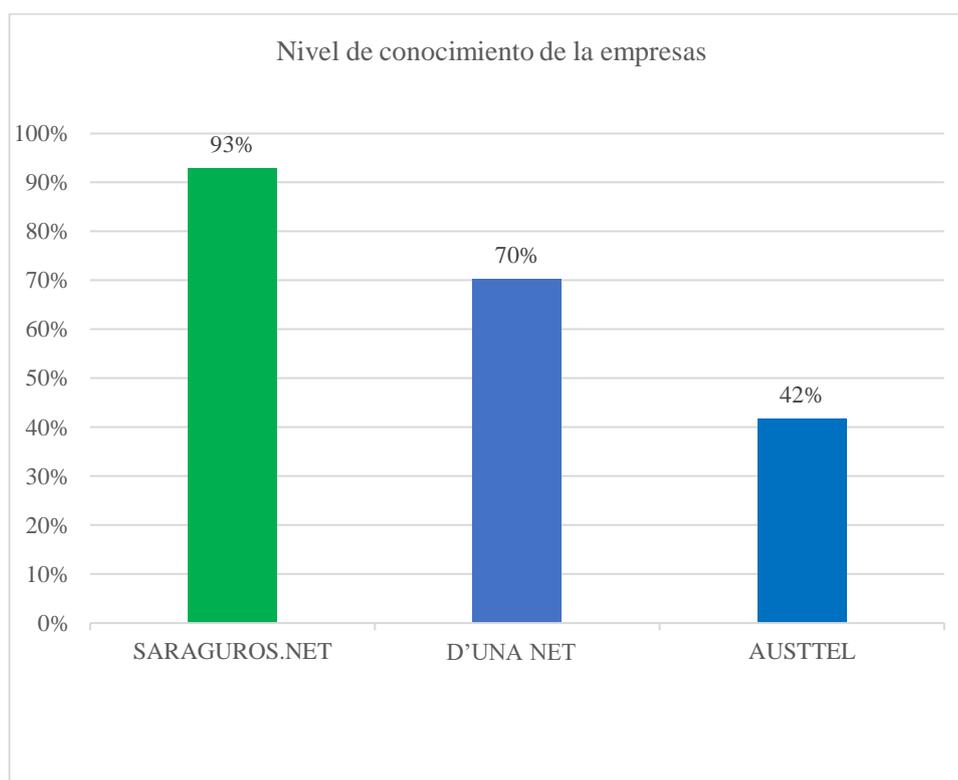


Ilustración 10-3: Nivel de conocimiento de empresas existentes

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Como podemos ver en la gráfica el 93% de las personas escribieron que conocen la empresa SARAGUROS.NET el 70 % de los comuneros escribieron que saben que existe la empresa D`UNA NET y el 42% de los comuneros escribieron que conocen la empresa AUSTTEL.

11. Estaría dispuesto a contratar el servicio en otra empresa o proveedor, que le ofrezca mejores planes de servicios. (Planes de internet más elevado y bajo costo)

Esta pregunta fue elaborada para saber que los usuarios de la internet de la comunidad estén dispuestos a migrar a nuestra red de servicio de internet, de esta manera poder desarrollar la red FTTH con el estándar XG-PON con más seguridad que si va ser acogida por los comuneros. En la siguiente tabla se detalla los resultados obtenidos

Tabla 12-3: Nivel de aceptación por un nuevo proveedor de servicios

RESPUESTAS	N.º de Encuestados	%
si	75	89%
no	9	11%
Total	84	1

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Del cual se obtiene un nivel de aceptación por un nuevo proveedor de servicio del 89% como se indica en la siguiente ilustración.

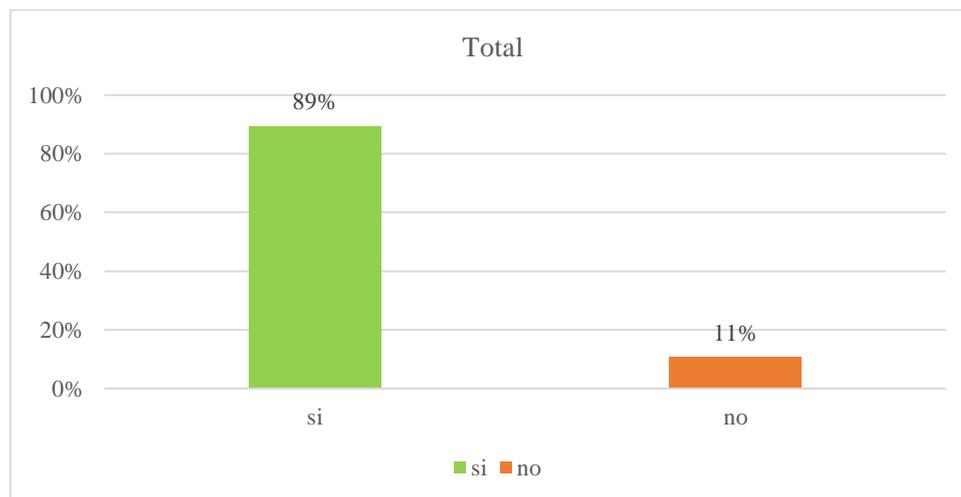


Ilustración 11-3: Porcentaje de aceptación por un nuevo proveedor de servicios

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Como se puede ver en la ilustración 11-3, el porcentaje de aceptación de un nuevo proveedor de servicios es muy bueno el cual garantiza la elaboración de nuestra propuesta de red FTTH con el estándar XG-PON.

Se podría concluir que en la comunidad los habitantes en su mayoría cuentan con un servicio de internet, aunque no con buena calidad, pero tienen el servicio, de igual manera que los comuneros saben de la existencia de las empresas que brindan el servicio. En los servicios adicionales a más del internet que ofrecen las empresas, la mayoría de los usuarios desconocen, ya que afirman que simplemente contrataron el servicio de internet, para sustentar las clases de sus hijos, en épocas de pandemia, desde ese entonces iniciaron con la necesidad de estar siempre conectados e interactuando a través del internet y mientras otras personas afirman que tienen el servicio de internet por que necesitan publicar sus emprendimientos y comunicarse con seres queridos hacia el exterior, ya que es una herramienta muy necesaria para interactuar tanto con el trabajo, el estudio y familiares. Otro servicio con la que cuenta la comunidad es el acceso a la red celular, claro movistar Tuenti y CNT, telefonía fija solo tienen pocos usuarios, el mismo que es brindado por CNT, cabe recalcar que CNT no ofrece servicio de internet en esta comunidad.

3.2.3. *Determinación de la arquitectura a utilizar en la red FTTH.*

Como se ha detallado en el capítulo anterior, existen dos tipos de arquitecturas para la implementación de una red XG-PON tanto como la arquitectura XG-PON (N1) y la XG-PON(N2), los mismos que están estipuladas en la ITU-T tanto G.987.x y G.989.x que describen las especificaciones generales de las redes con capacidades de 10G tanto como en los enlaces de subida, bajada y su infraestructura.

Para el trabajo de Integración Curricular se precederá a utilizar la arquitectura correspondiente a las redes XG-PON (N1), por sus características principales que son, gran capacidad en ancho de banda y nos permite cubrir con mayor facilidad coberturas más extensas.

La red FTTH estará diseñada en base a la arquitectura XG-PON (N1) la más óptima para la comunidad, por su bajo costo de implementación y equipos más accesibles para el medio, como también en la comunidad no existen una gran cantidad de demanda, ni instituciones de gran dimensión en su mayoría son hogares y pequeñas empresas.

3.2.4. *Topología de la red que se va implementar*

Para el diseño de la red FTTH con el estándar XG-PON debemos de elegir la topología con la que se va implementar, como sabemos las topologías de las redes de fibra óptica no han cambiado en mucho por lo cual estaremos eligiendo la topología tipo árbol el mismo que tienen un bajo costo de implementación y es más flexible. A continuación, se ilustra la topología a utilizar en el diseño.

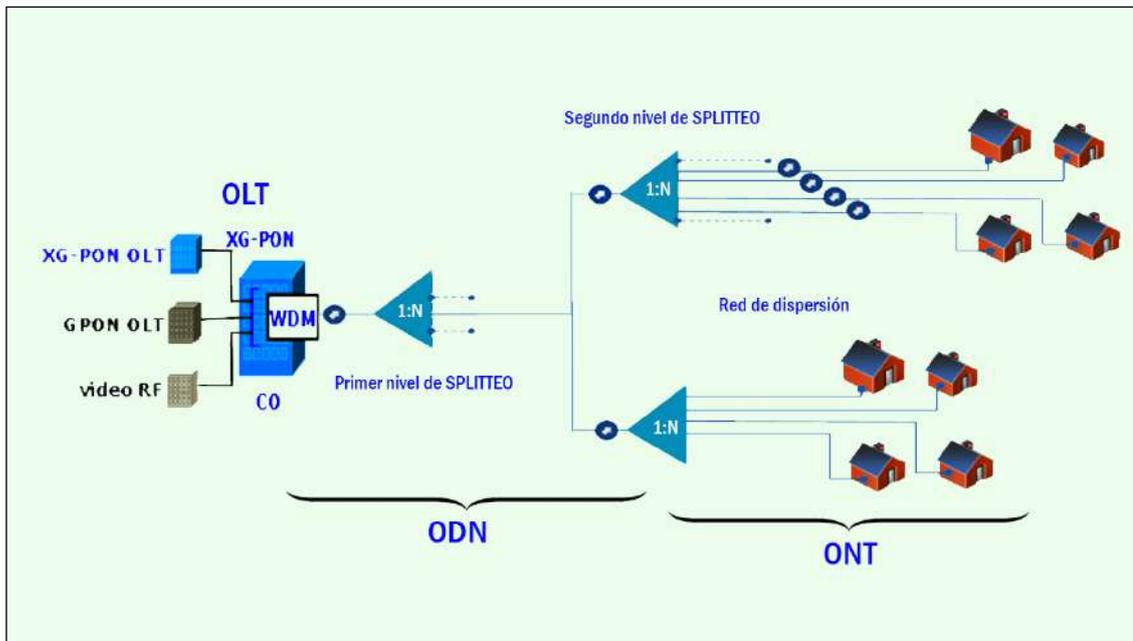


Ilustración 12-3: Topología de la red FTTH XG-PON

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Como podemos ver en la ilustración 12-3, la topología no es más que la demostración del cómo está constituido una red FTTH, comenzando desde la OLT que es la oficina central, donde se encuentran los equipos principales que reciben la señal principal ya sea esta XG-PON o G-PON, pasando luego por dos niveles de Splitteo, hasta llegar al abonado o usuario. En los niveles de Splitteo (divisor óptico), el splitter puede admitir una entrada y N salidas dependiendo el número de abonados que se quiera cubrir por cada sector.

3.2.5. Selección del tipo de la fibra óptica

Para el diseño de la red FTTH con el estándar XG-PON se eligió la fibra monomodo, ya que esta fibra ofrece beneficios como, transmisión de mayor ancho de banda, alcanza enlaces de largas distancias, tiene un coeficiente muy bajo, soporta velocidades muy altas de transmisión, este tipo de fibra óptica se encuentra bajo las normas ITU-T G652D, dándonos a si las características necesarias para la implementación de la red FEEDER como la red de Dispersión. Las características de la fibra óptica a utilizar se detallarán en el anexo B.

3.2.5.1. Elección del tipo de cable aéreo a utilizar en la red FTTH.

Para la elección del tipo de fibra óptica aérea, revisaremos las características principales de los distintos cables aéreos, que son utilizados para el tendido de la red FTTH, o como también conocidos como cables de red de fibra planta externa.

Tabla 13-3: Características de los cables de FO de planta externa

Tipos de cables	Cable ADSS	Cable figura 8 dieléctrico	Cable dieléctrico	Cable FTTx/plano
Composición	Totalmente dieléctrico	Dieléctrico y adiciona un cable mensajero dieléctrico	Completamente dieléctrico	Destinado para FTTH (voz datos y video)
Instalación	Subterránea y aérea	Aéreo	Aéreo, ductos, lugares de interferencias magnéticas	Aéreo, enterrado, paso entre muros, canalizado
Componentes	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cubierta exterior ➤ Cinta de bloqueo de agua ➤ Tubo holgando con gel ➤ Refuerzo de aramida ➤ Tubos de relleno ➤ Miembro central dieléctrico ➤ Hilo de bloqueo de agua 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cubierta exterior ➤ Cinta de bloqueo de agua ➤ Cordón rompe cubierta ➤ Tubo holgando con gel ➤ Tubos de relleno ➤ Miembro central dieléctrico ➤ Hilo de bloqueo de agua 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cubierta exterior ➤ Cinta de bloqueo de agua ➤ Cordón rompe cubierta ➤ Tubo holgando con gel ➤ Tubos de relleno ➤ Miembro central dieléctrico ➤ Hilo de bloqueo de agua 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cubierta exterior ➤ Refuerzo aramida
Fibras	12 colores 125 a 250 micras	12 colores 125 a 250 micras	12 colores 125 a 250 micras	Dos hilos GC57A, GC57B
Aplicaciones	Instalación en postería o en torres, no requiere cable de guía.	Instalación en postería sin usar grapas de sujeción de acero o cinchos	Instalación en postería con grapas de sujeción, cable de acero y cinchos. Instalación en ductos dentro de tubo PVC	Instalación en postes o paredes por medio de tensores de ganchos Enterrado en ductos o cañerías Canalizado por medio de canaletas
Distancia máxima (sujeción)	150m	500-1100 metros	125 metros Hasta 200 en ductos	No estimada
Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bajo costo de instalación ➤ Totalmente dieléctrico ➤ Fácil de instalar y mantenimiento ➤ Alta confiabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Costo medio de instalación ➤ Resistente ➤ Fácil de instalar y mantenimiento ➤ Multi-tubo permite desde 2 hasta 216 hilos. ➤ Alta confiabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Costo medio de instalación ➤ Totalmente dieléctrico ➤ Fácil de instalar y mantenimiento ➤ Fácil mantenimiento ➤ Alta confiabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bajo costo de instalación ➤ Fácil de instalar ➤ Fácil mantenimiento ➤ Alta confiabilidad

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Se opta por el cable figura 8 dieléctrico debida a las características presentadas en la tabla 13-3, ya que existen lugares donde los postes se encuentran ubicados a gran distancia, haciéndole idóneo para este entorno de instalación, el mismo que brinda mayor soporte en grandes distancias, y es fácil de instalar. Se indica las características técnicas del cable figura 8 dieléctrico en el anexo B.

3.2.6. Ubicaciones geográficas de los equipos

La ubicación geográfica de cada equipo será especificada según el número de usuarios existentes ya que es una comunidad con vivienda mu divididas, estas ubicaciones serán:

3.2.6.1. Ubicación del Terminal de Línea Óptica (OLT)

La terminal de línea óptica (OLT) estará ubicada al ingreso de la comunidad en la calle Fray Cristóbal Zambrano, con una ubicación geográfica en latitud -3.626361° y longitud -79.236185° como se puede observar en la ilustración 13-3.



Ilustración 13-3: Ubicación de la OLT

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

3.2.6.2. Ubicación de los puntos de Splitters - mangas porta Splitters

Como la comunidad fue dividida en tres zonas de tal manera que los Splitters fueron divididas de la siguiente manera, ya que por la distribución de las viviendas no es de manera homogénea existen Splitters compartidas entre zonas 1 y 2, también entre las zonas 2 y 3. De la misma manera la abreviatura que se utilizara para cada manga porta splitter en MSOX definida de la siguiente

manera M de la manga la S del splitter y 0X del número al que pertenece la manga del primer nivel de Splitteo. Como por ejemplo si tomamos la primera manga quedaría MS01. Las ubicaciones de esta manga portan Splitters se indican en la siguiente tabla.

Tabla 14-3: Ubicaciones geográficas de las mangas porta Splitters

Zonas	Mangas porta Splitters	Latitud	Longitud	Dirección
1	MS06	-3.625910°	-79.236564°	Entrada de la comunidad calle Fray Cristóbal Zambrano
	MS05	-3.626367°	-79.236084°	Avenida panamericana entrada Llanzhapa
2	MS04	-3.626746°	-79.237373°	Avenida panamericana junto a la Quesería Saraguro
	MS03	-3.629017°	-79.236750°	Calle sin nombre sector Gunudel
3	MS02	-3.629739°	-79.236825°	Calle sin nombre Sector Gunudel
	MS01	-3.631656°	-79.234045°	Calle sin nombre sector Guayle

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

3.2.6.3. Ubicación de las cajas de distribución (NAP) o caja de terminación óptica (CTO)

Las ubicaciones de las NAPs se las efectuara en la posterias existentes y algunas en posterias propuestas para colocar, ya que es el único medio en la que existe para poder tender la fibra óptica, cada NAP será enumerada de acuerdo a la manga correspondiente (MSOX), cada NAP contendrá el segundo nivel de Splitteo que será especificado 1: N salidas dependiendo del número de usuarios en cada sector. En la siguiente ilustración se muestra los puntos en donde se encuentran la NAPs de segundo nivel de Splitteo en la zona 1 y 2



Ilustración 14-3: Ubicaciones geográficas de las NAPs Zona 1 y Zona 2

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Zona 1, zona 2 y zona 3, están compartiendo las mangas de Splitteo de primer nivel por lo consiguiente las NAPs de segundo nivel también se encuentran compartidas entre los dos niveles, en la siguiente ilustración de puede observar las ubicaciones de las NAPs.



Ilustración 15-3: Ubicaciones geográficas de las NAPs zona 1 2 y 3

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

En la zona tres existe viviendas bien alejadas por lo cual existe una maga destinada para esta área y cubrir la demanda de la misma, en la siguiente ilustración se mira la ubicación de las NAPs en la Zona tres de las viviendas más alejadas.



Ilustración 16-3: Ubicaciones geográficas de las NAPs Zona 3 área más alejadas.

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

3.2.7. *Determinación de la capacidad de servicio (Ancho de Banda)*

Para determinar el ancho de banda nos sostendremos de la normativa de la ITU-T el cual establece la velocidades de la redes XG-PON, como también se especificó que se estará trabajando en el estándar XG-PON (N1) el cual abarca 2,5 Gbps de subida y 10 Gbps de bajada, con estos datos se procederá a calcular los anchos de banda tanto en el primer nivel como en el segundo nivel de Splitteo, debido a la distribución de usuarios no homogéneo existen Splitters de 1:4 y de 1:8 en el primer nivel como también de 1:4 y 1:8 en el segundo nivel. Se calculará los valores para todos estos casos.

a) Primer nivel

➤ Splitteo de 1:4

$$\text{velocidad maxima bajada} = \frac{10 \text{ Gbps}}{4 \text{ clietes}}$$

$$\text{velocidad maxima bajada} = 2,5 \text{ Gbps}$$

$$\text{velocidad maxima subida} = \frac{2,5 \text{ Gbps}}{4 \text{ clietes}}$$

$$\text{velocidad maxima subida} = 625 \text{ Mbps}$$

➤ Splitteo 1:8

$$\text{velocidad maxima bajada} = \frac{10 \text{ Gbps}}{8 \text{ clietes}}$$

$$\text{velocidad maxima bajada} = 1,25 \text{ Gbps}$$

$$velocidad\ maxima\ subida = \frac{2,5\ Gbps}{8\ clietes}$$

$$velocidad\ maxima\ subida = 312,5Mbps$$

b) Segundo nivel

- Primer caso si provienen del primer nivel splitter 1:4 y el segundo nivel es de 1:4 y de 1:8

Caso 1:4

$$velocidad\ maxima\ bajada = \frac{1.25\ Gbps}{4\ clietes}$$

$$velocidad\ maxima\ bajada = 625\ Mbps$$

$$velocidad\ maxima\ subida = \frac{625\ Mbps}{4\ clietes}$$

$$velocidad\ maxima\ subida = 156,25\ Mbps$$

Caso 1:8

$$velocidad\ maxima\ bajada = \frac{2,5\ Gbps}{8\ clietes}$$

$$velocidad\ maxima\ bajada = 312,5\ Mbps$$

$$velocidad\ maxima\ subida = \frac{625\ Mbps}{8\ clietes}$$

$$velocidad\ maxima\ subida = 78,125\ Mbps$$

- Segundo caso si proviene del primer nivel splitter 1:8 y el segundo nivel es de 1:4 y de 1:8

Caso 1:4

$$velocidad\ maxima\ bajada = \frac{1,25\ Gbps}{4\ clietes}$$

$$velocidad\ maxima\ bajada = 312,5\ Mbps$$

$$velocidad\ maxima\ subida = \frac{312,5\ Mbps}{4\ clietes}$$

$$velocidad\ maxima\ subida = 78,125\ Mbps$$

Caso 1:8

$$velocidad\ maxima\ bajada = \frac{1,25\ Gbps}{8\ clietes}$$

$$velocidad\ maxima\ bajada = 156,25\ Mbps$$

$$velocidad\ maxima\ subida = \frac{312,5\ Mbps}{8\ clietes}$$

$$velocidad\ maxima\ subida = 39,063\ Mbps$$

Como podemos ver el ancho de banda mínimo que utilizara el cliente en el enlace de bajada es de 156,25 Mbps y en el enlace de subida el ancho de banda mínimo es 39.063 Mbps. Como podemos ver estos datos nos da que nuestra red es eficiente, esto tomando en cuenta que todos los usuarios estén interactuando al máximo en el internet, de lo contrario estos anchos de banda subirán haciendo que esta red se más eficiente todavía.

3.3. Diseño de la red FTTH

En el presente trabajo de Integración Curricular se diseñará una red FTTH utilizando el estándar XG-PON para el mejoramiento del servicio de internet en la comunidad de Gunudel del cantón Saraguro, en el desarrollo del diseño nos basamos en los estándares ya establecidos por la ITU-T correspondiente al estándar XG-PON, y las organizaciones internacionales y las recomendaciones vigentes en la corporación de telecomunicaciones.

Para el desarrollo de la red FTTH se empleó el software AutoCAD versión 2018, el mismo que nos brinda la capacidad de desarrollar planimetrías, planos de redes, diseños automotrices y muchas tareas más, nuestra red FTTH se compone de una red FEEDER, red de Distribución y red de Dispersión, y los componentes necesarios para desarrollar las distribuciones como divisores ópticos cajas de Splitters y más componentes secundarios.

