

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
INFORMÁTICA Y MECÁNICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRONICA



TESIS

**ESTUDIO Y PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RED FTTH EN
EL DISTRITO DE HUAYLLABAMBA-URUBAMBA**

PRESENTADO POR:

Br. YNDHYRA BETH CHOQUE ARAMBURU

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

ASESOR:

M. Sc. JULIO CESAR HERRERA LEVANO

CUSCO - PERU

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada:.....

"ESTUDIO Y PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RED FTTH
EN EL DISTRITO DE HUAYLLABAMBA-URUBAMBA"

presentado por: Bt. YNDHYRA B. CHOQUE ARAMBURU con DNI Nro.: 70599893..... presentado
por: con DNI Nro.: para optar el
título profesional/grado académico de INGENIERO ELECTRÓNICO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 1 veces, mediante el
Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la
UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 9.....%.

**Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o
título profesional, tesis**

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 09 de Mayo de 2024



Firma

Post firma M.Sc. JULIO CESAR HERRERA LEVANO

Nro. de DNI 10760894

ORCID del Asesor 0000-0001-6406-2909

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:352073108

NOMBRE DEL TRABAJO

YNDHYRA CHOQUE-TESIS 30-04-24.pdf

AUTOR

Yndhyra Choque

RECUENTO DE PALABRAS

42199 Words

RECUENTO DE CARACTERES

221743 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

202 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

14.3MB

FECHA DE ENTREGA

May 2, 2024 11:28 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 2, 2024 11:30 PM GMT-5

● 9% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente



JULIO HERRERA
10760899

Agradecimientos

A mis queridos padres, les expreso mi más profundo agradecimiento por su amor incondicional y apoyo constante, que han sido pilares fundamentales en los momentos más desafiantes. A mi hermano, le estoy profundamente agradecida por ser un modelo de resiliencia y apoyo incondicional. A mi novio, mi gratitud por tu amor, comprensión y presencia constante; tu fortaleza y estímulo han sido esenciales para superar cada reto.

A mi asesor, el Ingeniero Julio Herrera, por su orientación y dedicación durante el desarrollo de este trabajo de tesis. Al Ingeniero Alexander Palomino, le agradezco su disponibilidad, aportes fundamentales y asesoramiento experto.

Mi reconocimiento se extiende al Ingeniero Jorge Arizaca, al Ingeniero Fernando Tagle, a todos los profesionales de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y al Centro de Investigación en Telecomunicaciones Rurales (CEDITER) por su colaboración y apoyo.

Gracias a cada uno de ustedes por ser parte de este viaje, por su generosidad y por creer en mí en todo momento. Su apoyo ha sido invaluable y siempre lo llevaré conmigo.

Resumen

Este trabajo de tesis profundiza en el análisis y diseño de una red de Fibra hasta el Hogar (FTTH) en el distrito de Huayllabamba-Urubamba, con el propósito de mejorar los servicios de comunicaciones mediante una solución viable tanto técnica como económicamente. Utilizando una metodología Top Down, se realiza un estudio detallado sobre la tecnología FTTH, incluyendo sus operaciones, requisitos de despliegue, topologías y determinando la tecnología de Red Óptica Pasiva (PON) más conveniente para Huayllabamba. La configuración de la red, la cual incorpora un sistema preconectorizado dentro de una arquitectura desbalanceada, se basa en un análisis de mercado minucioso, seleccionando la tecnología GPON no solo por su capacidad para optimizar el consumo de energía y superior eficiencia de servicio sino también porque ofrece capacidades de transmisión de hasta 2.488 Gbps en descarga y 1.244 Gbps en carga. Además, se logra demostrar la factibilidad de alcanzar tasas de bits máximas de 48,5 GHz a 1490 nm y 757,7 GHz a 1310 nm, subrayando un potencial excepcional para la entrega de datos a velocidades elevadas. Con pérdidas en el segmento mantenidas entre 27 a 31 dB, estos parámetros se ajustan a las normativas vigentes de la ITU-T G.984.2, subrayando la viabilidad del proyecto. Las simulaciones de software validan los parámetros de diseño, asegurando una calidad de transmisión y potencia adecuadas para los usuarios. En conclusión, la implementación de una red FTTH en Huayllabamba, mediante el uso de una arquitectura desbalanceada y un sistema preconectorizado, es viable tanto técnica como financieramente, ofreciendo una solución sostenible que responde a la demanda creciente de internet de alta calidad y promete beneficios económicos a largo plazo.