3.3.1. Red FEEDER

Para la red Feeder se tiene a consideración cables de 12 a 24 hilos de capacidad, en este caso se empleó cable de 12 hilos de FO debido a la densidad poblacional es suficiente para cubrir con todos los usuarios y dejar reservas suficientes para una proyección de 5 años y más, este cable será tendido de forma aérea, saliendo desde la OLT hasta llegar a las mangas don se encontraran los Splitters de primer nivel, donde se realizara el sangrado de la red Feeder, en este punto se utilizara la siguiente identificación FT_00_00_00(1..N), cada uno de los parámetros se detallara en la siguiente tabla.

Tabla 15-3: Nomenclatura del cable Feeder.

FT	00	00	00	(1...N)
Fibra troncal	Orden de salida del cable de distribución	Orden de derivación de la red troncal Feeder	Capacidad de hilos de la fibra óptica	Hilos disponibles de donde parte el cable.

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

La red Feeder saldrá desde la OLT que está ubicada en la zona 1 hasta la primera manga, donde se realizará el primer sangrado y luego posteriormente subirá al poste número 24 para ser distribuida a la comunidad como se indica en la siguiente ilustración.

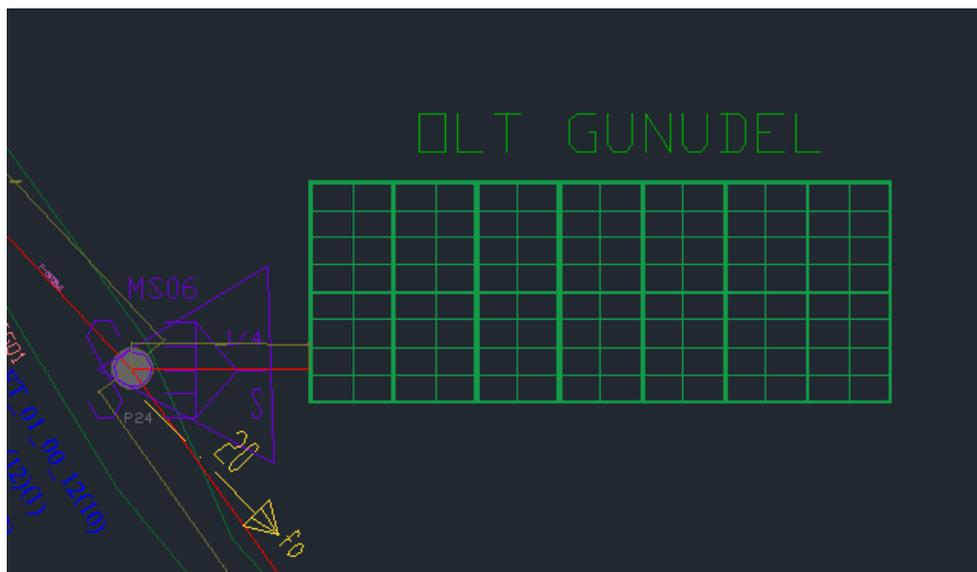


Ilustración 17-3: OLT y salida a la primera manga

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

3.3.1.1. Distribución de la red Feeder (FT) a las diferentes Zonas.

En esta parte se distribuyó la red Feeder para la tres Zonas establecidas en la comunidad, tomando en cuenta que existen puntos en la cual se compartirán mangas tanto para las dos o tres zonas, las mismas que serán distribuidas de acuerdo al código de colores que tiene la fibra óptica de 12 hilos, los mismos que llegaran a las mangas MS0X (X el número de manga establecida dependiendo la ubicación) y siendo distribuidas a la FD01_(12)(X) (número de hilo correspondiente de acuerdo al código de colores) con un hilo de reserva FR01_(12)(X) de esta manera, se tendrá una capacidad óptima para toda la comunidad con una proyección mínima de 5 años y máxima posiblemente de 10 años tomando en cuenta que el crecimiento poblacional es de 0.001%.

Tabla 16-3: Descripción de código de colores de la FO

Posición del hilo FO	Color		Posición en X
1	Azul		1
2	Naranja		2
3	Verde		3
4	Café		4
5	Gris		5
6	Blanco		6
7	Rojo		7
8	Negro		8
9	Amarillo		9
10	Violeta		10
11	Rosado		11
12	Celeste		12

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Sabiendo como están distribuidas los hilos según los códigos de colores, se distribuye las magnas de la siguiente manera, la manga número 1 MS01 está ubicada en la zona más lejana (Calle sin nombre sector Guayle) con subida a poste número 61 (P61) el cual será distribuida en la zona 3 más lejana. Fusionando las fibras 11 y 12 siendo distribuida la FD01_ (12)(11) quedando como reserva la FR01_ (12)(12), como se indica en la siguiente ilustración.

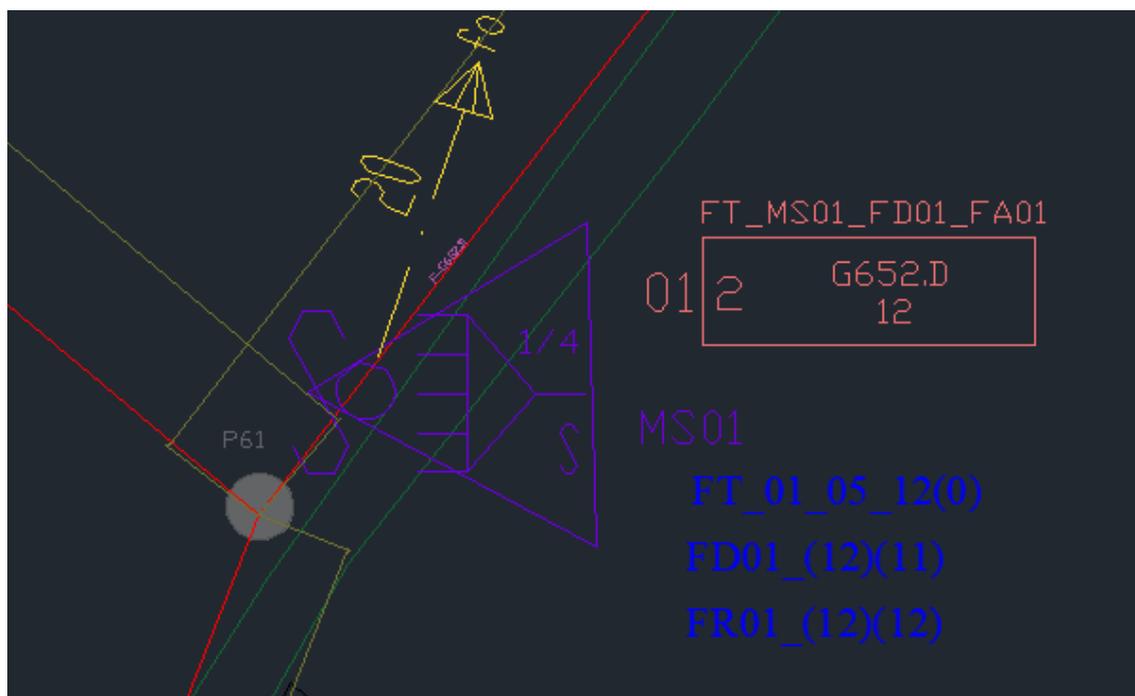


Ilustración 18-3: Manga más lejana MS01

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

La segunda manga MS02 está ubicada en Calle sin nombre Sector Gunudel, fusionando los hilos 9 y 10, siendo distribuida el hilo FD01_(12)(9), quedando como reserva el FR01_(12)(10), de la reserva se está usando un hilo de fibra para cubrir con todos los usuarios de sector, los mismos que se subirán al poste P35 de ahí será distribuida a las respectivas NAPs de la zona 1 y 2.

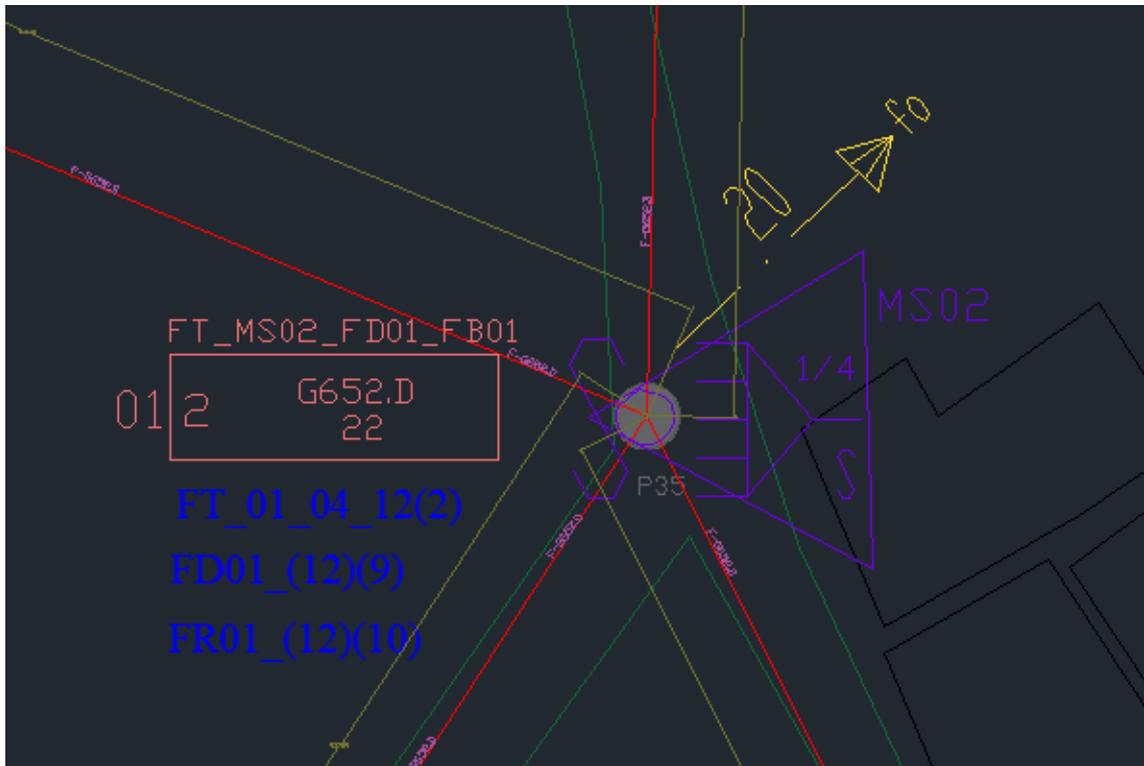


Ilustración 19-3: Manga número 2 MS02

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

La tercera manga está ubicada en el mismo sector, fusionando los hilos 7 y 8, siendo distribuida el hilo FD01_(12)(7), quedando como reserva el FR01_(12)(8), luego se subirán al poste P33, el cual se distribuirá a las zonas 1, 2 y 3 por su punto estratégico en la cual está ubicada.

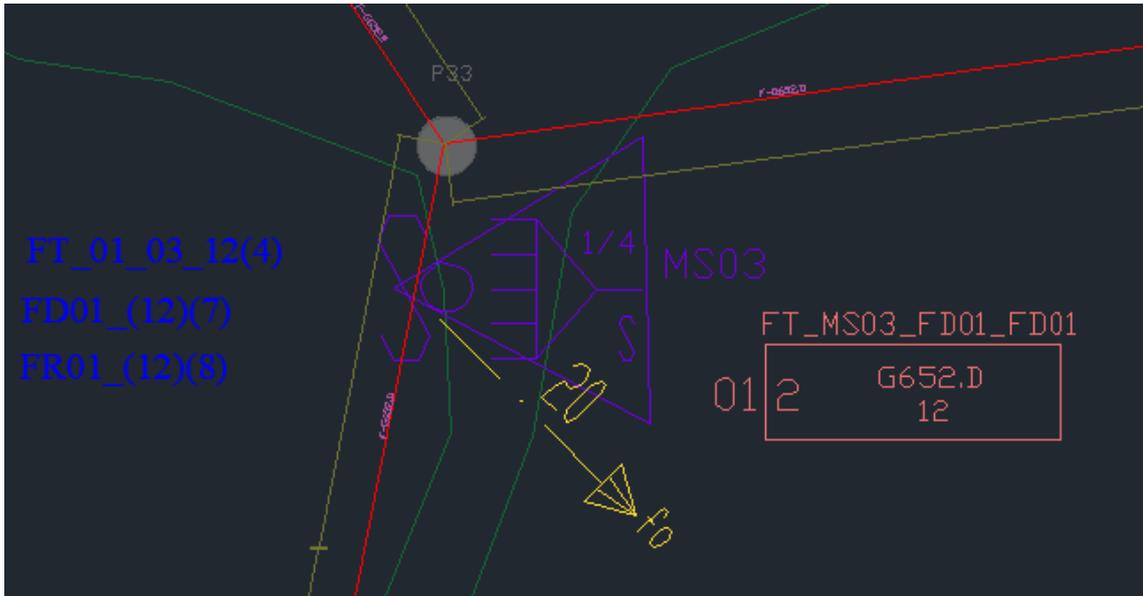


Ilustración 20-3: Manga número 3 MS03

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

La cuarta manga está ubicada en la Avenida panamericana junto a la Quesería Saraguro, fusionando los hilos 3 y 4, siendo distribuida el hilo FD01_(12)(3), quedando como reserva el FR01_(12)(4), luego se subirán al poste P03, el cual se distribuirá solo en la zona 2, como se muestra en la siguiente ilustración.

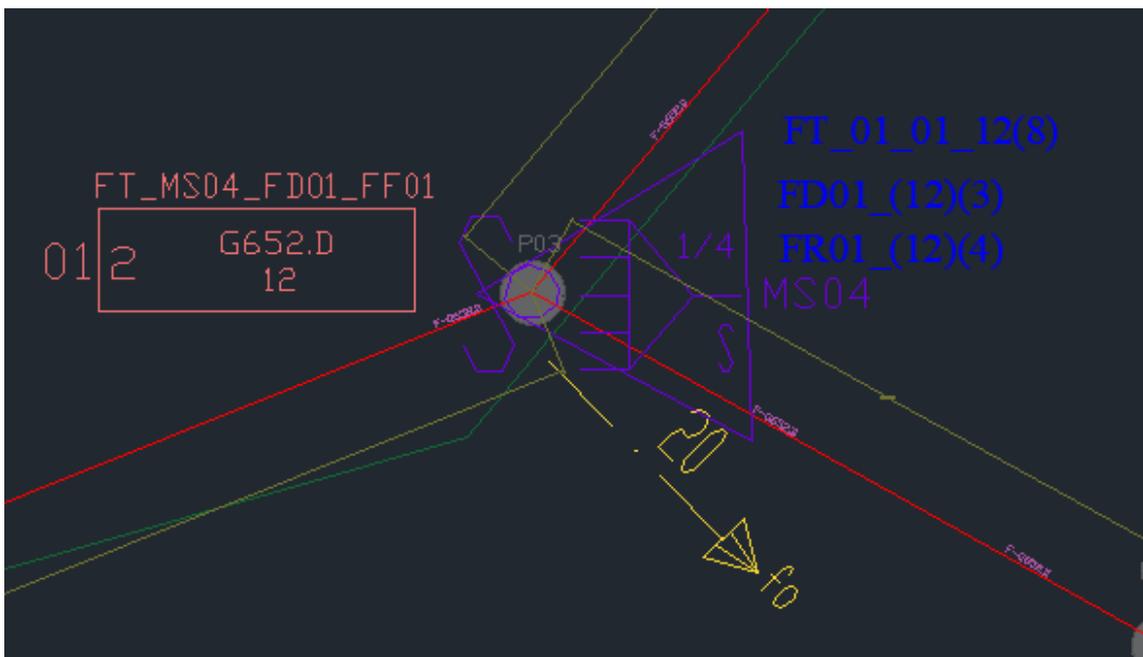


Ilustración 21-3: Manga número 4 MS04

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

La quinta manga MS05 está ubicada en avenida panamericana entrada Llanzhapa, fusionando los hilos 5 y 6, siendo distribuida el hilo FD01_ (12)(5), quedando como reserva el FR01_ (12)(6), luego se subirán al poste P09, el mismo que será distribuida a la zona 1, como se muestra en la siguiente ilustración.

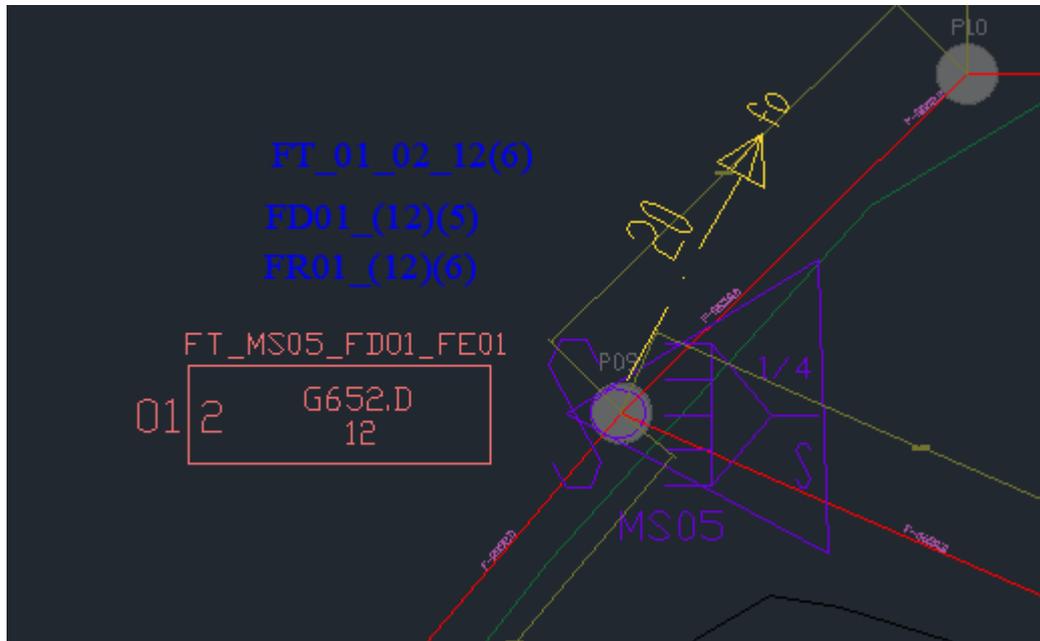


Ilustración 22-3: Manga número 5 MS05

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

La manga 6 MS06 está ubicada cerca de la OLT, ingreso de la comunidad en la calle Fray Cristóbal Zambrano, fusionando los hilos 1 y 2, siendo distribuida el hilo FD01_ (12)(1), quedando como reserva el FR01_ (12)(2), luego se subirán al poste P24, el mismo que será distribuida para la zona 1 y 2, como se muestra en la siguiente ilustración.

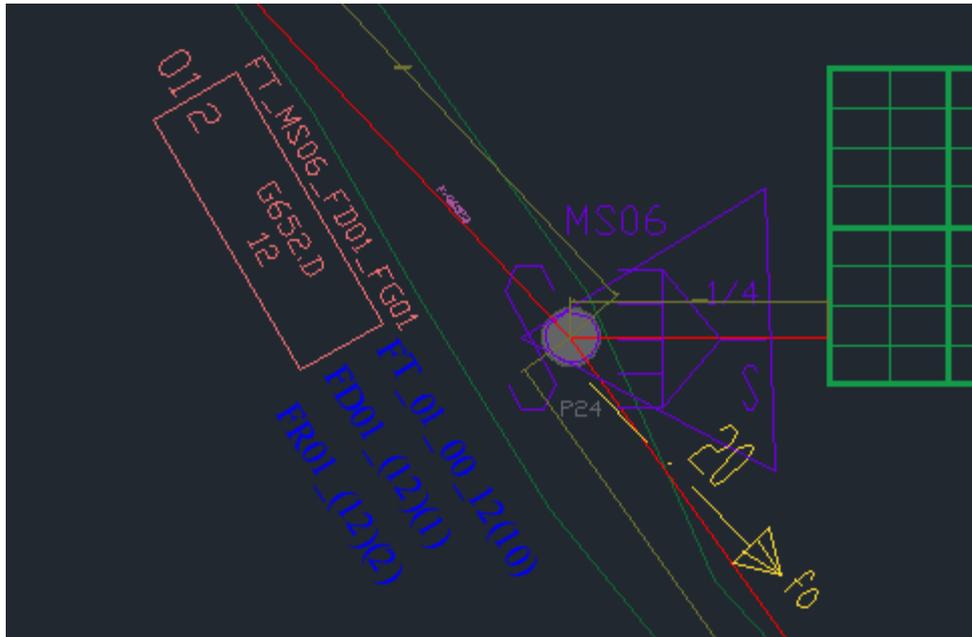


Ilustración 23-3: Manga número 6 MS06

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

3.3.2. Red de distribución

Para la red de distribución se tiene a disposición la fibra óptica de 2, 6 y 12 hilos los cuales serán fusionadas a la Mangas MS0X los cuales contienen los Splitters de primer nivel, de donde se inicia la red de distribución de una red FTTH, esta fusión se conectará a la NAP el mismo que contiene el segundo nivel de Splitteo, distribuyendo de la siguiente manera para cada una de las zonas.

3.3.2.1. Distribución de la red de la manga MS01

Para la zona 3 en el sector más lejano, que se encuentra con la manga MS01 se distribuye de la siguiente manera.

Se tiene una derivación de 1:4 en el primer nivel por lo tanto se tiene a disposición 4 NAPs los mismos que se realizó un Splitteo de 1:4 y de 1:8 dependiendo de los usuarios existentes en cada sector a donde se derivar la red, para la nomenclatura de las NAPs se designara mediante letras alfanuméricas desde la A hasta la Z, en este caso se estará designando desde A01 hasta A04, por el número de Splitteo en la manga del nivel 1, se considera A1 es la NAP más lejana y A4 la más cercana a la manga MS01, en la siguiente ilustración se muestra la distribución realizada.



Ilustración 24-3: Distribución de las NAPs Zona 3 más lejana
Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

3.3.2.2. *Distribución de la red de la manga MS02*

La distribución de la red correspondiente a la manga 2 MS02, se lo deriva para la zona 2 y 3, de la siguiente manera, fusionando dos hilos de fibra óptica (9)(10) que tendrán salidas de 1:4, del cual solo un hilo será usado de la fibra de reserva para cubrir el usuario más lejano que se le asignaras la nomenclatura de C1 ya que es únicamente una sola NAP en uso los demás quedaran como reserva, de la fusión del hilo (9) se designara la nomenclatura alfanumérica correspondiente a la B1 hasta la B4, los mismos que se realizó un Splitteo de 1:4 y 1:8 dependiendo al número de viviendas por cubrir por cada NAP. Las NAPs en esta zona se distribuyeron de la siguiente manera como se muestra en la ilustración.

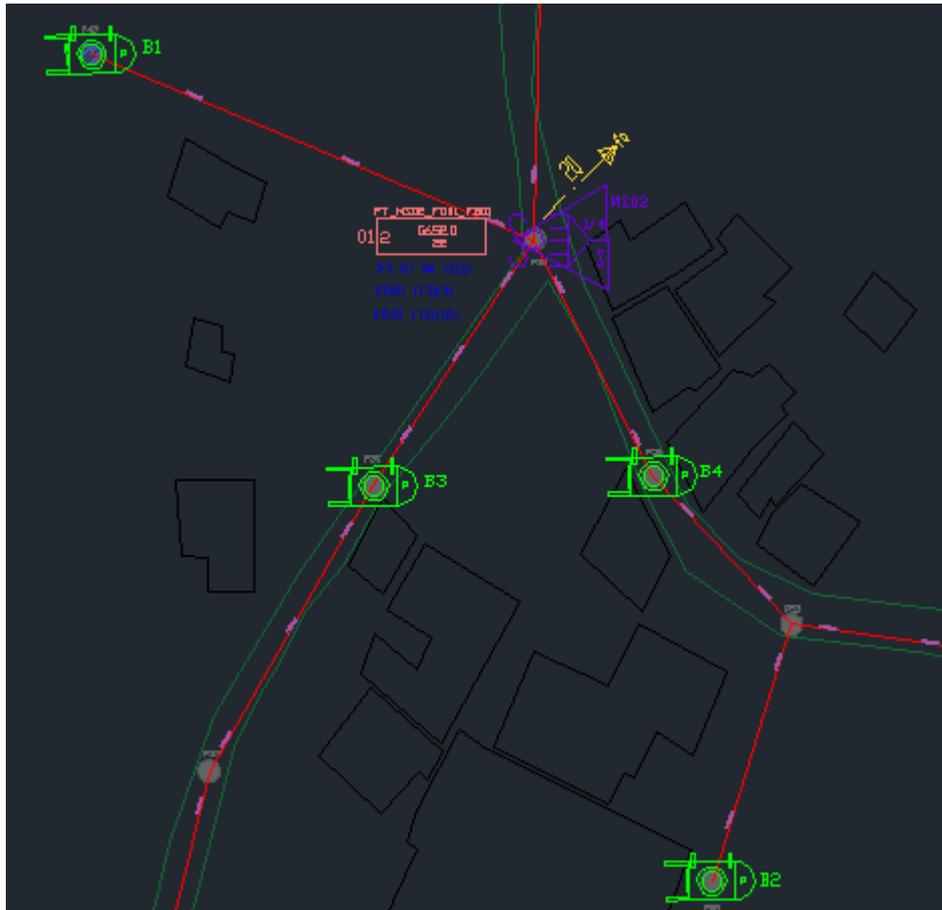


Ilustración 25-3: NAPs de la manga MS02 del hilo de fibra (9) en la zona 1 y 2

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

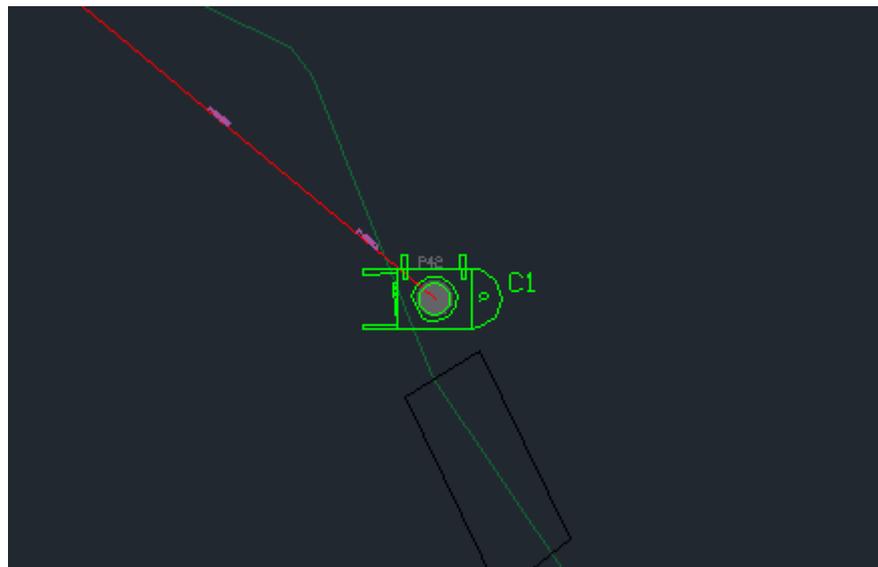


Ilustración 26-3: NAP correspondiente al hilo (10) de la manga de reserva

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

3.3.2.3. Distribución de la red de la manga MS03

La distribución de la red correspondiente a la manga MS03 se lo deriva para las tres zonas 1, 2 y 3 por la ubicación de la misma, teniendo en cuenta que el primer nivel de Splitteo se tiene dos hilos de fusión una para la red de distribución y la otra como reserva, con salidas de 1:4 suficiente para cubrir el número de usuarios existentes en estas zonas compartidas. Las NAPs tomaran la nomenclatura alfanumérica de la D1 siendo la más lejana hasta y D4 la más cercana a la manga. Estas NAPs se distribuyeron como se indica en la ilustración 27-3.



Ilustración 27-3: Distribución de las NAPs de la manga MS03 en las zonas 1, 2 y 3

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

3.3.2.4. Distribución de la red de la manga MS04

Para la distribución de la red de la manga MS04, el cual contiene un Splitteo de 1:4 tanto en el hilo de reserva como en el hilo de distribución, se fusionarán los 4 hilos par cada NAP correspondiente en la zona 2 los mismos que llevaran la nomenclatura alfanumérica correspondiente a la F1 hasta la F4, que se distribuyó como se muestra en la siguiente ilustración.

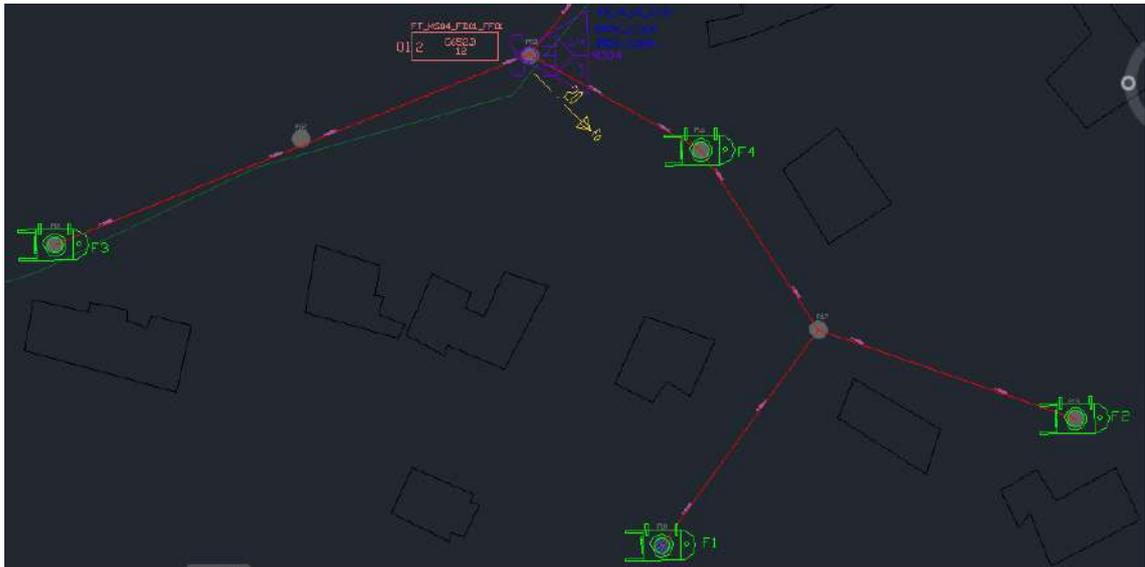


Ilustración 28-3: Distribución de las NAPs de la manga MS04 en la zona 2

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

3.3.2.5. Distribución de la red de la manga MS05

La distribución de la red correspondiente a la manga MS05, se realizó para la zona 1, con nomenclatura alfanumérica para las NAPs iniciando desde la E1 que será la NAP más lejana y la E4 la NAP más cercana a la manga, en cada una de estas se realizó un Splitteo 1:4 y 1:8 dependiendo a número de usuarios existentes en cada sector. La distribución de la NAPs se lo realizó de la siguiente manera como se indica en la ilustración.

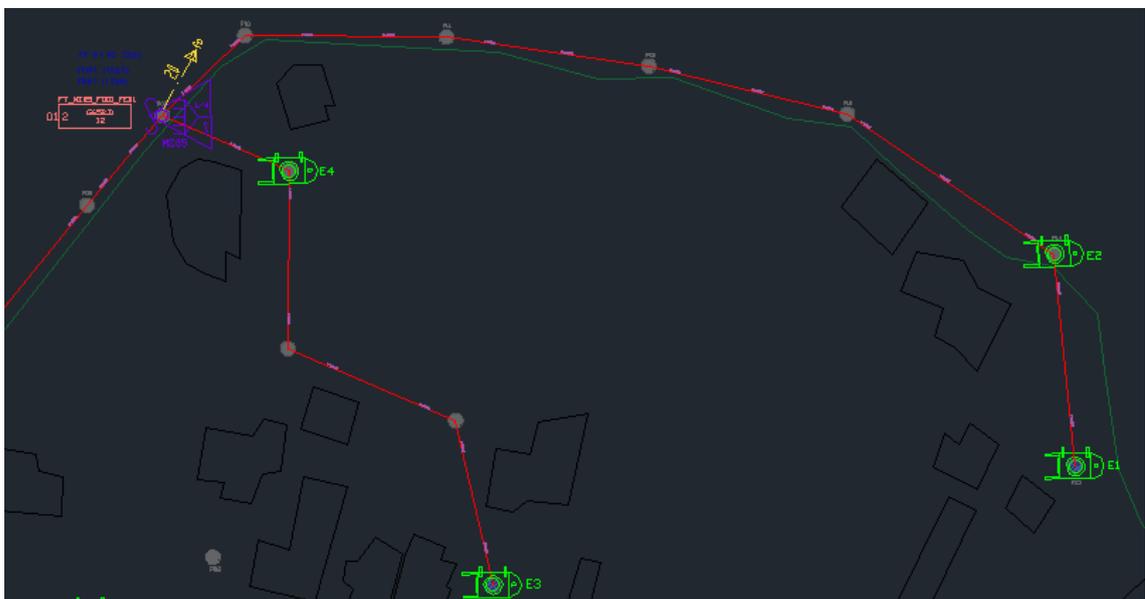


Ilustración 29-3: Distribución de las NAPs en la zona 1 de la manga MS05

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

3.3.2.6. Distribución de la red de la manga MS06

La distribución correspondiente para manga MS06 que esta junto a la OLT, se distribuyó para las NAPs en la zona 1 y 2, con la nomenclatura alfanumérica G1 siendo la más lejana y la G4 la más cercana, estas llevan el segundo nivel de Splitteo que se derivara de 1:4 y 1:8 dependiendo el número de usuarios a cubrir por cada NAP en los puntos que han sido ubicados, esta distribución se los desarrollo como se indica en la ilustración.



Ilustración 30-3: NAPs en la zona 1 y 2 correspondiente a la manga MS06

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

3.3.3. Red de dispersión

Para la red de dispersión, se tomó en cuenta, que estamos hablando de la llegada al usuario, el cual se deriva desde la NAP, hasta llegar a la ONT, el mismo que se utilizó una FO monomodo de dos hilos, el cual llega a la roseta óptica que se encuentra en el interior de la vivienda de cada usuario, se utilizó acopladores de fibra óptica, pigtails, patch cord, y conectores.

En la siguiente ilustración se indica el usuario más lejano que se encuentra en la zona 3 correspondiente a la manga MS01, que lleva el nombre de la NAP con un número de usuario correspondiente (A1-01).

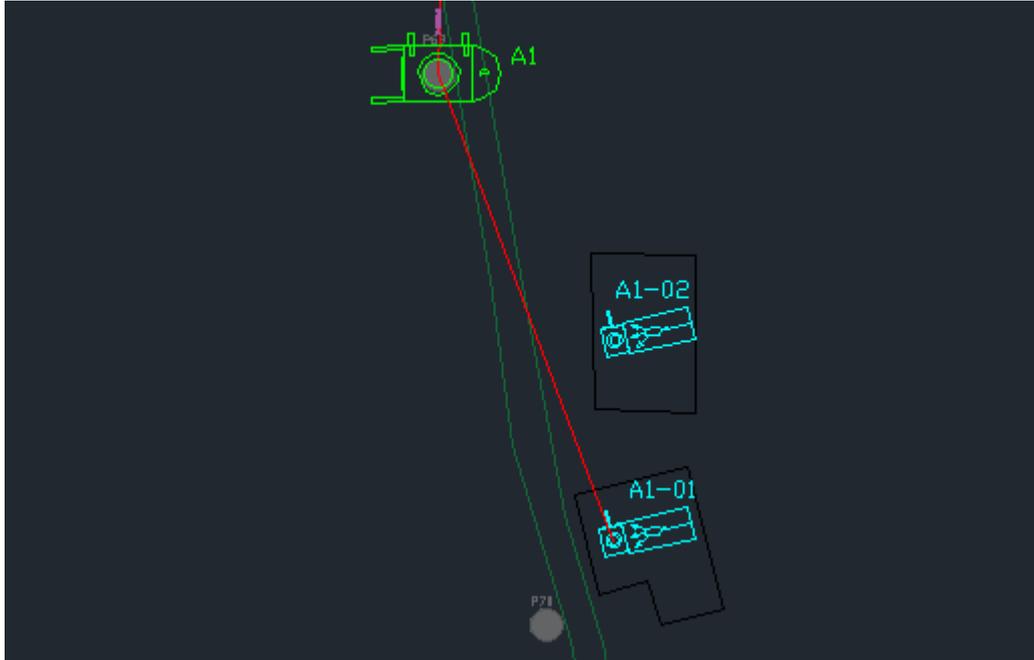


Ilustración 31-3: ONT usuario más lejano de la NAP A1 correspondiente a la manga MS01

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Como también en la ilustración 32-3, se indica el usuario más cercano correspondiente a la manga MS06 que está ubicada en la zona 1 con el nombre la de NAP y con el número de usuario correspondiente (G4-04).

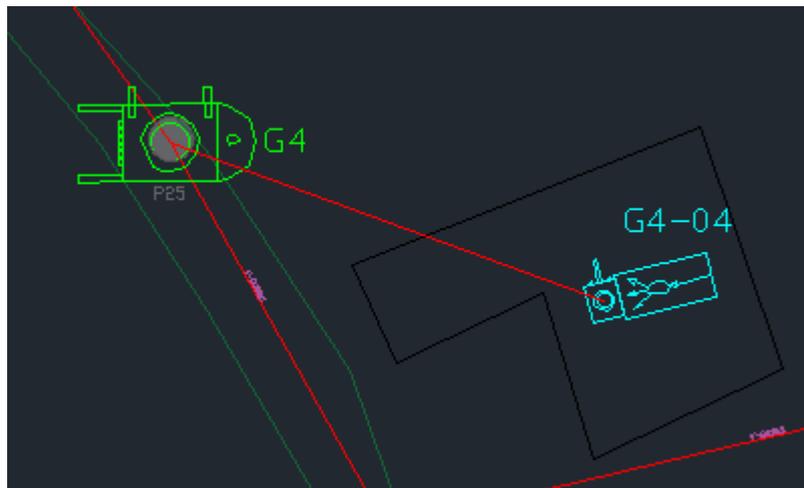


Ilustración 32-3: ONT usuario más cercano correspondiente a NAP G4 de la manga MS06

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Nota: Debemos de tomar en cuenta que para el tendido de la red FTTH siempre debemos de dejar 30 metros de fibra óptica de reserva por cada 500 metros de fibra óptica tendida, esto para poder

solventar cualquier percance o rotura que pueda suscitarse en la fibra óptica. En el anexo C se adjunta la leyenda usada para el diseño de la red y en el anexo D adjunta el diseño de la red FTTH.

3.3.4. Balance y Presupuesto óptico

Para desarrollar el balance y el presupuesto óptico del diseño de la red FTTH, tomamos en cuenta las especificaciones técnicas de cada equipo óptico que se va emplear para la red FTTH, tomando en cuenta que el diseño de red FTTH consta de, OLT, splitter, mangas, cajas de distribución, rosetas ópticas, conectores, a de más existirán fusiones que contribuirán con pérdidas como también perdidas en la fibra óptica. En la siguiente ilustración se muestra el diseño general de una red FTTH para el desarrollo del presupuesto óptico.

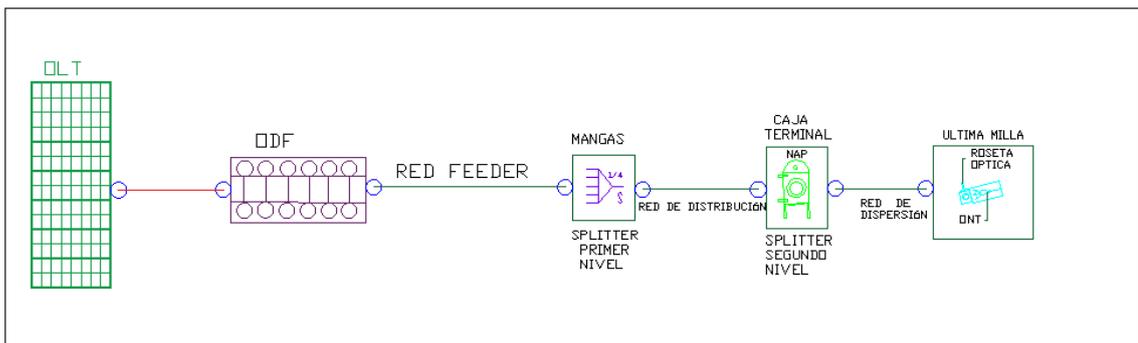


Ilustración 33-3: Modelo general de la red FTTH

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

3.3.4.1. Especificaciones técnicas de equipos y elementos

Para el tendido de la red FTTH con el estándar XG-PON se emplea los siguientes equipos y elementos.

- OLT que estará conformada por terminales de canal, elementos coexistentes, multiplexadores de longitud de onda
- Splitters
- ONT
- Mangas y cajas de distribución
- Rosetas ópticas
- Conectores Ópticos
- Pigtail
- Patch cord

a) Características de la OLT

Para esta red se ha seleccionado un OLT de marca HUAWEI modelo MA5680T, ya que cumple con las características primordiales para nuestra red FTTH con estándar XG-PON y cuenta con entradas y salidas suficientes para abastecer a la comunidad estudiada.

Tabla 17-3: Características de OLT

HUAWEI-MA5680T	Características 
Capacidad de acceso	128 en 10 G EPON, 64 GPON Y XG-PON
Máximo número de Splitteo	1:256
Tipo de transmisión	Capa 2 y capa 3
Interfaces	10GE
Accesos	Puertos ópticos empresariales y comerciales
Distancia	Distancia lógica 60km
Potencia	1,5 a 5 dBm
Mínima sensibilidad	-28dBm
Mínima sobrecarga	-8dBm

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Como podemos ver en las características del OLT, que nos brinda el ascenso a XG-PON el cual es el estándar que estamos empleando para el diseño de nuestra red FTTH, cabe recalcar que existen OLT que incorporan más servicios, más capacidad, pero este es suficiente para el tendido de nuestra red FTTH. En el anexo E se adjunta más detalles de este equipo.

b) Splitters

Para el diseño de la red FTTH se utilizó Splitters o divisores ópticos de 1:4 y de 1:8 lo mismos que cumplen con las siguientes características.

Tabla 18-3: Características de los Splitters

Divisor óptico 	1:4	1:8
Perdidas	7,1dB	10,5dB
Sensibilidad	0,2dB	0,25dB

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

c) ONT

En este caso como elegimos la OLT de la marca Huawei estaremos eligiendo también una ONT de la misma marca, para no tener inconvenientes en la instalación ni tampoco en compatibilidad, aunque hoy en día todos los dispositivos deben de ser compatibles. En la siguiente tabla se detalla las características. En el anexo F se adjunta más detalles de este equipo.

Tabla 19-3: Características del ONT

Huawei-HN8346X6	Características 
Consumo	18w
Interfaz de entrada	XG-PON/10G-PON asimétrico
Wifi	2.4G / 5G mimo 2x2
Ganancia en antena	5dBi
Sensibilidad RX	XG-PON -28dBm 10G-PON/EPON asimétrico -28.5dBm

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Como podemos observar en la tabla 3-19, la ONT cumple con las principales características que se requiere para una red FTTH con el estándar XG-PON diseñada para la comunidad.

d) Mangas y cajas de distribución

Las mangas y cajas de distribución se seleccionaron dependiendo el número de usuarios existentes en la zona y el tamaño del Splitter, ya que de eso va depender cada manga y caja de distribución, en la siguiente tabla se detalla las principales características.

Tabla 20-3: Características de Mangas y cajas de Distribución

Mangas	Características
	
Capacidad	Empalme para 12-24 hilos
Tipo de empalme	Tipo lineal
Material	Polimérico o de polipropileno
Entradas	2 a 4 entradas por cada extremo
Normas	Normado bajo INEN 439:2013
Soporte	Carga mínima de 1000N

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

e) Roseta óptica

La roseta óptica debe ser adecuado para soportar la entrada de la red de dispersión y poder albergar el pigtail y el patch cord que ira a la ONT del usuario final.

Tabla 21-3: Características de la roseta óptica

Roseta óptica	Características
	
Tipos de conector	SC / LC
Instalación	Interna
Diámetros	115x80 mm 25 mm de profundidad
Tipo de FO	Monomodo y multimodo
Cantidad de empalmes	2

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

f) Conectores Ópticos

En este caso estamos utilizando un tipo de conector SC ya que es el que esta normado por DIN IEC 61754-15 el cual esta dictaminada para servicios de telecomunicaciones y servicios de internet y centros de datos, como también se lo utiliza en fibras monomodo.

Tabla 22-3: Características de los conectores

Conectores de campo SC-APC	Características
	
Tipo	SC con pulido APC
Utilización	Áreas controladas y cajas de terminación
Tipo de FO	Monomodo
Perdidas	0.3 a 0.5 dB
Certificación	ANATEL

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

g) Pigtail

Es el que nos ayuda a conectar la red de dispersión con la roseta óptica, mediante una fusión a un extremo y un conector al otro lado, el cual cumple con las siguientes características.