Palabras clave: FTTH (Fibra hasta el Hogar) , Tecnología PON, Sistema Preconectorizado, Arquitectura Desbalanceada.

Abstract

This thesis delves into the analysis and design of a Fiber to the Home (FTTH) network in the Huayllabamba-Urubamba district, aimed at enhancing communication services through a technically and economically feasible solution. By adopting a Top Down methodology, a comprehensive study on FTTH technology is conducted, addressing its operations, deployment requirements, topologies, and identifying the most suitable Passive Optical Network (PON) technology for Huayllabamba. The network design incorporates a pre-connectorized system within an unbalanced architecture, based on thorough market analysis. The selection of GPON technology is made not only for its energy efficiency and superior service capacity but also because it provides transmission capacities of up to 2.488 Gbps downstream and 1.244 Gbps upstream. Furthermore, it is demonstrated that it's feasible to achieve maximum bit rates of 48.5 GHz at 1490 nm and 757.7 GHz at 1310 nm, highlighting an exceptional potential for high-speed data transmission. With segment losses kept between 27 to 31 dB, these parameters meet ITU-T G.984.2 standards, underscoring the project's viability. Software simulations validate the design parameters, ensuring suitable transmission quality and power for users. In conclusion, deploying an FTTH network in Huayllabamba, using an unbalanced architecture and a pre-connectorized system, is technically and financially viable, providing a sustainable solution that meets the demand for high-quality internet and ensures long-term economic benefits.

Keywords: FTTH (Fiber to the Home), PON Technology, Preconnectorized System, Desbalanced Architecture

Índice general

Lista de Cuadros	XIII
-------------------------	-------------

Lista de Figuras	XVIII
-------------------------	--------------

1. Generalidades	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.1. Descripción del Problema	1
1.1.2. Formulación del problema	5
1.1.2.1. Problema General	5
1.1.2.2. Problemas Específicos	5
1.2. Objetivos	6
1.2.1. Objetivo General	6
1.2.2. Objetivos Específicos	6
1.3. Justificación	6
1.3.1. Justificación Social	6
1.3.2. Justificación Práctica	7
1.3.3. Justificación Técnica	8
1.3.4. Justificación Económica	8
1.4. Alcances y Limitaciones	9
1.4.1. Alcances	9
1.4.2. Limitaciones	9

1.5. Variables e Indicadores	10
1.5.1. Variables	10
1.5.2. Indicadores	10
1.6. Metodología	10
1.6.1. Tipo y diseño de metodología	10
1.6.2. Desarrollo del Proyecto	11
1.7. Antecedentes de la Tesis	11
2. Marco Teórico	14
2.1. Fibra Óptica	14
2.1.1. Partes de la fibra óptica	15
2.1.2. Clasificación de la fibra óptica	16
2.1.3. Propiedades geométricas de la fibra óptica	17
2.1.4. Parámetros fundamentales de las fibras ópticas	20
2.1.4.1. Parámetros Estáticos	20
2.1.4.2. Parámetros dinámicos	20
2.1.5. Atenuación óptica	22
2.1.5.1. Pérdidas intrínsecas	23
2.1.5.2. Pérdidas externas	23
2.1.5.3. Atenuación total	23
2.1.6. Dispersión	24
2.1.6.1. Dispersión Modal (FO Multimodo)	25
2.1.6.2. Dispersión Cromática (FO Monomodo)	26
2.1.6.3. Dispersión por Modos Polarizados (FO Monomodo)	27
2.1.7. Códigos de línea	28
2.1.8. Técnicas de acceso múltiple utilizadas en fibra óptica	29
2.1.8.1. TDM (Time Division Multiplexing)	30