Tabla 23-3: Características del pigtail

Pigtail SC-APC	Características
	
Perdidas	$\leq 0.3\text{dB}$
Tipo	Monomodo
Pulido	APC
Longitud	1.5 m

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

h) Patch cord

El patch cord no ayuda en la conexión de la roseta óptica al ONT, en mismo que tiene las siguientes características.

Tabla 24-3: Características del Patch cord

Patch cord	Características 
Aplicación	Gigabit y 10 Gigabits, ITU-T-G984
Instalación	Interna
Diámetro	1-100 m
Color	Monomodo blanco y amarillo (TIA 568-C)
	Monomodo blanco y amarillo (ABNT)
Conector	SC, LC, ST, FC
Pulido	APC (FO monomodo)
	PC(UPC) (FO multimodo)
Perdidas	0,1 a 0,5 dB

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Luego de haber revisado las características de los materiales y equipos de instalación que se emplean en el tendido de la red FTTH con el estándar XG-PON se procedió a calcular el presupuesto óptico de la siguiente manera.

Para el cálculo del presupuesto óptico tendremos en cuenta los siguientes datos, tomando en cuenta que la atenuación máxima de la red no debe sobrepasar de los 28dB ya que es el valor máximo permitido por la ITU-T G.984.2 y establecida en la clases B+ que se utiliza en este cálculo, por lo ya mencionado de la coexistencia en capítulos anteriores, como también se puede admitir hasta 29dB ya que pertenece a una red XG-PON establecida en la normativa ITU-T G.987.2, con esta aclaración se detalla las atenuaciones en la siguiente tabla.

Tabla 25-3: Atenuaciones de la red FTTH

Elementos		Atenuaciones (dB)
Fibra óptica	1310nm	0.3-0.4 dB/km
	1550nm	0.17 – 0.25 dB/km
Margen de Guarda		3-5 dB
Splitter	1:4	7.1
	1:8	10.5
Conectores		0.5dB
Fusiones		0.1dB

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

3.3.4.2. Cálculo de atenuación del usuario más lejano

El usuario más lejano a la OLT se encuentra en la zona tres a una distancia de 1010,356 m a esto tenemos que agregar 60 metros de reserva ya que por cada 500 metros de fibra debemos de dejar 30 metros de reserva, a esto le agregaremos 5 fusiones, 7 conectores considerando los dos conectores del patch cord, o simplemente se tomara en cuenta la pérdida del patch cord, se toma en cuenta también los dos niveles de Splitteo, en la ilustración 34-3, se muestra los puntos de fusión y conectores existentes en la red de usuario más lejano.

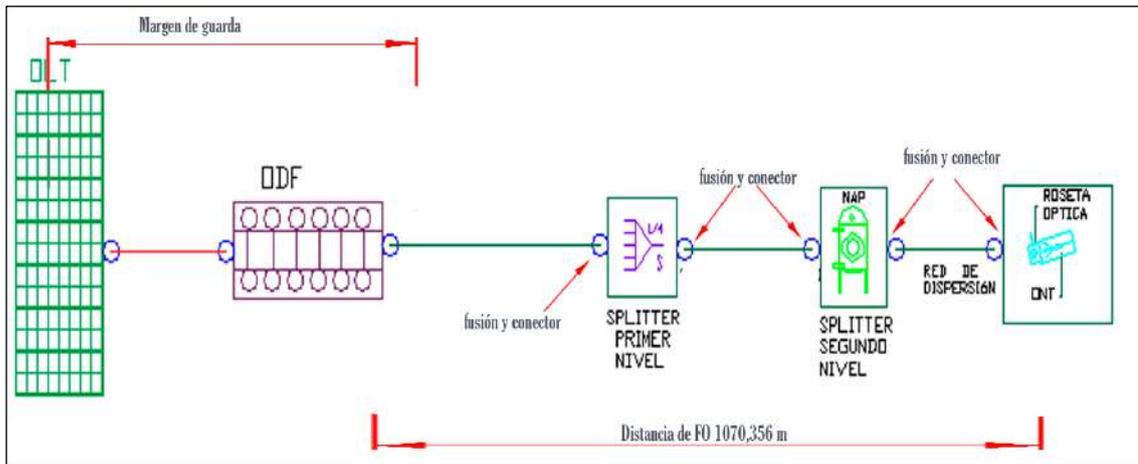


Ilustración 34-3: Red de usuario más lejano

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

La atenuación total (A_t) estará dada por la suma de todas las pérdidas existentes en la red.

Atenuación T (A_t)

$$\begin{aligned}
 &= \text{Atenuación de FO} (A_{fo}) + \text{Atenuaciones por splitters} (A_s) \\
 &+ \text{Atenuaciones por fusiones} (A_f) + \text{Atenuaciones por conectores} (A_c) \\
 &+ \text{margen de guarda} (M_g)
 \end{aligned}$$

$$A_t = A_{fo} + A_s + A_f + A_c + M_g$$

$$A_t(1310) = \left(\frac{1070,365}{1000} * \frac{0,3dB}{km} \right) + (7.1 + 10.5) + 5 * 0.1dB + 7 * 0.5dB + 3$$

$$A_t(1310) = 24.92dB$$

$$A_t(1550) = \left(\frac{1070,365}{1000} * \frac{0,25dB}{km} \right) + 5 * 0.1dB + 7 * 0.5dB + (7.1 + 10.5) + 3$$

$$A_t(1550) = 24.86dB$$

3.3.4.3. Cálculo de atenuación del usuario más cercano

El usuario más cercano a la OLT se encuentra en la zona 1 a una distancia de 76,931 m, a esto le agregaremos 5 fusiones, 7 conectores, se toma en cuenta también los dos niveles de Splitteo, en la ilustración 3-35, se muestra los puntos de fusión y conectores existentes en la red de usuario más cercano.

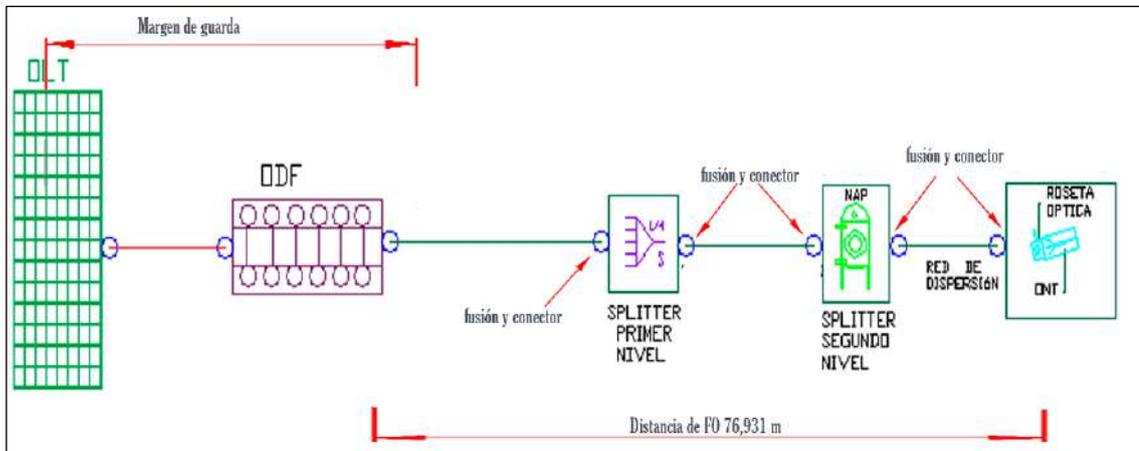


Ilustración 35-3: Red de usuario más cercano

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

De la misma manera se aplicará la misma fórmula que se utilizó para el usuario más lejano.

$$At = Afo + As + Af + Ac + Mg$$

$$At(1310) = \left(\frac{76,931}{1000} * \frac{0,3dB}{km} \right) + (7.1 + 10.5) + 5 * 0.1dB + 7 * 0.5dB + 3$$

$$At(1310) = 24.62dB$$

$$At(1550) = \left(\frac{76,931}{1000} * \frac{0,25dB}{km} \right) + 5 * 0.1dB + 7 * 0.5dB + (7.1 + 10.5) + 3$$

$$At(1550) = 24.61dB$$

3.3.4.4. Balance óptico

En esta parte consideraremos las potencias del transmisor como del receptor, tomando en cuenta la capacidad máxima y mínima soportada por los equipos, el mismo que esta especificada en la ITU-T G.984.2, y en los parámetros de la clase B+ que se acopla a nuestra red FTTH, tomando en cuenta las pérdidas totales generadas en la red, para realizar este cálculo se vincula la potencia mínima de recepción (P_{RX}), la potencia del transmisor óptico P_{TX} y la atenuación total (At), donde los valores determinados en la clase B+ (ITU-T G984.2) están los valores de -28dBm para la

recepción y de 5dBm para la potencia de transmisión óptica, los cuales se emplearan en la siguiente formula.

$$P_{RX} \leq P_{TX} - At$$

a) Cálculo de balance de potencia en el usuario más lejano

Para el cálculo del balance de potencia en el usuario más lejano se utilizará las perdidas antes ya calculadas que son $At(1310) = 24.92dB$ y $At(1550) = 24.86dB$

Para (1310nm)

$$\begin{aligned} P_{RX} &\leq P_{TX} - At \\ -28dBm &\leq 5dBm - 24.92dB \\ -28dBm &\leq -19.92dBm \end{aligned}$$

Para (1550nm)

$$\begin{aligned} -28dBm &\leq 5dBm - 24.86dB \\ -28dBm &\leq -19.86dBm \end{aligned}$$

b) Cálculo de balance de potencia en el usuario más cercano

De la misma manera se estará usando los valores de atenuaciones ya calculadas que son: $At(1310) = 24.62dB$ y $At(1550) = 24.61dB$.

Para (1310nm)

$$\begin{aligned} P_{RX} &\leq P_{TX} - At \\ -28dBm &\leq 5dBm - 24.62dB \\ -28dBm &\leq -19.62dBm \end{aligned}$$

Para (1550nm)

$$\begin{aligned} -28dBm &\leq 5dBm - 24.61dB \\ -28dBm &\leq -19.61dBm \end{aligned}$$

En conclusión, se puede observar que los valores calculados tanto en la atenuación como en el balance de potencia, son óptimos ya que cumplen con los valores especificados en la ITU-T G.984.2 clase B+ y en la ITU-T G.987.2 XG-PON.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

En este capítulo se desarrolló la simulación de la red FTTH ya diseñada, mediante en software OptiSystem, como también se elaboró el plan migración de las redes de telecomunicaciones existentes a la red de FTTH propuesta, del mismo modo se detalla el costo de implementación de la red propuesta.

4.1. Elaboración de un plan de migración

Para elaborar el plan de migración nos apoyamos en las encuestas realizadas, basándonos en los resultados arrojados sobre la calidad del servicio existente en la comunidad en estudio, como también se hizo una comparación entre tecnologías como la radio frecuencia y la fibra óptica convencional PON y GPON con la propuesta en el trabajo de titulación que es una red FTTH con el estándar XG-PON.

Como se pudo apreciar en la encuesta en el apartado de calidad de servicio que tiene la comunidad en estudio, el nivel es muy bajo ya sea este servicio ofrecido por fibra óptica o radio frecuencia, (cabe recalcar que el servicio de fibra óptica está siendo ofrecido en la Zona 1 y Zona 2 actualmente), a pesar de que estas dos zonas ya cuentan con fibra óptica en la actualidad el servicio es de baja calidad, de lo que se pudo apreciar en la tabulación de los datos.

Para elevar la calidad de servicio en el usuario, se ve en la necesidad de elaborar este plan de migración, basándose primeramente en la calidad de servicio, que trae consigo esta nueva red FTTH propuesta. El mismo que eleva la calidad de servicio para los comuneros que adoptan este nuevo servicio de internet. En el anexo H se adjunta el plan de migración, en esta sección nos enfocamos en las ventajas y desventajas de los estándares y planes de internet que se puedan ofrecer.

4.1.1. Comparación entre radio frecuencia, fibra óptica GPON y XG-PON

Se describe las ventajas y desventajas principales de cada una de las tecnologías y luego de esto se hará una comparativa de cuál es la mejor alternativa.

4.1.1.1. Radio frecuencia

Un enlace de internet por radio frecuencia es un servicio inalámbrico que llega a los usuarios mediante repetidores inalámbricos.

Tabla 1-4: Ventajas y desventajas de radio frecuencia

Ventajas	Desventajas
Costo de inversión muy baja	Limitado en ancho de banda
Fácil de implementar	Servicios limitados
No necesita de personal muy capacitado	Inalcanzable fuera de línea de vista
Fácil despliegue.	Se debe de estar monitoreando y dando mantenimiento constante del RF

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

4.1.1.2. Fibra óptica GPON

La fibra óptica con el estándar GPON alcanza tasas de transmisión hasta los 2.5Gbits, de manera simétrica

Tabla 2-4: Ventajas y desventajas de fibra óptica GPON

Ventajas	Desventajas
Tiene un mayor ancho de banda	Personal calificado para la instalación
Escalable. Puede evolucionar a XG-PON	Frágil
Mejor calidad de servicio hacia los usuarios	Se necesita conversores
Se puede cubrir hasta 20km	Costo medio

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

4.1.1.3. Fibra óptica XG-PON

Como se ha venido estudiando este estándar es capaz de transmitir simétricamente en una tasa de transmisión asimétrica de 10Gbits.

Tabla 3-4: Ventajas y desventajas de fibra óptica XG-PON

Ventajas	Desventajas
Calidad de servicio eficiente	Personal calificado en la instalación
Ancho de banda muy elevado	Costo medio
Mayor seguridad	Frágil
Adaptable, es adaptable a los estándares anteriores como PON y GPON	Necesita conversores
Se puede cubrir has 60km, con un adaptador se puede llegar a los 100km o dependiendo del módulo óptico utilizado	Equipos de costo medio
Escalable para los nuevos estándares como 25GPON y 25GSPON	

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Al ver las ventajas y desventajas que tienen los diferentes estándares podemos ver claramente que una red de fibra óptica con el estándar XG-PON cumple con características suficiente para ser implementado en la comunidad, para el mejoramiento del servicio del internet que poseen actualmente por los dos medios, Radio Frecuencia y FO.

4.1.2. Comparación de las tecnologías radio frecuencia, GPON y XG-PON

Tabla 4-4: Comparación entre tecnologías.

Características	Radio frecuencia,	GPON	XG-PON
Velocidades simétricas	320 Mbps -800 Mbps	622Mbps-2.4Gbps	10Gbps
Bandas de frecuencias y	2.4 y 5GHz	1310nm-1490nm	1260-1280nm 1490-1577nm
Alcance	Largas distancias, depende de la línea de vista	20km	60km hasta 100km
Seguridad	Media	Alta	Alta
Calidad de servicio	Bajo	Muy buena	Excelente
Costos de implementación	Bajo	Medio	Medio
Personal	No calificado	Calificado	Calificado
Instalación	Inalámbrico	Cableado aéreo o subterráneo	Cableado aéreo o subterráneo

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Como podemos observar en la tabla comparativa de las tres tecnologías, el estándar XG-PON se lleva la delantera en calidad de servicio, velocidad de transmisión, el cual le hace el más apto para ser adoptada por los comuneros.

4.1.3. Plan de migración a la red FTTH propuesta.

El plan de migración, se basa en el desarrollo de estrategias que enganchen al usuario a cambiarse a la nueva red de servicio mediante XG-PON, ofreciéndole mejores planes de servicios a más bajos precios y con anchos de banda que superen a los ofrecidos por las empresas existentes.

4.1.3.1. Planes de internet

Los planes de internet propuestos superarían en un 50% de los que son ofrecidos por las empresas existentes. En la siguiente tabla se detalla los planes que se puede ofrecer a los usuarios de la comunidad.

Tabla 5-3: Planes de internet propuesto que se ofrecería en la comunidad

Planes	Costos
Plan básico 50 Mbps	17 \$
Plan estudiantil 100 Mbps	22\$
Plan familiar 150 Mbps	27\$
Plan full 250 Mbps	35\$
Plan avanzado 500 Mbps	50\$

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

A estos planes se le puede agregar promociones como TV, servicios como Netflix, servicios de suscripciones y pagos directos mediante plataformas, y muchos servicios directos que se pueden poner como promoción por suscriptor.

Para que los usuarios se cambien a nuestra red propuesta se desarrolla campañas de instalaciones, a muy bajo costo, garantizando una conexión estable en su red doméstica, como también se garantiza la calidad de servicio y la seguridad.

De esta manera lograríamos que los usuarios migren del servicio de internet que poseen a la nueva que propone para la comunidad, ya que en la encuesta arrojan que si estarían dispuestos a cambiarse de proveedor dependiendo los costos y servicios que les ofrezcan.

A si como también nos confiaremos de la encuesta realizada a los comuneros en el apartado 11 que nos da la garantía que nuestra propuesta de red FTTH con el estándar XG-PON será acogida por los mismos. De esta manera obtendremos la migración de los usuarios de las redes existentes a nuestra red FTTH con el estándar XG-PON, que cuenta con muchos beneficios.

4.2. Simulación de la red FTTH mediante OptiSystem

El OptiSystem es el software que nos facilitó el desarrollo de la simulación de la red FTTH con el estándar XG-PON, ya que es desarrollada específicamente para simular redes de fibra óptica, el mismo tiene múltiples servicios y equipos de simulación que nos ayuda a verificar parámetros como, las potencias, atenuaciones, diagramas de ojo, como también el bit de error (BER), y muchos parámetros más. La versión que se utilizó es OptiSystem versión 19, que es de prueba por 30 días.

4.2.1. Simulación de la OLT

Para la simulación del OLT se tomó dos consideraciones, una con un OLT coexistente con las versiones anteriores, el otro OLT de forma directa como un sistema XG-PON.

4.2.1.1. Simulación de la OLT coexistente

La simulación del OLT coexistente, se basa en la Arquitectura XG-PON (N1) mencionada en el capítulo I, donde se considera la integración de estándar XG-PON(N1) con, XG-PON, GPON y VIDEO RF, mediante un dispositivo coexistente, por lo cual se utilizó equipos que simulen cada uno de estos elementos que al momento de integrarlos nos dé una salida nominal casi igual que una OLT que funciona con un solo estándar.

En la ilustración 1-4, podemos observar el OLT simulado con equipos que representan las tecnologías anteriores, como también mediante tres WDM Add integraremos estos estándares, teniendo una salida nominal similar a un OLT. En la salida se conecta a un medidor de potencia para verificar la potencia de salida del OLT coexistente. En el anexo G se adjunta la simulación de la red FTTH, tanto con el OLT coexistente, como el OLT directo.

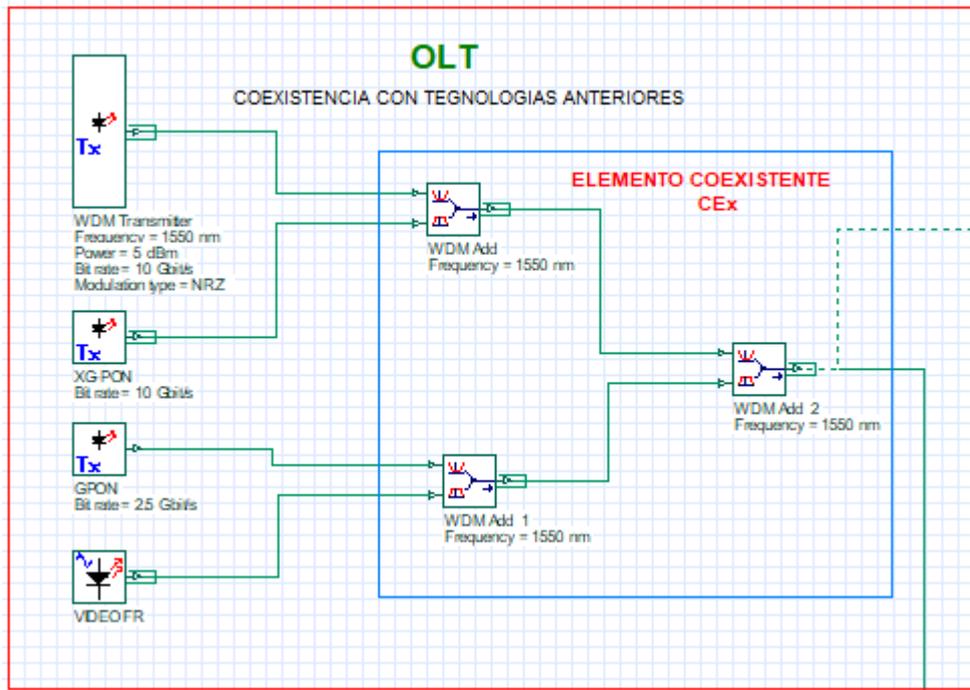


Ilustración 1-4: Simulación del OLT CEx

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

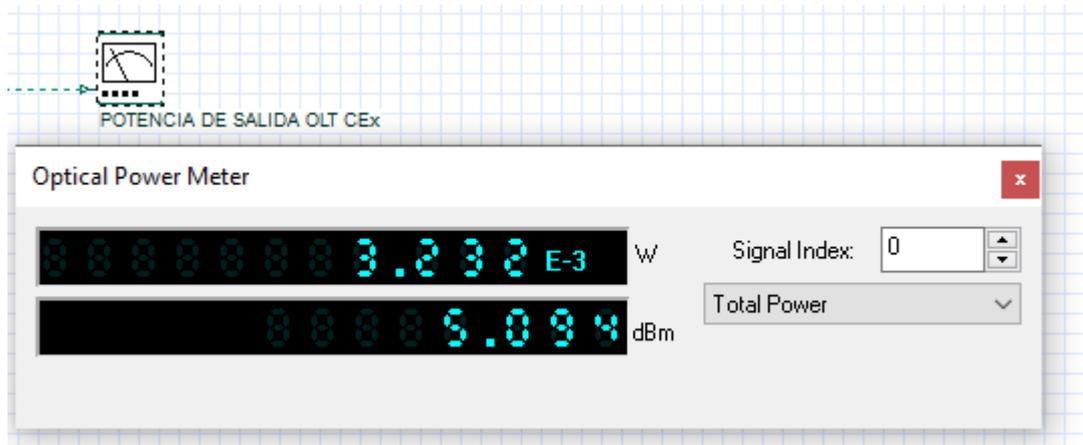


Ilustración 2-4: Potencia de salida del OLT CEx

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

4.2.1.2. Simulación de la OLT

Para la simulación de la OLT nos basamos en la topología general de la red diseñada, mencionado también en el capítulo II en la ilustración 12-3, Topología de la red FTTH XG-PON, el mismo que fue representado por un transmisor WDM que integra todos los parámetros como son potencia, frecuencia, bit rate, y otros parámetros más. En la siguiente ilustración se muestra el equipo simulado y su potencia de salida.

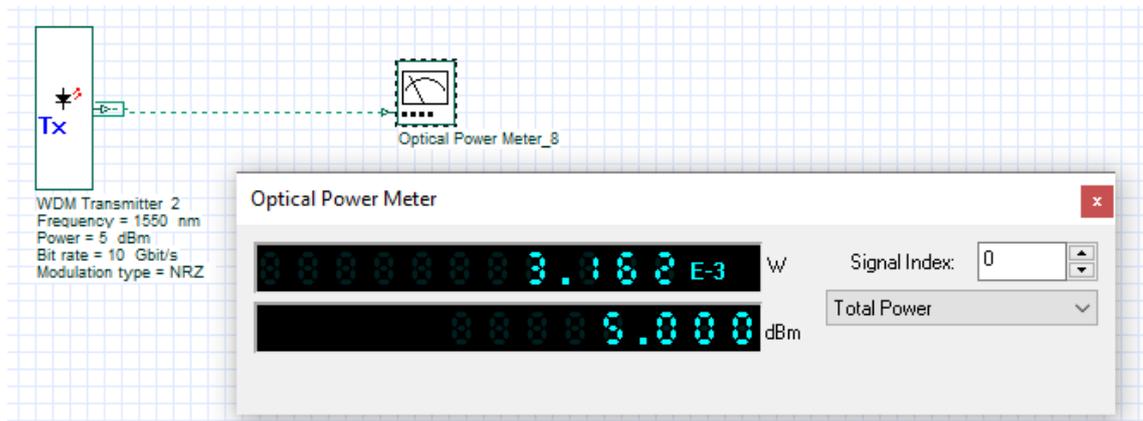


Ilustración 3-4: Simulación del OLT y su potencia de transmisión

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

4.2.2. Simulación de la red Feeder

Para la simulación de la red Feeder se tomó en consideración desde la salida del OLT hasta el primer nivel de Splitteo, donde intervienen un atenuador que representa el margen de seguridad de la red, la fibra óptica conector y fusión que ingresara al splitter del primer nivel. En la siguiente ilustración se muestra la simulación.

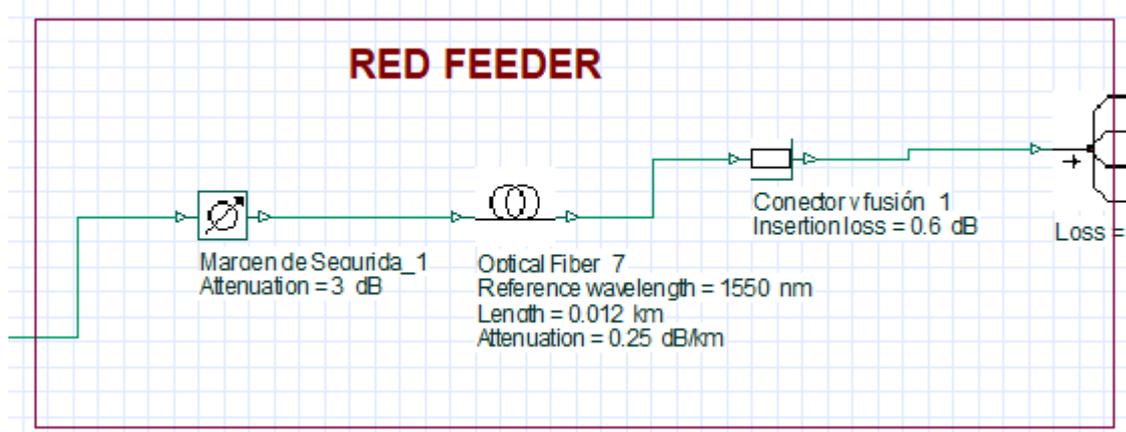


Ilustración 4-4: Simulación de la red Feeder

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

4.2.3. Simulación de la red de Distribución

Para la simulación de la red de distribución se tomó en cuenta desde el primer nivel de Splitteo, hasta el segundo nivel de Splitteo. Para el primer nivel de Splitteo se emplea un splitter de 1:4 con una pérdida de 7.1dB tal como se especifica en la tabla de pérdidas de los Splitters, así como también conectores, puntos de fusión y la fibra óptica. En la ilustración 5-4, podremos observar

como la red de distribución parte desde el primer nivel de Splitteo hasta la entrada del segundo nivel, mostrándonos cada una de las pérdidas en la descripción de cada elemento ilustrado.

Cabe recalcar que no específicamente esta línea debe ingresar a un segundo nivel de Splitteo esta puede ir directamente a un usuario según los requerimientos del mismo.

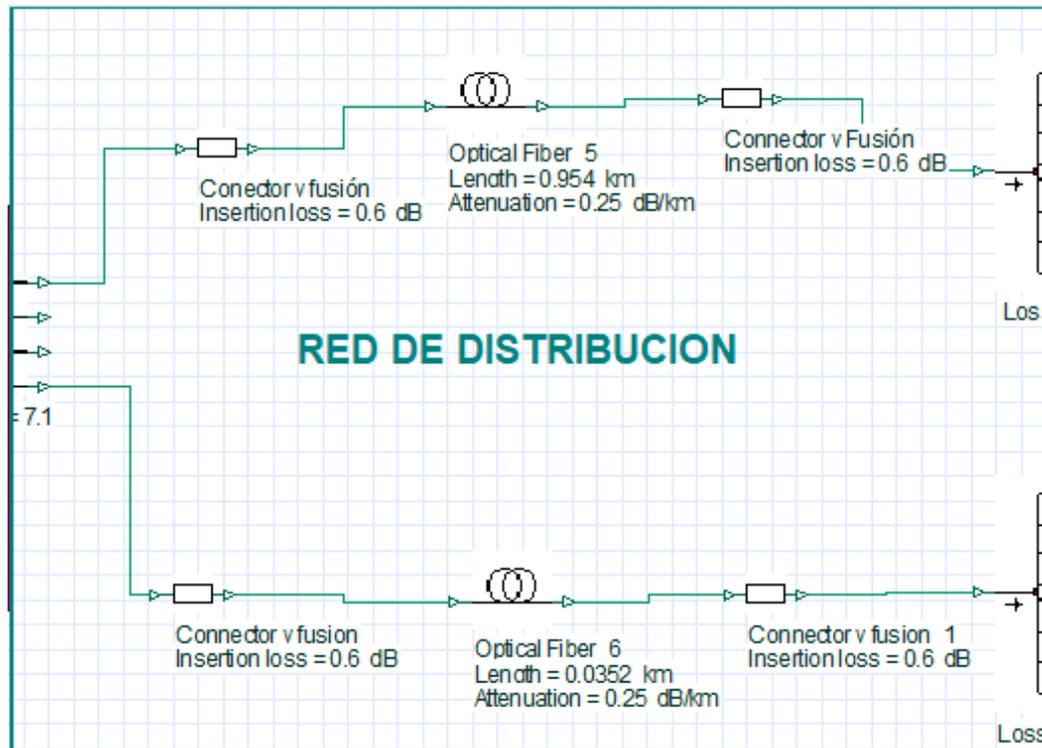


Ilustración 5-4: Simulación de la red de Distribución

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

4.2.4. Simulación de la red de Dispersión

Para la simulación de la red de dispersión se tomó en cuenta desde la salida del segundo nivel de Splitteo hasta el usuario, el splitter del segundo nivel tiene una pérdida de 10.5dB. Los elementos que conforman la red de dispersión, como la fibra óptica los conectores y fusiones cumplen con diferentes parámetros que se encuentran descritos en la siguiente ilustración.

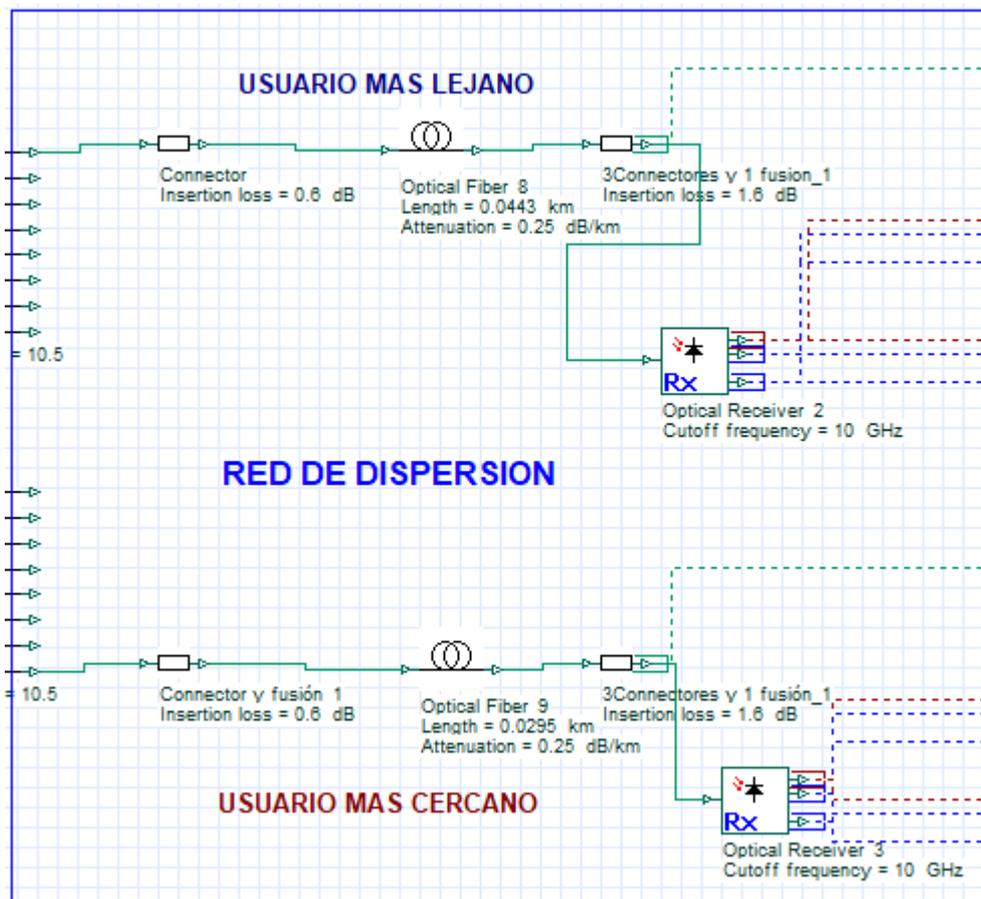


Ilustración 6-4: Simulación de la red de Dispersión

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

4.2.5. Simulación del usuario más lejano

Para la simulación del usuario más lejano, se consideró al usuario más alejado de la OLT, del cual se tomó la distancia, número de fusiones, número de conectores y los niveles de Splitteo, en este punto nos centraremos en la potencia de salida que se obtiene en la simulación, para realizar una comparación con la potencia calculada teóricamente.

En la ilustración 7-4, observamos la potencia de salida es -19.9dBm el cual difiere en decimas de la potencia calculada teóricamente que es -19.86dBm, con esto podemos decir que el cálculo como la simulación de la red están desarrolladas de manera eficiente, por lo cual se puede tener una confiabilidad en el momento de implementar la red FTTH.

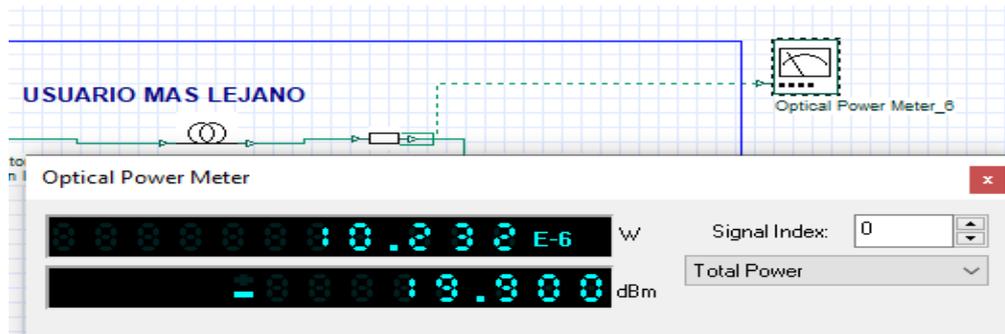


Ilustración 7-4: Potencia de salida del usuario más lejano

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

4.2.5.1. Factor Q y Bit de error (BER)

Estos dos factores son medidos en la salida del usuario, el factor de calidad nos muestra la atenuación, ruido y la dispersión de la red, el BER los indica los bits recibidos correctamente y los bits erróneos, estos dos factores garantizan la calidad de servicio que obtendrá el usuario.

a) Factor Q

En la siguiente ilustración veremos el factor de calidad en el usuario más lejano.

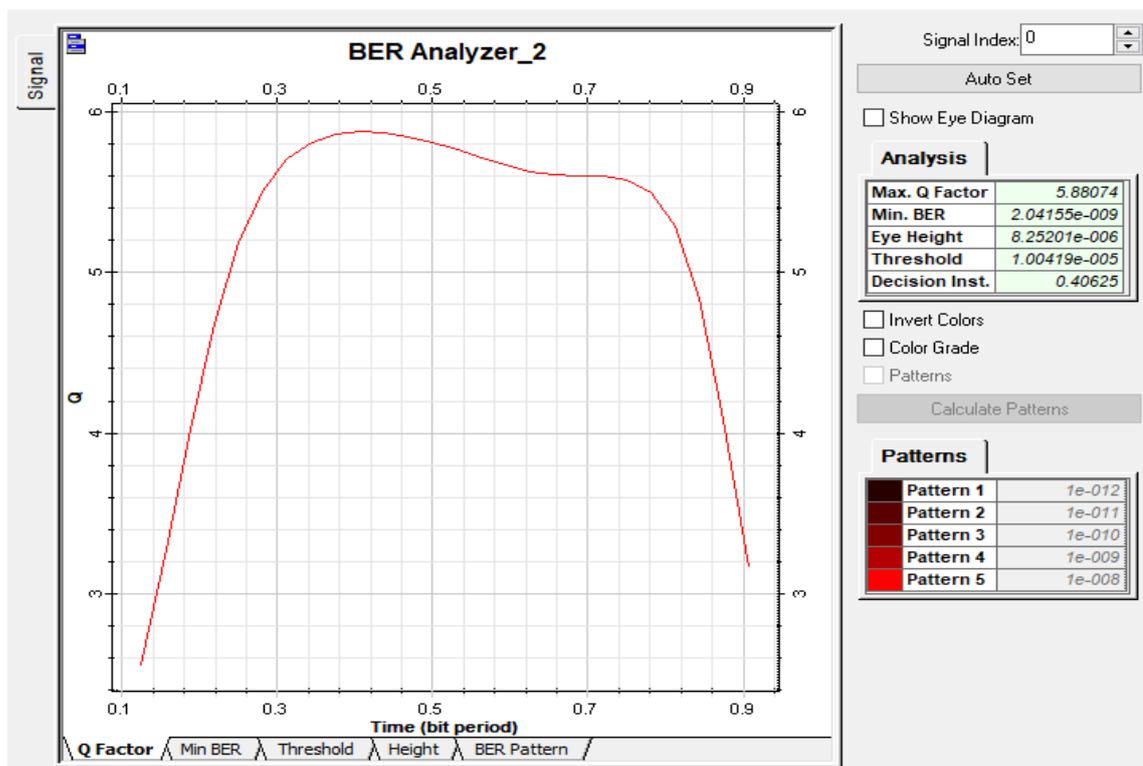


Ilustración 8-4: Factor de calidad del usuario más lejano

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

b) Bit de error (BER)

En la siguiente ilustración observamos el mínimo Bit de error en el usuario más lejano.

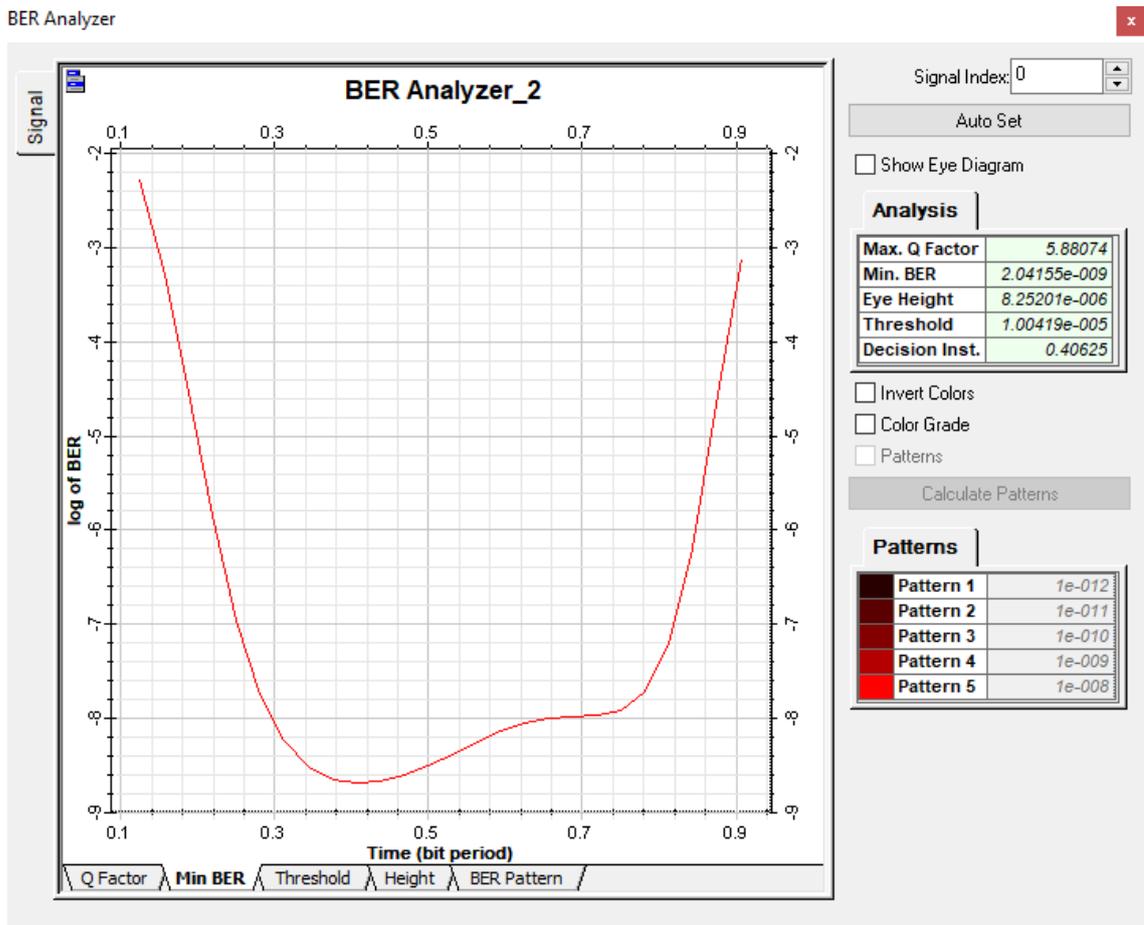


Ilustración 9-4: Bit de error mínimo en el usuario más lejano

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

4.2.5.2. Diagrama de ojo

Con el diagrama de ojo podemos ver las distintas combinaciones de unos y ceros que garantizan la calidad de nuestro enlace óptico, el mismo que se calcula en la salida del usuario y de esta manera garantiza un enlace eficiente. En la siguiente ilustración se observa los parámetros de medida del analizador de ojo.

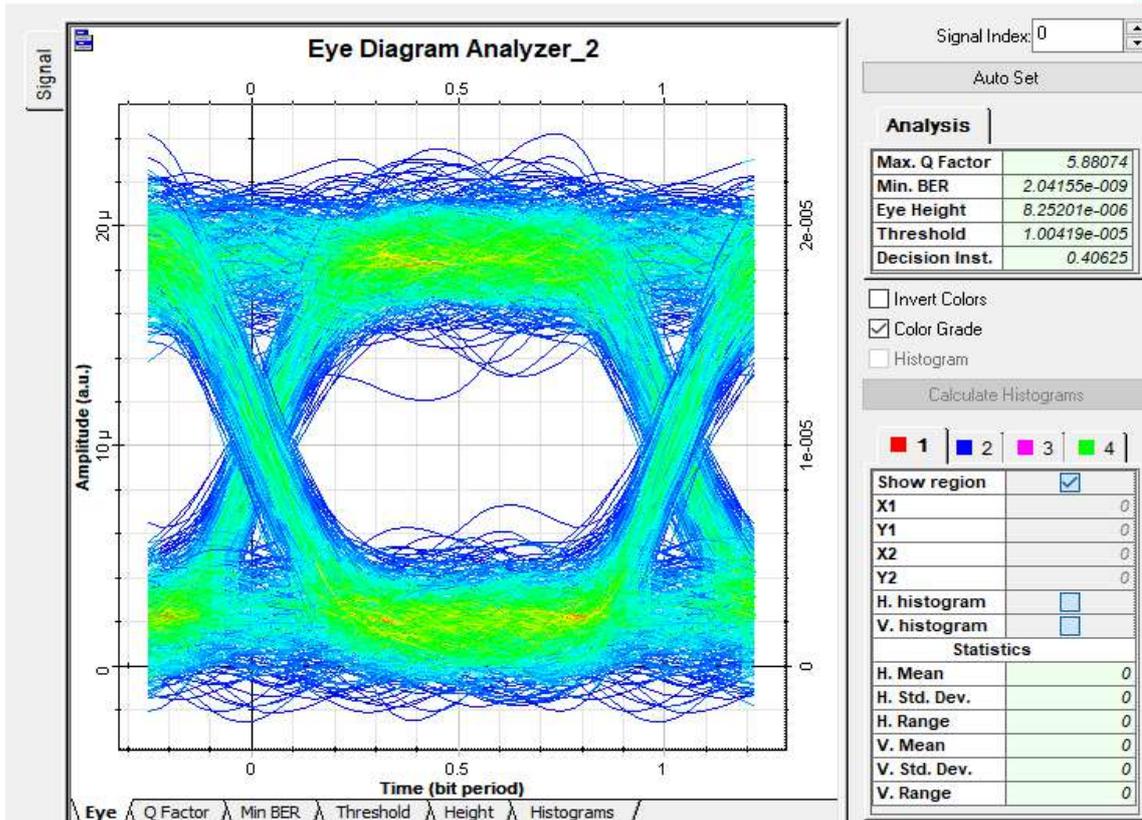


Ilustración 10-4: Analizador de ojo en el usuario más lejano

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

4.2.6. Simulación del usuario más cercano

Para la simulación del usuario más cercano, se consideró al usuario que esté más cerca de la OLT, del cual se tomó en cuenta la distancia, número de fusiones, número de conectores y los niveles de Splitteo. En este punto nos centramos en la potencia de salida que se obtiene en la simulación, para realizar una comparación con la potencia calculada teóricamente.