2.1.8.2.	WDM (Wavelength Division Multiplexing)	30
2.1.8.3.	CDM (Code Division Multiplexing)	33
2.1.8.4.	SDM (Space Division Multiplexing)	33
2.1.9.	Redes de fibra óptica	33
2.1.9.1.	Redes de transporte	34
2.1.9.2.	Redes de acceso	34
2.1.10.	FTTX	35
2.1.11.	Fiber to the Home (FTTH)	36
2.1.11.1.	Elementos de red FTTH	36
2.1.11.2.	Arquitectura de la red FTTH	38
2.1.12.	Tecnologías PON	40
2.2.	GPON (Gigabit Passive Optical Network)	41
2.2.1.	Elementos de una red GPON	42
2.2.2.	Normas y directrices tecnológicas GPON	46
2.2.3.	Fundamentos del desbalance en la distribución de señal	48
2.2.3.1.	Arquitectura balanceada	48
2.2.3.2.	Arquitectura desbalanceada	50
2.2.4.	Soluciones Preconectorizadas	51
2.2.4.1.	Fiber Access Terminal (FAT)	51
2.2.4.2.	Principales beneficios de las redes de fibra óptica preconectorizadas	52
2.2.5.	Configuración de red desbalanceada con soluciones preconectorizadas	52
2.3.	Análisis económico	56
2.3.1.	Valor Actual Neto (VAN)	56
2.3.2.	Tasa Interna de Retorno (TIR)	57
3.	Diseño de la red FTTH	60

3.1.	Evaluación del acceso a servicios de telecomunicaciones en Perú	60
3.1.1.	Situación de la conectividad a internet en América	60
3.1.2.	Distribución del acceso a internet en hogares peruanos por área geográfica	61
3.1.3.	Acceso a internet en hogares peruanos según estrato socioeconómico	63
3.1.4.	Análisis de las conexiones de internet fijo en Perú	64
3.1.4.1.	La fibra óptica como impulsora del avance del internet fijo en el ámbito nacional	65
3.1.4.2.	Evaluación de las tasas de descarga	66
3.1.5.	Análisis socioeconómico del distrito de Huayllabamba	66
3.1.5.1.	Ubicación geográfica	66
3.1.5.2.	Actividad turística	68
3.1.5.3.	Información socioeconómica de la zona	69
3.1.5.4.	Análisis de la población	69
3.1.5.5.	Análisis de la economía	70
3.2.	Identificación y evaluación de requerimientos	72
3.2.1.	Datos del área de estudio	72
3.2.1.1.	Identificación y Características del Ámbito de Estudio	73
3.2.1.2.	Análisis de cobertura Residencial para la Red FTTH	74
3.2.2.	Especificaciones de velocidad de transmisión y servicios ofrecidos	75
3.3.	Diseño Lógico de la red	76
3.3.1.	Topología de la red	76
3.3.2.	Estructura integral de la red	76
3.3.2.1.	Estructura de la red de distribución	77
3.3.2.2.	Estructura de la red de alimentación o red troncal	79
3.3.2.3.	Calculo de la velocidad de transmisión	81
3.4.	Diseño Físico de la red	82

3.4.1.	Area de estudio	82
3.4.2.	Ubicación OLT	85
3.4.3.	Red principal	87
3.4.3.1.	Ubicación del X Box o Caja de empalme	87
3.4.3.2.	Ubicación HUB BOX o caja de distribución	88
3.4.4.	Red de distribución- Ubicación FAT	89
3.4.5.	Trayectos de la fibra óptica	90
3.5.	Elección de equipamiento y materiales, análisis de dispersion estimación de presupuesto de potencia	96
3.5.1.	Componentes, equipos	96
3.5.1.1.	OLT	96
3.5.1.2.	Caja de empalme (X BOX)	98
3.5.1.3.	Caja de distribución (HUB BOX)	99
3.5.1.4.	FAT (Fiber Access Terminal)	101
3.5.1.5.	ONT	103
3.5.1.6.	Cable de fibra óptica	104
3.5.1.7.	Roseta óptica	107
3.5.2.	Evaluación de la dispersión	108
3.5.2.1.	Dispersión modal	108
3.5.2.2.	Dispersión cromática	108
3.5.2.3.	Dispersión por modo de polarización	109
3.5.2.4.	Cálculo de la dispersión total	109
3.5.2.5.	Cálculo de la tasa de bits máxima	110
3.5.3.	Cálculo del tiempo de subida del sistema (rise time)	111
3.5.3.1.	Análisis de tiempo de subida en código de línea NRZ	113
3.5.4.	Aspectos clave para la estimación de Potencia y Presupuesto Óptico	115
3.5.4.1.	Presupuesto óptico	116