En la ilustración 11-4, observamos la potencia de salida es -19.67dBm el cual difiere en decimas de la potencia calculada teóricamente que es -19.61dBm, con esto podemos decir que el cálculo como la simulación de la red están desarrolladas de manera eficiente.



Ilustración 11-4: Potencia de salida del usuario más cercano

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

4.2.6.1. Factor Q y Bit de error (BER)

a) Factor Q

En la siguiente ilustración se muestra el factor de calidad para el usuario más cercano.

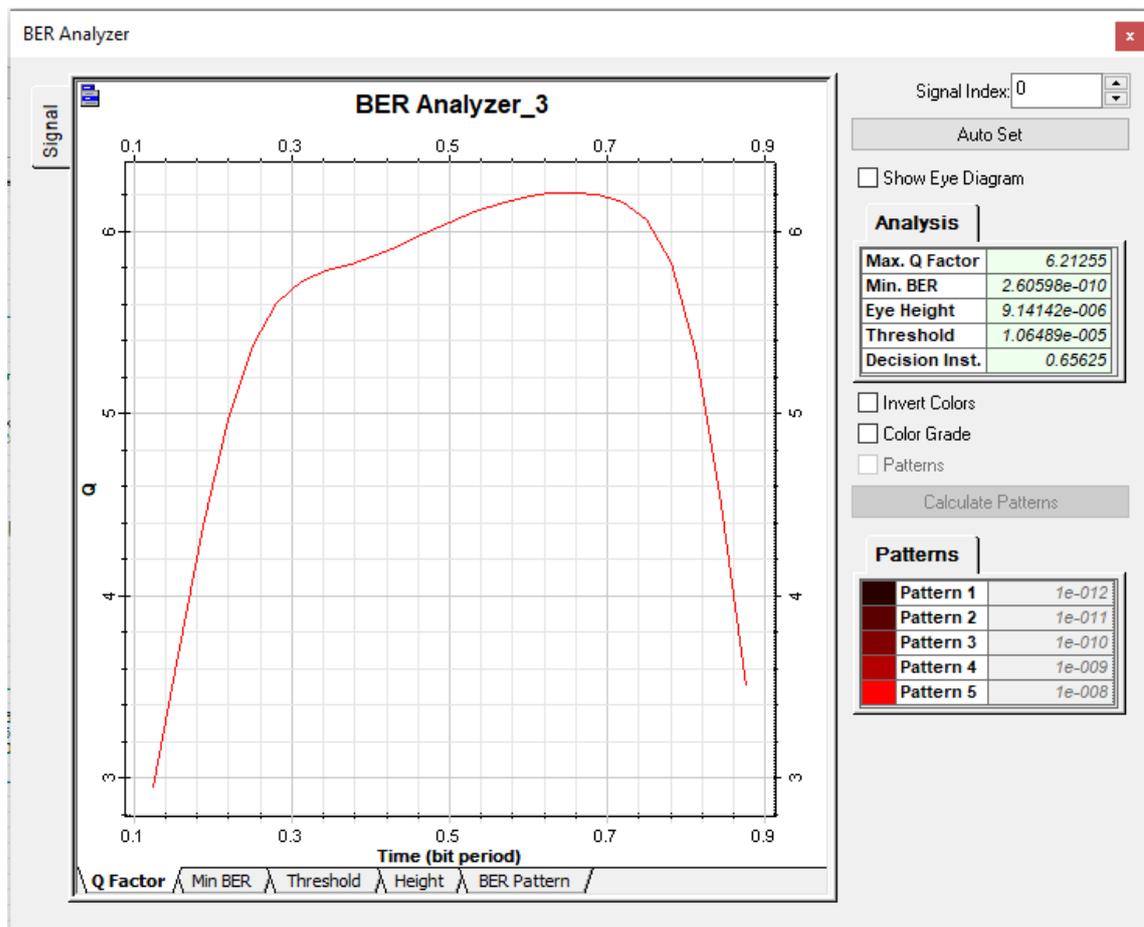


Ilustración 12-4: Factor de calidad del usuario más cercano

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

b) Bit de error (BER)

En la siguiente ilustración se muestra el bit de error mínimo para el usuario más cercano

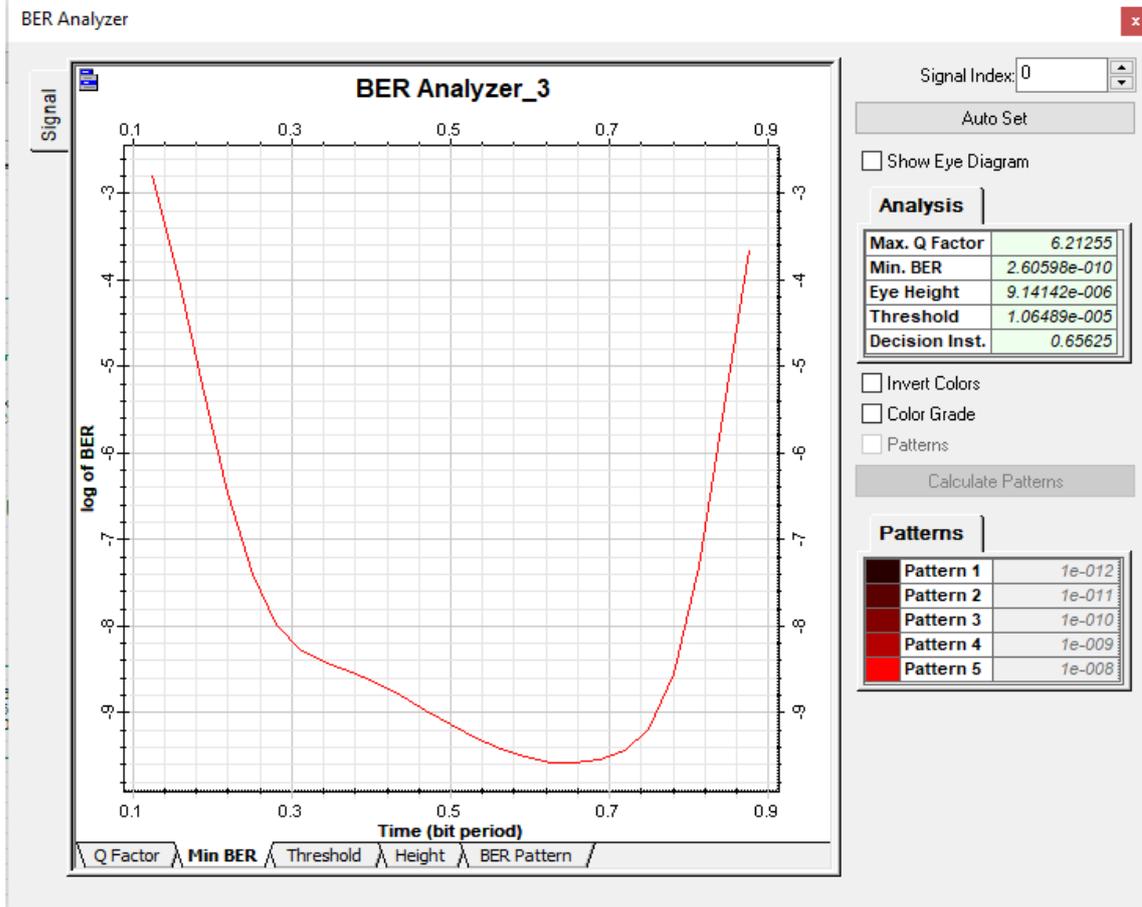


Ilustración 13-4: Bit de error mínimo del usuario más cercano

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

4.2.6.2. Diagrama de ojo

En la siguiente ilustración se muestra el diagrama de ojo y sus parámetros, para el usuario más cercano.

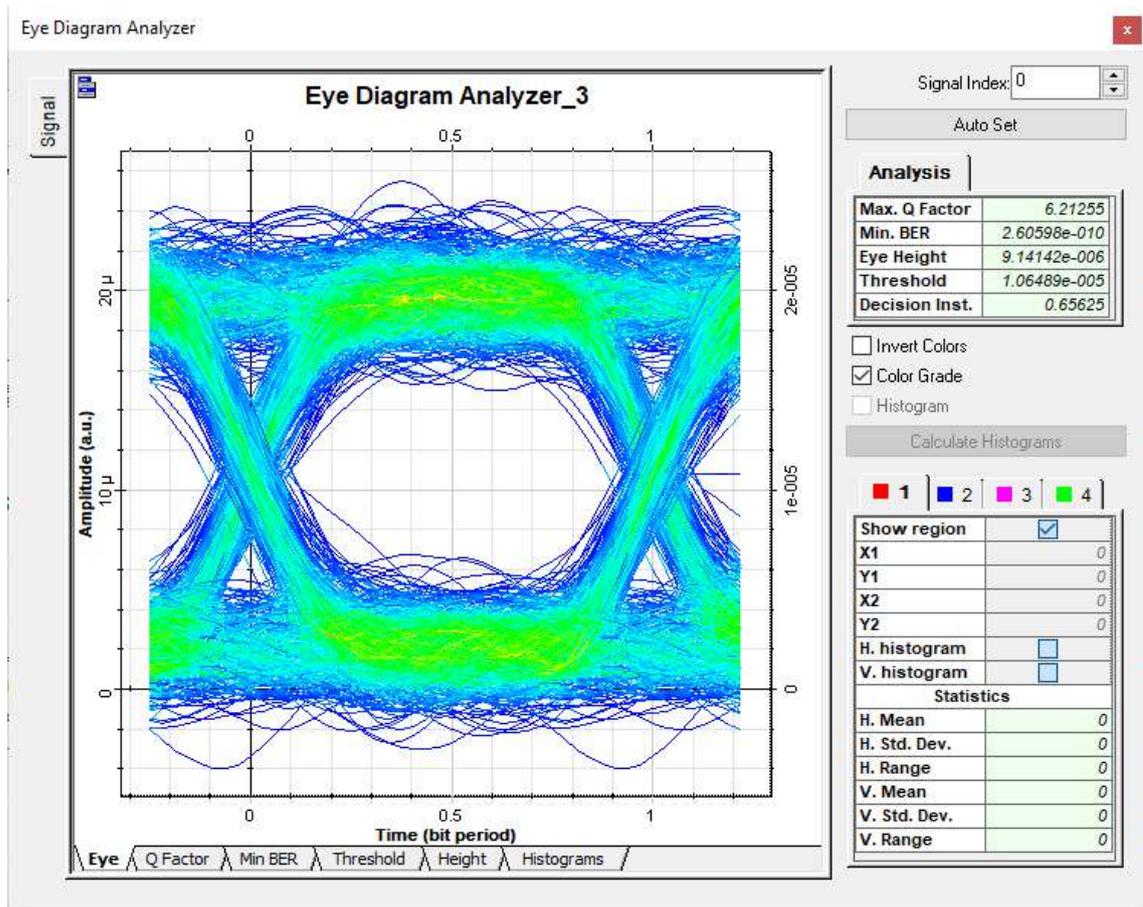


Ilustración 14-4: Diagrama de ojo del usuario más cercano

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

4.3. Diseño de red FTTH con el estándar XG-PON para la comunidad de Gunudel

Para el diseño de la red FTTH con el estándar XG-PON, se utilizó el software de diseño AutoCAD versión 2018, el cual nos proporcionó toda la facilidad para poder desarrollar los tres principales pates de la red que son: red Feeder, red de distribución y red de dispersión, el diseño completo se adjuntara en anexo D.

4.3.1. Diseño de la red Feeder.

En la siguiente ilustración se indica el diseño de la red Feeder, el cual va desde la OLT hasta el primer nivel de Splitteo.

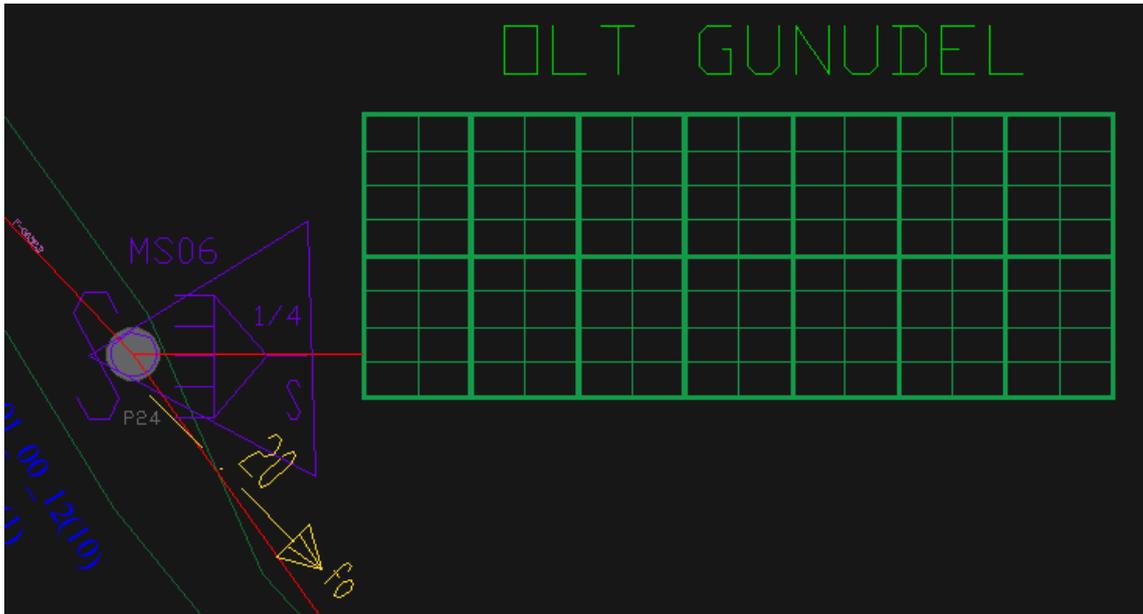


Ilustración 15-4: Red Feeder, desde la OLT hasta el primer nivel de Splitteo

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

4.3.2. Diseño de la red de distribución

En la ilustración 4-16, se indica el diseño de la red distribución que constituye desde el primer nivel de Splitteo hasta el segundo nivel. Cabe recalcar que no específicamente esta puede ir al segundo nivel, ya que esta se puede distribuir directamente a un usuario.



Ilustración 16-4: Red de distribución, desde el 1º nivel hasta el 2º nivel de Splitteo

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

4.3.3. *Diseño de la red de dispersión*

En la siguiente ilustración se indica el diseño de la red de dispersión que va desde el segundo nivel de Splitteo hasta los usuarios.

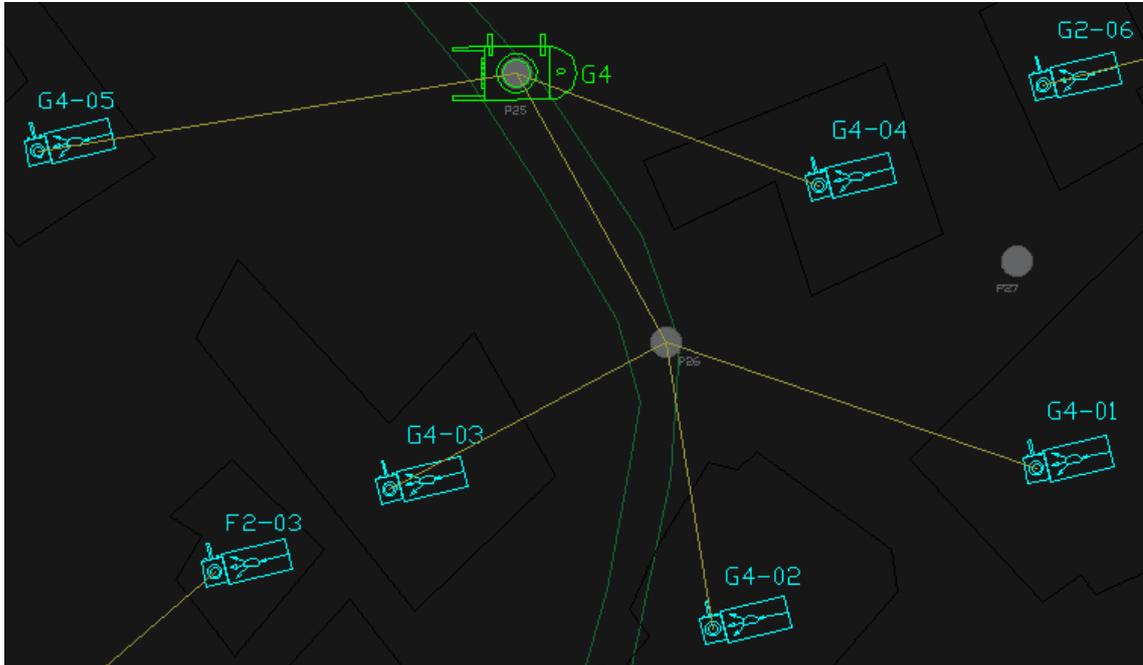


Ilustración 17-4: Red de dispersión, desde el segundo nivel hasta el usuario

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

4.4. **Costos de implementación.**

Para el desarrollo de la red FTTH con el estándar XGPON, se necesitó tanto de equipos como materiales, que tienen un costo de adquisición, que se detalla en tres partes, costos de la red Feeder, costos de la red de distribución y costos en la red de dispersión, de estas tres se detalla el costo total en las tres zonas estudiadas ya que existen zonas que comparten mangas de distribución.

4.4.1. *Costos de la red Feeder*

En la siguiente tabla se detalla los costos de los equipos y materiales necesarios para la implementación de la red Feeder.

Tabla 6-4: Presupuesto de la red Feeder

Red Feeder Equipos y materiales	Cantidad de equipos y materiales	Costo unitario	Costo total
OLT HUAWEI-MA5680T	1	3455,04 \$	3455,04 \$
Splitter 1:4	12	7 \$	84\$
Porta splitter	6	210\$	1260\$
Fibra óptica G652.D 12-24 hilos ADSS	1140m	0.4\$	456\$
ODF de 12 0 24 puertos	1	45 \$	45 \$
Herraje Tipo A Para Fibra Óptica ADSS	23	4\$	92\$
Tensor para acometida	46	1.5\$	69\$
Total			5461,04\$

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

El presupuesto total que se tiene en equipos y materiales a utilizar, para la implementación de la red Feeder es de 5461,04\$

4.4.2. Costos de la red de distribución

En la siguiente tabla se detalla los costos en equipos y materias a utilizar en la red de distribución.

Tabla 7-4: Costo de materiales y equipos de la red de distribución

Red Distribución Equipos y materiales	Cantidad de equipos y materiales	Costo unitario	Costo total
Splitter 1:8	12	8\$	96\$
Splitter 1:4	13	7\$	91\$
Cajas de empalmes	25	60\$	1500\$
Fibra óptica G652.D 12 hilos ADSS	2404,69m	0.4\$	961,876\$
Tensor para acometida	118	1.50\$	177\$
Herraje Tipo A Para Fibra Óptica Adss	60	4	240
Pigtal SC-APC	201	3\$	603\$
Total			3668.876\$

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Como podemos apreciar el costo de implementación de la red de distribución está en 3668.876\$.

4.4.3. Costos de la red de dispersión

En la siguiente tabla se detalla los costos de materiales y equipos que se necesitan para la red de dispersión.

Tabla 8-4: Costos de materiales y equipos de la red de dispersión

Red Dispersión Equipos y materiales	Cantidad de equipos y materiales	Costo unitario	Costo total
Patch cord	107	10\$	1070\$
Fibra óptica G652.D 2 hilos DROP	3997,10m (4km) 2km	0.25\$ 250\$	999.28\$ 500\$
Gancho con tensor	107	0.07\$	7.50\$
Pigtail SC-APC	107	3\$	321\$
Roseta óptica SC-LC	107	2.5\$	267.5\$
ONT, Huawei HN8346X6 FTTH	107	34\$	3638\$
Total			6803,28\$

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

El costo en materiales y equipos para la red de dispersión es de 6803,28\$

4.4.4. Costo total de la implementación de la red FTTH.

En la siguiente tabla se detalla los costos totales de la red Feeder, red de distribución y de la red de dispersión.

Tabla 9-4: Costo total

RED	Costos
Feeder	5461,04\$
Distribución	3668.876\$
Dispersión	6803,28\$
Total	15933,196\$

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

La inversión total de implementación de la red FTTH con el estándar XG-PON está estimada en 15933,196\$.

CONCLUSIONES

Después de haber desarrollado el estudio de la comunidad, del estándar XG-PON y haber desarrollado el diseño de la red FTTH con el estándar XG-PON se concluye.

- Se analizó de manera efectiva los servicios de internet existentes en la comunidad de Gunudel, aplicando un análisis de campo mediante una encuesta.
- Se diseñó la red FTTH con el estándar XGPON para la comunidad de Gunudel en Saraguro mediante la utilización del software AutoCAD 2018, el cual nos brinda un entorno de diseño amigable, en el cual se puede diseñar todos los elementos que intervienen en una red FTTH.
- Se elaboró un plan de migración de la red actual existente en la comunidad de Gunudel a la red FTTH diseñada en este proyecto técnico, mediante la promoción del mejoramiento del servicio y mejores planes de internet, ya que XG-PON es un estándar que tiene muchos beneficios, tanto en calidad de servicio como en cubrir zonas muy extensas, logrando cubrir hasta 100km mediante la implementación de un adaptador de potencia, o un módulo óptico.
- Se calculó el balance de potencia, tanto para el usuario más lejano y el más cercano, utilizando valores determinados en la ITU-T G.984.2 clases B+, como también los valores de atenuaciones teóricas calculadas para los usuarios más lejanos y cercanos, considerando un margen de seguridad de 3dB y una potencia del emisor óptico de 5dBm, se obtuvo una potencia de -19.86dBm en el usuario más lejano y de -19.61dBm para el usuario más cercano, los mismos que están dentro de lo permitido en las especificaciones de la ITU-T G.984.2 e ITU-T G.987.2.
- Se simuló la red XG-PON diseñada en el software OptiSystem, midiendo los parámetros técnicos se pudo confirmar los valores del balance de potencias obtenidas teóricamente, obteniendo el valor de -19.90dBm para el usuario más lejano, el cual esta con 0.04dBm de diferencia a lo calculado teóricamente, mientras que para el usuario más cercano se obtuvo -19.667dBm, el cual esta con 0.057dBm de diferencia a lo calculado teóricamente, por lo cual se confirma que los valores son similares y que están dentro del margen permitido por las ITU-T G.984.2 e ITU-T G.987.2.

RECOMENDACIONES

- Para la elaboración de un diseño de red FTTH en AutoCAD 2018 y no solo para esta red, para cualquier red a diseñar o ya sea un proyecto distinto, debemos de trabajar mediante bloques y capas para agilizar mediciones y conteo de equipos y materiales utilizados en el diseño.
- Para el cálculo de atenuaciones y balance de potencia debemos de tener en cuenta las pérdidas y ganancias en los equipos y materiales que se va emplear al momento de tender la red FTTH, de esta manera se obtendrá resultados acordes a la realidad.
- Para la ejecución de la red FTTH se recomienda utilizar los equipos y materiales mencionadas en este capítulo, ya que los cálculos están realizados acorde a estos equipos y materiales, si se utiliza otros equipos y otros materiales, puede que los valores cambien al momento de comprobar el funcionamiento.
- Se recomienda ser organizados al momento de tender la red de distribución y dispersión, como poner también señalización de cada una de estas, para evitar confusiones al momento de fusionar y distribuir al usuario final.

BIBLIOGRAFÍA

ALEA SOLUCIONES, “Evolución desde GPON a la tecnología XGS PON. MIGRACION XG-PON”. XG-PON, [en línea], 2018. [Consulta: 15 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.aleashop.es/blog/2018/08/01/xg-pon-2/>

CELI IZQUIERDO, B. Análisis técnico comparativo de las redes de acceso de nueva generación: análisis técnico comparativo de las redes de acceso XGS-PON versus NG-PON2. [en línea], Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Quito, 2022. pp.8–40. [Consulta: 17 noviembre 2022]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22654>

CENTURYLINK. “¿Qué es Internet por fibra óptica?” CenturyLink. [en línea], 2021. [Consulta: 10 octubre 2022]. Disponible en: <https://espanol.centurylink.com/home/help/internet/fiber/what-is-fiber-internet.html>

CONECTRÓNICA. “Significados de redes PON, GPON, XG-PON, 10G-EPON”. CONECTRÓNICA. [en línea], 2019. [Consulta: 7 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.conectronica.com/fibra-optica/redes-opticas/significados-de-redes-pon-gpon-xg-pon-10g-epon>

COPA MERLO, J. Diseño de una red GPON para los rosales de Achumani del Municipio de la Paz en base a los requerimientos de ENTEL. [en línea], Universidad Mayor De San Andrés, Facultad de Tecnología, Carrera de Electrónica y Telecomunicaciones, La Paz- Bolivia, 2016, pp.1–177. [Consulta: 8 diciembre 2022]. Disponible en: <https://docplayer.es/67043222-Universidad-mayor-de-san-andres.html>

CORPORACIÓN OPTIWARE. “OptiSystem - Software de diseño de sistemas de comunicación óptica” MathWorks [en línea], 2020. [Consulta: 30 noviembre 2022]. Disponible en: https://www.mathworks.com/products/connections/product_detail/optisystem.html

CRUZ NAULA, N. Diseño de una red FTTx utilizando estándar G.984.X para proveer servicio Triple Play en la zona urbana del Cantón Chambo. [en línea], (Trabajo de titulación), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes, Riobamba, 2019. [Consulta: 8 diciembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11020/1/98T00243.pdf>

D’UNA NET, Imagen de sede. [en línea], 2019. [Consulta: 16 octubre 2022]. Disponible en: https://lh3.googleusercontent.com/p/AF1QipMXV2TZ3SNMw75eXycDvFfsFOTHYRK7XkZ_Z_RFo=s680-w680-h510

FS COMMUNITY. “WDM-PON vs GPON vs XG-PON” [blog], 2018. [Consulta: 15 diciembre 2022]. Disponible en: <https://community.fs.com/es/blog/wdm-pon-vs-gpon-vs-xg-pon.html>

FS COMMUNITY. “Una visión general de la red de acceso FTTH con GPON”. [blog]. 2021. [Consulta: 1 noviembre 2022]. Disponible en: <https://community.fs.com/es/blog/an-overview-of-gpon-ftth-access-network.html>

GOVIND, A. OptiSystem Overview. [en línea], 2021. [Consulta: 20 diciembre 2022]. Disponible en: <https://optiwave.com/optisystem-overview/>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC). “INEC presenta sus proyecciones poblacionales cantonales [en línea], 2013. [Consulta: 20 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/inec-presenta-sus-proyecciones-poblacionales-cantonales/>

INTEL CORPORATION. “Red óptica pasiva con capacidad de gigabit”. Ethernity Networks. [en línea], 2021. [Consulta: 23 octubre 2022]. Disponible en: [https://www.intel.la/content/www/xl/es/architecture-and-technology/programmable/transceiver/protocols/pro-gpon.html#:~:text=El%20est%C3%A1ndar%20de%20GPON%20\(red,grandes%20y%20de%20longitud%20variable.](https://www.intel.la/content/www/xl/es/architecture-and-technology/programmable/transceiver/protocols/pro-gpon.html#:~:text=El%20est%C3%A1ndar%20de%20GPON%20(red,grandes%20y%20de%20longitud%20variable.)

ITCA ESCUELA DE COMPUTACIÓN. Partes de la fibra óptica. [en línea], 2016. [Consulta: 25 octubre 2022]. Disponible en: https://virtual.itca.edu.sv/Mediadores/irmfi1/IRMFI_15.htm

ITU-T. ITU-T 10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): General requirements [en línea], 2016. [Consulta: 25 noviembre 2022]. Disponible en: <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11>

JUAN. WDM-PON vs GPON vs XG-PON. [en línea], 2018. [Consulta: 8 diciembre 2022]. Disponible en: <https://xxxamin1314.medium.com/wdm-pon-vs-gpon-vs-xg-pon-5d62f8ed36c5>

MARGARET, “Diferencia entre las fuentes de luz LED y láser” Comunidad FS. [blog], 2021. [Consulta: 22 octubre 2022]. Disponible en: <https://community.fs.com/es/blog/difference-between-laser-light-source-and-led-light-source.html>

MILLÁN TEJEDOR, R. “Qué es GPON (Gigabit Passive Optical Network)”. BIT N° 166, Coit & Aeit. [en línea], 2007. [Consulta: 8 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php>

MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES Y DE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN. “Seguimos creciendo en el despliegue de las telecomunicaciones: ecuador ya cuenta con 59.861 km de fibra óptica”. [en línea], 2020. [Consulta: 7 enero 2022]. Disponible en:

<https://www.telecomunicaciones.gob.ec/seguimos-creciendo-en-el-despliegue-de-las-telecomunicaciones-ecuador-ya-cuenta-con-59-861-km-de-fibra-optica/>

OPTIWAVE OPTISYSTEM. “Optiwave Optisystem Download Free for Windows 7, 8, 10”. Get Into Pc. [en línea], 2022. [Consulta: 20 diciembre 2022]. Disponible en: <https://getintopc.today/optiwave-optisystem-free-download/>

ORFA TECH. “10G LAN XGS PON ONU y ONT OXG 99C”. Puerto LAN 10G XGS-PON ONT. [en línea], 2022. [Consulta: 5 diciembre 2022]. Disponible en: https://orfaoptic.com/Product/xgs-pon-onu-oxg-99c/?gclid=Cj0KCQiAvqGcBhCJARIsAFQ5ke7tisPJM2pgWGfjP87lbb20FDhOFRgIukW8fSwt_gP9U9LjX6LFE48aAj-3EALw_wcB

PIERRI, J. “La fibra Óptica”. info@citel [en línea], 2010. [Consulta: 13 octubre 2022]. Disponible en: https://www.oas.org/es/citel/infocitel/2010/abril/ftth_e.asp

PINTO, R. & CABEZAS, A. Sistemas de comunicaciones ópticas [en línea], Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, 2014. [Consulta: 17 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/11995/Com%20opticas%20V.2014-03-28%20PDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RAMÍREZ MONTILLA, Christian. “Consideración en redes ópticas PON-LAN”. Scribd [en línea], 2019. pp. 1–19. [Consulta: 27 octubre 2022]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/515245396/21-02-19-pon-lan-passive-optical-network-consideration-es#>

ROSABAL MONTERO, D. & RODRÍGUEZ TORRES, M. Tecnologías de acceso ópticas para la migración de la red de cobre a fibra [en línea], 2019. pp. 1-14 [Consulta: 10 diciembre 2022]. Disponible en: www.informatica-juridica.com/wp-content/uploads/2016/10/tecnologias_migracion_red_de_cobre_fibra_InformaticaJuridica_Dilber-Manleys.pdf

TIC. “Medios de fibra”. MINTIC AND MINEDUCACIÓN [en línea], 2019. [Consulta: 11 octubre 2022]. Disponible en: <http://contenidos.sucerman.com/nivel3/redes/unidad2/leccion2.html>

VALENCIA, S. Elaboración de una guía procedimental para las pruebas de aceptación de fibra óptica instalada en una red de acceso GEPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network) FTTH [en línea], Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Quito, 2016 [Consulta: 9 noviembre 2022]. Disponible en: <https://1library.co/document/q7w4p9nz-elaboracion-procedimental-aceptacion-instalada-ethernet-passive-optical-network.html>

VALLES PORTELA, R. Sistemas avanzados de Transmisión II. Tarea 3- Aplicar métodos para la solución de problemas en acceso vía inalámbrica con tecnología LTE [en línea], Universidad Nacional Abierta y A distancia UNAD, ECBTI CEAD JAG, Bogotá DC, 2019. [Consulta: 5 noviembre 2022]. Disponible en:

WATSON, D. “GPON vs XG-PON vs XGS-PON, ¿cuál es la diferencia?” V-SOL. [blog], 2022. [Consulta: 9 diciembre 2022]. Disponible en: <https://es.vsolcn.com/blogs-detail/gpon-xgpon-xgspon>

ZAMORA, M. “Definición de Internet. Unidad III”. Internet. [en línea], 2014. pp. 3–11. [Consulta: 18 octubre 2022]. Disponible en: https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/prepa3/Presentaciones_Enero_Junio_2014/Definicion%20de%20Internet.pdf

ANEXOS

ANEXO A: ENCUESTA REALIZADA



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

INFORMÁTICA Y ELETRÓNICA - TELECOMUNICACIONES

“DISEÑO DE UNA RED FTTH UTILIZANDO EL ESTÁNDAR XGPON PARA MEJORAR LOS SERVICIOS DE INTERNET EN LA COMUNIDAD DE GUNUDEL EN SARAGURO”

TEMA: Cumplimiento del primer objetivo de trabajo de titulación.

➤ **Analizar el estado actual de los servicios de internet en la comunidad Gunudel en Saraguro**

Para el cumplimiento del objetivo planteado, se desarrolla la siguiente encuesta.

Marque con una x en uno de los casilleros de las preguntas correspondientes

1. ¿Usted cuenta con servicio de internet en su domicilio? En caso de no contar con el servicio pase a la pregunta 9
 - a) Si
 - b) No
 - c) No se
2. ¿En su casa cuantas personas usan internet?
 - a) 1 a 4 personas
 - b) 4 a 6 personas
 - c) Mas de 7 personas
3. ¿Con que frecuencia ingresa a un servicio de internet?
 - a) 1 a 3 veces por semana
 - b) 4 a 6 veces por semana
 - c) Todos los días
4. ¿Con que compañía tiene contratado el servicio de internet?
 - a) SARAGUROS.NET
 - b) D'UNA NET
 - c) AUSTTEL
5. ¿Sabe por qué medio le brinda el servicio de internet?
 - a) Radio frecuencia
 - b) Fibra óptica
 - c) Telefónico (Dial-Up)
 - d) Satelital
6. ¿Cuál es el plan de internet que cuenta en su hogar?
 - a) Básico (20 y 30 Mbps) 15\$-20\$
 - b) Estudiantil (50 Mbps) 25\$
 - c) Familiar (70 Mbps) 30\$

- d) Full (100 Mbps) 50\$
- e) Exclusivo (200 Mbps) 70\$
- f) Avanzado (400 Mbps) 100\$

7. ¿Como califica, el servicio de internet a su proveedor?

- a) Mala
- b) Buena
- c) Muy buena
- d) Excelente
- e)

8. ¿Su proveedor de internet le brinda otras promociones más del internet?

- a) TV por cable
- b) Teléfono
- c) Promociones
- d) Otro

9. ¿Qué motivo hace que usted no cuente con el servicio de internet?

.....

10. ¿Conoce cuantas compañías de internet existe brindando el servicio en la comunidad?

- a) Si

Cuales:

.....

- b) No

11. Estaría dispuesto a contratar el servicio en otra empresa o proveedor, que le ofrezca mejores planes de servicios. (Planes de internet más elevado y bajo costo)

- a) Si
- b) No



ANEXO B: CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA ÓPTICA



FICHA TÉCNICA
CABLE DE PLANTA EXTERNA

Cable Figura 8 Mensajero de 1/16" FOSPC-XXX-X-F8SJ1-EX / 06 - 72 Fibras

Descripción

El cable Figura 8 WAVEOPTICS está diseñado para utilizarse en instalaciones aéreas de planta externa. Para obtener un cable autosoportado se incorpora un mensajero de acero galvanizado compuesto por 7 hilos de alambre de acero con un diámetro total de 1.6 mm.

Tubos holgados construidos con PP rellenos de gel de bloqueo de agua que permite una mejor flexibilidad y radios de curvatura menores. Cubierta sencilla de polietileno con aditivos que proporciona una protección superior contra la radiación UV, los hongos, la abrasión y otros factores ambientales.

El método de trenzado S-Z para los tubos holgados y los dos hilos rompe cubierta aseguran un rápido y sencillo acceso a las fibras ópticas.



Calidad

WAVEOPTICS es una empresa certificada en ISO-9001:2015, lo cual respalda la calidad de cada uno de nuestros productos, el cual se monitorea a través de nuestro sistema de gestión de la calidad.

Cumplimos o excedemos las siguientes normas internacionales:

- Telcordia GR-20: Requisitos genéricos para fibra óptica y cable de planta externa.
- IEC 60794: Requerimientos para fibra óptica y elementos de cable.
- RUS BULLETIN 1753F: Especificaciones mínimas de desempeño para cables de fibra óptica para el mercado de EUA.
- ICEA S-87-640: Estándar para cable de fibra óptica de planta externa.
- UNE-EN 10244-22009: Alambre de acero y productos de alambre. Recubrimientos metálicos no ferrosos sobre alambre de acero. Parte 2. Recubrimientos de zinc y aleaciones de zinc.

Cada cable WAVEOPTICS cumple con los más altos estándares de calidad en la industria. Cada bobina de cable de fibra óptica WAVEOPTICS contiene un certificado de cumplimiento en el cual se anexan físicamente las pruebas realizadas en nuestro laboratorio de calidad.

Aplicaciones:



Protecciones:



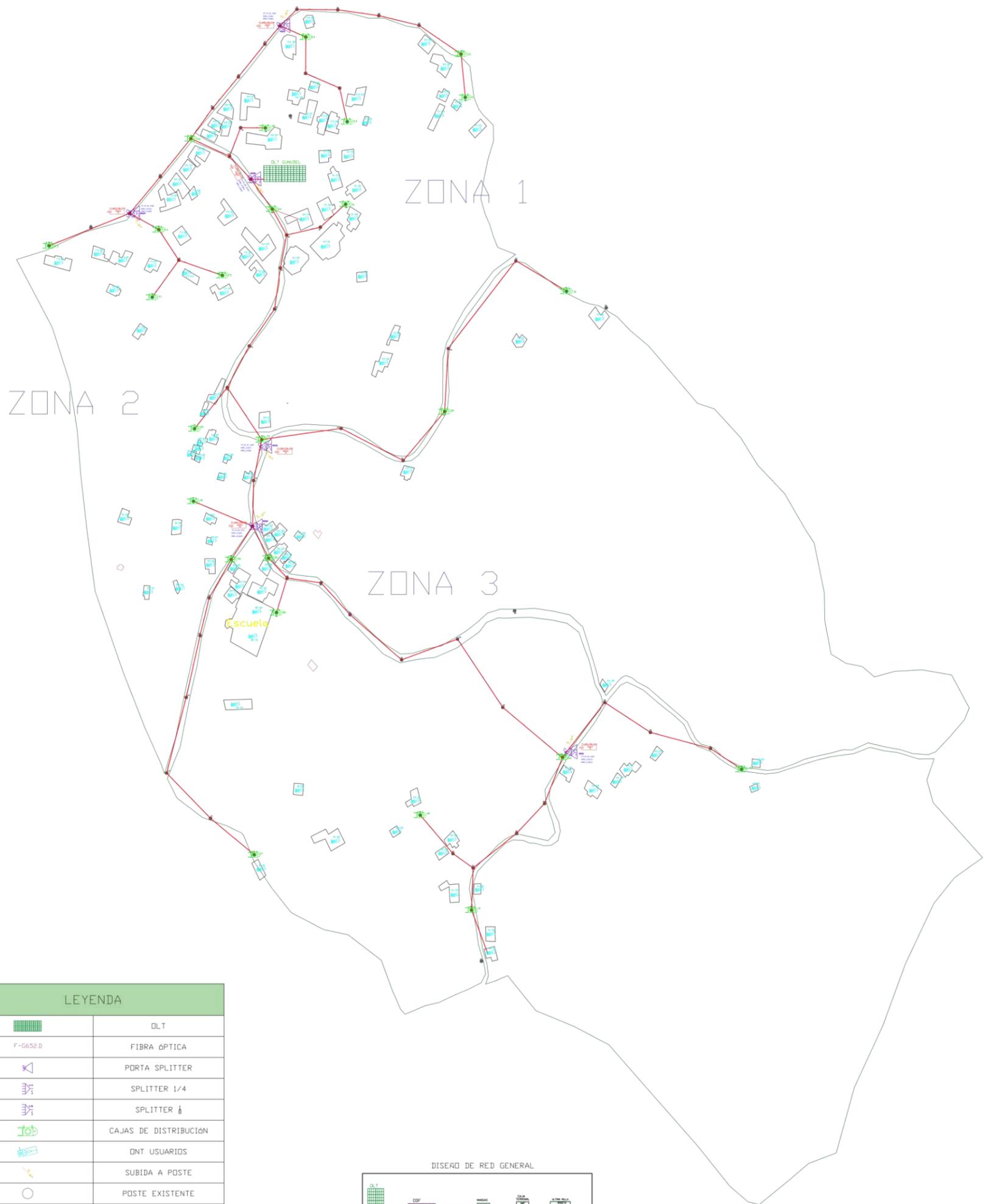
Rendimiento de transmisión por tipo de fibra
FOSPC-XXX-X-F8SJ1-EX/ 06-72 fibras

Tipo de fibra	Multimodo				Monomodo			
Categoría	OM1	OM2	OM3	OM4	G652.D	G657.A2	G657.B3	G655.C
Código de fibras WAVEOPTICS	B	L	M	P	F	E	N	G
Longitudes de onda (nm)	850/1300				1310/1550			1550
Diámetro núcleo/campo modal (µm)	62.5	50			8.7~9.5/ /9.9~10.9	8.4~9.2/ /9.3~10.3	8.2~9.0/ /9.1~10.1	9.1~10.1
Atenuación máxima (dB/km) (1)	3.5/1.5	3.5/1.5			0.36/0.22	0.4/0.3	0.4/0.3	0.35
Mínimo ancho de banda (MHz*km)(2)	200/500	700/500	1500/500	3500/500	N/A			
Distancia enlace Gigabit Ethernet (m) (3)	500	750	1000	1100	N/A			
Distancia enlace 10-Gigabit Ethernet (m) (4)	-	150	300	550	N/A			
Distancia enlace 40/100-Gigabit Ethernet (m) (5)	-	-	100	150	N/A			
Especificación marcado del cable	MM62.5	MM50 10G 150M TRUEBEND	MM50 10G 300M TRUEBEND	MM50 10G 550M TRUEBEND	SM	SM MBR 7.5MM	SM MBR 5MM	SM NZDS
Notas: (1) Atenuación máxima después del proceso de extrusión. (2) Medición del ancho de banda OFL (overfilledlaunch o inyección saturada). (3) Transmisiones 1GB/s a 850 nm basado en protocolo IEEE802.3z. (4) Transmisiones 10GB/s a 850 nm basado en protocolo IEEE802.3ae. (5) Transmisiones 40/100GB/s a 850 nm basado en protocolo IEEE802.3ba.								

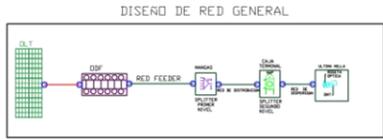
ANEXO C: LEYENDA USADA PARA EL DISEÑO DE LA RED

LEYENDA	
	OLT
	FIBRA ÓPTICA
	PORTA SPLITTER
	SPLITTER 1/4
	SPLITTER 1/8
	CAJAS DE DISTRIBUCIÓN
	ONT USUARIOS
	SUBIDA A POSTE
	POSTE EXISTENTE
	POSTE PROYECTADO
FR	FIBRA DE RECERVA
FD	FIBRA DE DISTRIBUCIÓN
FT	FIBRA TRONCAL

ANEXOD: DISEÑO DE LA RED FTTH



LEYENDA	
	DLT
	FIBRA ÓPTICA
	PORTA SPLITTER
	SPLITTER 1/4
	SPLITTER 3/4
	CAJAS DE DISTRIBUCIÓN
	ONT USUARIOS
	SUBIDA A POSTE
	POSTE EXISTENTE
	POSTE PROYECTADO
FR	FIBRA DE RECERVA
FD	FIBRA DE DISTRIBUCIÓN
FT	FIBRA TRONCAL



ANEXO E: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OLT

OLT Huawei MA5680T



Foto 1: OLT Huawei MA5680T

1. Datos Generales

El SmartAX MA5680T integra las funciones de agregación y conmutación, proporciona acceso GPON y Ethernet P2P de alta densidad, abundantes puertos GE / 10GE, reloj de alta precisión y gran capacidad de plataforma, proporciona la voz básica, alta -velocidad de Internet, video fluido, TDM constante y los servicios de línea privada de Ethernet, que pueden mejorar la confiabilidad de la red, reducir la inversión en la construcción de la red y reducir los costos de operación y mantenimiento.

2. Parámetros

N ° de Modelo.	MA5680T
Dimensión:	490 * 275.8 * 447.2 mm
Entorno operativo	Temperatura: -25 °C ~ + 55 °C
	Humedad: 5% ~ 95% (sin condensación)
Parámetros de la fuente de alimentación	-48 V DC de entrada Admite protección de doble potencia
	Rango de voltaje de funcionamiento -38.4V ~ -72V
Capacidad de intercambio de placa base	3.2Tbit / s

Capacidad de Intercambio de la placa de control	1920 Gbit / s
Capacidad de acceso	128 * 10G EPON
	GPON 64 * 10G
	128 * EPON
	256 * GPON
	768 * GE
Tipo de acceso	Interfaz en sentido ascendente: 10GE óptico, GE óptico / electricidad Interfaz empresarial: puerto óptico EPON, puerto óptico GPON, puerto óptico 10G EPON, puerto óptico FE P2P, puerto óptico GE P2P, Interfaz óptica Ethernet
Rendimiento de sistema	Transmisión de velocidad de cable de Capa 2 / Capa 3
	Soporte enrutador estático /RIP/OSPE.MPLS
	Reloj BITS / E1 / STM-1 / Ethernet / 1588v2 / 1PPS + ToD
	Máxima relación de división de soporte 1: 256
	Soporte máximo distancia lógica 60KM

3. Especificaciones

- Huawei MA5680T GPON OLT system
- Chassis supports 14 Service Slots (19inch), and Chassis supports 16 Service Slots (21inch)
- Two power slot redundancy for DC power input
- Two slot redundancy for main control board
- Two slot for uplink board
- Support GPON, EPON and P2P
- Support GPON EPON simultaneously
- Support 8-GPON port interface card GPBD/GPBH, 16-GPON port interface card GPFD
- Support GPON split ration 1:128
- Support GE uplink board (GICF) or 10GE uplink board (X2CS)
- MA5680T Software Version available at V800R011, V800R013 or V800R015

ANEXO F: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ONT

Esta publicación compartirá con usted información sobre **Huawei OptiXstar HN8346X6**.



Huawei OptiXstar HN8346X6 es un ONT Wi-Fi de 60 GE en la solución de acceso totalmente óptico de Huawei. Utiliza la tecnología XG-PON o 10G EPON asimétrica para implementar acceso de banda ultraancha para los usuarios.

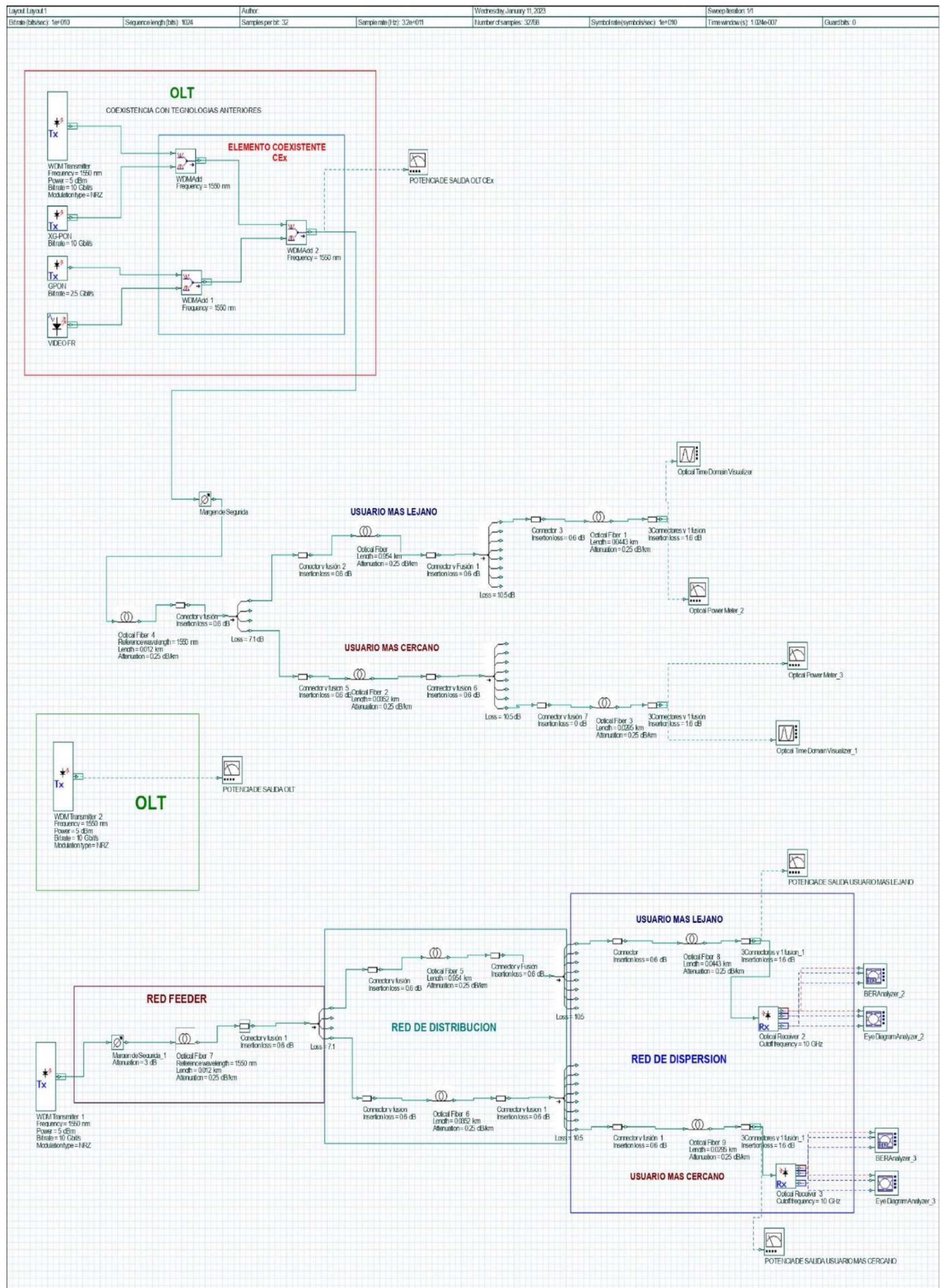
Proporciona cuatro puertos Gigabit Ethernet, un puerto de voz POTS, dos puertos USB, un puerto Wi-Fi 2.4G y un puerto Wi-Fi 5G, lo que garantiza una experiencia de servicio de voz, datos y 4K/VR con capacidades de reenvío de alto rendimiento. Proporciona a los clientes soluciones ideales de acceso totalmente óptico y capacidades de soporte de servicio orientadas al futuro.

Especificaciones técnicas

Parámetro	Huawei OptiXstar HN8346X6
Dimensiones (Al. x An. x Pr.)	45 mm x 185 mm x 120 mm (excluyendo la antena y la almohadilla)
Peso (sin adaptador)	Aprox. 400g
Temperatura ambiente de funcionamiento	0°C – +40°C
Humedad ambiente de funcionamiento	5 % de HR a 95 % de HR, sin condensación
Alimentación de todo el sistema	11 – 14 V CC, 1,5 A
Entrada del adaptador de corriente	170 – 240 V CA, 50/60 Hz
Consumo máximo de energía	18W
interfaz del lado de la red	XG-PON/10G-EPON asimétrico
Interfaz del lado del usuario	1 POTS + 4 gigabits + 2 USB + 2.4G y 5G Wi-Fi 6
almacenamiento	Flash de 256M RAM de 512M

	<p>XG-PON: -28dBm EPON 10G asimétrico: -28,5 dBm Longitud de onda: Aguas arriba: 1260–1280 nm; aguas abajo: 157–1580 nm (XG-PON/10G EPON asimétrico) Filtro de parada de banda (WBF) Mapeo flexible entre puertos GEM y T-CONT Modo de autenticación: SN/Contraseña/SN+Contraseña/autenticación bidireccional basada en OMCI (XG-PON) MAC/Clave/LOID (EPON 10G asimétrico) Admite la corrección de errores de reenvío (FEC) en las direcciones ascendente y descendente. Admite DBA SR y NSR. Velocidades de enlace ascendente y descendente: Aguas arriba: 2,5 Gbit/s; aguas abajo: 10 Gbit/s (XG-PON); Upstream 1,25 Gbit/s, downstream 10 Gbit/s (10G EPON asimétrico)</p>
WIFI 6	<p>IEEE 802.11b/g/n/ax(2.4G) IEEE 802.11a/n/ac/ax(5G) MIMO 2x2 (2.4G y 5G) Ganancia de antena: 5 dBi WMM (medios multimedia Wi-Fi) Múltiples SSID WPS Tasa de interfaz de aire: 574 Mbit/s (2.4G); 2402 Mbit/s (5G) formación de haces Dirección de banda DOFDMA DMU-MIMO DOFDMA 1024QAM Ancho de banda de 160 MHz WPA3</p>
Puerto eléctrico GE	<p>límite de direcciones MAC Aprendizaje de direcciones MAC Admite detección automática de 10 Mbit/s, 100 Mbit/s y 1000 Mbit/s.</p>
Puerto telefónico	<p>Número máximo de teléfonos conectados a los puertos: 4 Códigos G.711A/u, G.729a/b y G.722 Faxes T.30, T.38 y G.711 DTMF Llamada de emergencia (SiP)</p>
Puerto USB	<p>USB 2.0 USB 3.0</p>

ANEXO G: SIMULACIÓN DE LA RED FTTH CON EL ESTÁNDAR XG-PON





ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

INFORMÁTICA Y ELETRÓNICA - TELECOMUNICACIONES

“DISEÑO DE UNA RED FTTH UTILIZANDO EL ESTÁNDAR XGPON PARA MEJORAR LOS SERVICIOS DE INTERNET EN LA COMUNIDAD DE GUNUDEL EN SARAGURO”

Tema: Plan de migración de las redes de telecomunicaciones existentes a la red FTTH propuesta

Para realizar la migración de los usuarios que utilizan las redes existentes en el medio se ha considerado seguir los siguientes pasos.

El plan de migración se basa en desarrollar, estrategias que enganchen al usuario a cambiarse a la nueva red de servicio mediante XG-PON, ofreciéndole mejores planes de servicios a más bajos precios y con anchos de banda que superen a los ofrecidos por las empresas existentes.

1. Estudio general de la calidad de servicio que existen en la comunidad.

Para el desarrollo del estudio de calidad de servicio existente en la comunidad, nos ayudamos en una encuesta, el cual fue realizada a 84 usuarios de los cuales 72 viviendas contaban con el servicio de internet, arrojando una tasa muy baja de nivel de calidad de servicio como se detalla en la tabla 1.

El número de usuarios encuestados fue obtenido mediante el cálculo de la muestra poblacional utilizando la fórmula de $n = \frac{z^2 * p * q * N}{e^2 * (N-1) + z^2 * p * q}$ el mismo que se utiliza cuando el número poblacional es menos a las 100000 personas.

Pregunta establecida: **¿Como califica, el servicio de internet a su proveedor?**

Tabla 1: Calificación del servicio ofrecido en la comunidad

RESPUESTAS	N.º de Encuestados
Mala	47
Buena	22
Muy buena	3
Excelente	0
Total	72

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Como podemos ver en la tabla, 47 de los 72 encuestados contestaron que su calidad es mala, el cual representa el 65% de los usuarios inconformes con el servicio brindado por las empresas existentes, por lo cual se da paso a realizar el estudio, de una nueva red como sería una red FTTH con el estándar XG-PON

2. Realizar un estudio del estándar XG-PON propuesta.

El estudio del estándar XG-PON está desarrollando bajo ITU-T G.984.2 ya que es la que permite la coexistencia entre estándares anteriores como las redes PON y redes GPON, como también se desarrolló bajo ITU-T G.987.2 cual es el estándar de la red XG-PON el cual permite la escalabilidad y adaptabilidad con nuevos estándares que están por venir, en lo que se refiere a transmisión de información a través de red de fibra óptica.

A) XG-PON

Está basada en el desarrollo de redes de fibras ópticas con capacidades de transmisión hasta los 10Gbits, esto en sentido asimétrico, así como también este estándar en sus muchos beneficios implementa la coexistencia de las redes PON y GPON, haciendo que sea compatible con redes ya establecidas en el mercado, teniendo simplemente que actualizar planta interna en cómo es el OLT, en caso de migración de estas redes, y si se trata de una red inalámbrica se tendrá que cambiar toda la infraestructura.

B) Rango de operación

El rango de operación de una red FTTH con el estándar XG-PON esta en los rangos de longitudes de 1575-1580nm (longitud de onda central 1577nm) y 1260-1280nm (longitud de onda central 1270nm) como también de podría decir en los rangos de 1310nm y 1550nm debido a la coexistencia que existe ente las versiones anteriores.

C) Arquitectura

La arquitectura de una red FTTH con el estándar XG-PON puede ser activo o pasivo, esta arquitectura es similar a la arquitectura de una red PON y GPON, ya que su principal objetivo es la conexión punto a punto y punto a multipunto.

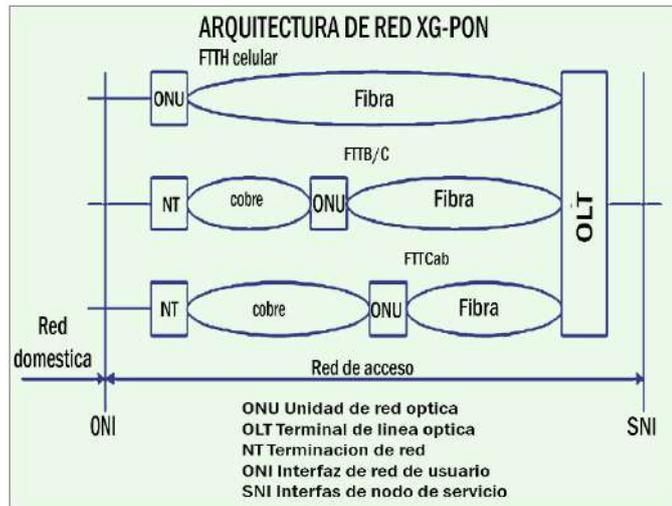


Ilustración 2: Arquitectura de la red XG-PON

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

3. Comparación de la red FTTH con el estándar XG-PON, con los existentes en la comunidad.

Para realizar la comparación de las redes, se tomarán en cuenta las características de cada una de ellas. Se describirá las ventajas y desventajas principales de cada una de las tecnologías y luego de esto se hará una comparativa de cuál es la mejor alternativa.

3.1. Radio frecuencia

Como sabemos que un enlace de internet por radio frecuencia es un servicio inalámbrico que llega a los usuarios mediante repetidores inalámbricos.

a) Ventajas

- Costo de inversión muy baja
- Fácil de implementar
- No necesita de personal muy capacitado
- Fácil despliegue.

b) Desventajas

- Limitado en ancho de banda
- Servicios limitados
- Inalcanzable fuera de línea de vista
- Se debe de estar monitoreando y dando mantenimiento constante del RF

3.2. Fibra óptica GPON

Como sabemos la fibra óptica con el estándar GPON alcanza tasas de transmisión hasta los 2.5Gbits, de manera simétrica

a) Ventajas

- Tiene un mayor ancho de banda
- Escalable. Puede evolucionar a XG-PON
- Mejor calidad de servicio hacia los usuarios
- Se puede cubrir hasta 20km

b) Desventajas

- Personal calificado para la instalación
- Frágil
- Se necesita conversores
- Costo medio

3.3. Fibra óptica XG-PON

Como se ha venido estudiando este estándar es capaz de transmitir simétricamente en una tasa de transmisión de los 10Gbits.

a) Ventajas

- Calidad de servicio eficiente
- Ancho de banda muy elevado

- Se puede cubrir hasta 60km, con un adaptador se puede llegar a los 100km o dependiendo del módulo óptico utilizado
- Escalable para los nuevos estándares como 25GPON y 25GSPON
- Adaptable, es adaptable a los estándares anteriores como PON y GPON
- Mayor seguridad

b) Desventajas

- Personal calificado en la instalación
- Costo medio
- Frágil
- Necesita conversores

Al ver las ventajas y desventajas que tiene las diferentes los diferentes estándares podemos ver claramente que una red de fibra óptica con el estándar XG-PON cumple con características suficiente para ser implementado en la comunidad, para el mejoramiento del servicio del internet que poseen actualmente por los dos medios, Radio Frecuencia y FO.

3.4. Comparación de las tecnologías radio frecuencia, GPON y XG-PON

Tabla 2: Comparación entre tecnologías.

Características	Radio frecuencia,	GPON	XG-PON
Velocidades simétricas	320Mbps-800 Mbps	622 Mbps -2.4Gbps	10 Gbps
Bandas de frecuencias y	2.4 y 5GHz	1310nm-1490nm	1260-1280nm 1490-1577nm
Alcance	Largas distancias, depende de la línea de vista	20km	60km hasta 100km
Seguridad	Media	Alta	Alta
Calidad de servicio	Bajo	Muy buena	Excelente
Costos de implementación	Bajo	Medio	Medio
Personal	No calificado	Calificado	Calificado
Instalación	Inalámbrico	Cableado aéreo o subterráneo	Cableado aéreo o subterráneo

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

Como podemos observar en la tabla comparativa de las tres tecnologías, el estándar XG-PON se lleva la delantera en calidad de servicio, velocidad de transmisión, el cual le hace el más apto para ser adoptada por los comuneros.

4. Diseño de una red FTTH con el estándar XG-PON

El diseño de la red, está basada en la elaboración de una red FTTH con el estándar XG-PON cumpliendo las normativas que estipulan en la ITU-T G.984.2 e ITU-T G.987.2, este diseño fue desarrollada en el software AutoCAD 2018, el mismo que estará adjuntada en el Anexo 4 del documento principal.

5. Simulación de la red diseñada

La simulación de la red diseñada está basada en dos partes, la primera que hace referencia a una arquitectura de red coexistente con las redes GPON, VIDEO RF y la segunda simulación a una arquitectura de red XG-PON. El cual ha sido analizada en el documento principal, así como en el anexo 7 se adjuntará la simulación de la red.

6. Elaboración de planes de internet que se va ofrecer con esta nueva red FTTH.

La elaboración de planes de internet va enfocada directamente para los usuarios, ya que es en lo único que se fijan el usuario final, como también en las promociones que les pueden brindar los proveedores de servicios.

Los planes de internet que se pueden ofrecer superarían en un 50% de los que son ofrecidos por las empresas existentes. En la siguiente tabla se detalla uno de los planes que se puede ofrecer a los usuarios de la comunidad.

Tabla 3: Planes de internet propuesto que se ofrecería en la comunidad

Planes	Costos
Plan básico 50 Mbps	17 \$
Plan estudiantil 100 Mbps	22\$
Plan familiar 150 Mbps	27\$
Plan full 250 Mbps	35\$
Plan avanzado 500 Mbps	50\$

Realizado por: Paqui, Daniel, 2022

A estos planes se le podría agregar promociones como TV, servicios como Netflix, servicios de suscripciones y pagos directos mediante plataformas, y muchos servicios directos que se pueden poner como promoción por suscriptor.

Para que los usuarios se cambien a nuestra red propuesta se desarrollara campañas de instalaciones, a muy bajos costo, garantizando una conexión estable en su red doméstica, como también se garantizara la calidad de servicio y la seguridad.

De esta manera lograríamos que los usuarios migren del servicio de internet que poseen a la nueva que se propone para la comunidad, ya que en la encuesta arrojan que si estarían dispuestos a cambiarse de proveedor dependiendo los costos y servicios que les ofrezcan.

7. Ejecución de la migración

Para la ejecución de la migración tomaríamos en cuenta dos parámetros, una por parte del proveedor de servicio y otra por el usuario o suscriptor.

7.1. Parte del proveedor

El proveedor realiza el tendido de la red en la comunidad en estudio, abasteciéndose de todos los equipos necesarios, como también llegando a todos los puntos establecidos para colocar los equipos y poder abastecer a todos los usuarios. Este tendido de fibra óptica debe de cumplir con los parámetros técnicos de la ITU-T G.984.2 clase B+ e ITU-T G.987.2, como son:

- Atenuaciones que van desde, 13-28dBm
- Sensibilidad de -27dBm
- Enlaces de subida desde 2.4 a 10Gbps
- Enlaces de bajada hasta 10Gbps

Esta información se detalla en el ítem g) Parámetros ópticos para redes XG-PON y las tablas 2-6 y 2-7 del documento principal.

Se toma en cuenta también si el proyecto en desarrollo, es cedido a una empresa ya existente, la empresa tendrá que actualizar la infraestructura, colocando equipos adecuados que soporten el estándar XG-PON, esto consiste en cambiar los equipos de la planta interna como del usuario final, considerando que el tendido de la fibra óptica fue desarrollado mediante la ITU-T G.984.2, clase B+, el cual es adaptable al estándar XG-PON.

7.2. Parte del suscriptor

El suscriptor simplemente tendrá que estar dispuesto a acogerse al servicio, ya que el proveedor de servicio le instalará el equipo adecuando, para que se beneficie de esta nueva red FTTH.

8. Ventajas de la implementación de nuestra red FTTH propuesta para la comunidad.

- El usuario al cambiarse a esta nueva red, adquiere un servicio estable y eficiente.
- Con esta nueva red se mejora la interacción de los usuarios con las plataformas de internet.
- Mejora exponencialmente la comunicación entre plataformas de Facebook, Messeguer WhatsApp, Teams y muchas plataformas más de comunicación.
- Incentiva al desarrollo de nuevos proyectos enfocados al IoT, ya que contaríamos con una mejor conexión y mayor ancho de banda.

9. Conclusiones.

- Se realizo en análisis principal de los beneficios que tienen la red FTTH con el estándar XG-PON, para realizar la migración de los usuarios a esta nueva red
- Se garantiza una conexión estable, segura y eficiente para los usuarios una vez que se realiza la migración.
- El estándar XG-PON es un estándar que traer consigo mejor ancho de banda, mayor escalabilidad y es coexistente con los estándares anteriores.



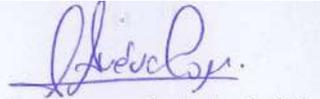
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE**



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

Fecha de entrega: 11/04/2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR	
Nombres – Apellidos: Manuel Daniel Paqui Andrade	
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL	
Facultad: Informática y Electrónica	
Carrera: Telecomunicaciones	
Título a optar: Ingeniero en Telecomunicaciones	
f. Analista de Biblioteca responsable:	 Ing. Fernanda Arévalo M.