3.5.4.2.	Cálculo del presupuesto óptico	118
4.	Estudio de Factibilidad	126
4.1.	Cálculo proyectado de la inversión	126
4.1.1.	Cálculo de los posibles ingresos	131
4.2.	Flujo de caja	132
4.3.	Valor Actual Neto (VAN)	139
4.4.	Tasa Interna de Retorno (TIR)	140
5.	Simulación y Resultados	143
5.1.	Simulación de la red GPON-FTTH	143
5.1.1.	Selección de la herramienta de simulación: OptiSystem	143
5.1.2.	Características del entorno de simulación	144
5.1.2.1.	WDM Transmitter (OLT)	146
5.1.2.2.	Optical Receiver (ONT)	148
5.1.2.3.	Power Splitter	150
5.1.2.4.	Optical Attenuator	150
5.1.2.5.	Optical Amplifier	151
5.1.2.6.	Optical Power Meter	151
5.1.3.	Diseño de la simulación	152
5.1.3.1.	Simulación de Splitters Desbalanceados	152
5.1.3.2.	Simulación para el cliente más cercano	154
5.1.3.3.	Simulación para cliente más lejano	155
5.1.3.4.	Simulación para el cliente más crítico	158
5.2.	Resultados	161
5.2.1.	Análisis cliente más cercano	161
5.2.2.	Análisis cliente más lejano	163

5.2.3. Análisis cliente más crítico	170
Conclusiones	180
Recomendaciones	181
Bibliografía	185

Lista de Cuadros

2.1. Cuadro comparativo, fibra óptica multimodo vs monomodo.	18
2.2. Recomendación ITU-T G.652- ITU-T G.657.	19
2.3. Cuadro comparativo CWDM DWDM.	32
2.4. Atenuación para splitters balanceados.	44
2.5. Valores típicos de pérdida para splitters desbalanceados.	45
2.6. Propiedades Splitter FBT - PLC.	45
2.7. Niveles de potencia óptica para la clase C+	47
2.8. Niveles de potencia óptica para la clase B+	48
2.9. Configuraciones tradicionales vs. desbalanceadas.	54
3.1. Población registrada por edad en el distrito de Huayllabamba.	70
3.2. Tasas de subida y bajada de cada servicio.	76
3.3. Cantidad de viviendas por manzana.	84
3.4. Cuadro comparativo, OLT.	97
3.5. Cuadro comparativo, cajas de empalme. Fuente: Elaboración propia.	98
3.6. Cuadro comparativo, Hub Box.	100
3.7. Cuadro comparativo, cajas de terminal óptico.	102
3.8. Cuadro comparativo, ONT.	103
3.9. Cuadro comparativo, cables de fibra óptica.	105
3.10. Cuadro comparativo, roseta óptica.	107
3.11. Criterios esenciales, G.984.1 y G.984.2.	115

3.12. Parámetros de potencia óptica entre OLT-ONT	115
3.13. Valores de atenuación para cada componente de la red.	117
3.14. Valores de atenuación XBOX, HubBox.	117
3.15. Atenuación específica de cada componente.	118
3.16. Presupuesto óptico - FAT 15/85	119
3.17. Presupuesto óptico - FAT 20/80	120
3.18. Presupuesto óptico - FAT 25/75	121
3.19. Presupuesto óptico - FAT 30/70	122
3.20. Presupuesto óptico - FAT 40/60	123
3.21. Presupuesto óptico - FAT 1X8	124
3.22. Análisis de Prx vs. AtenuacioneS.	125
4.1. Planta interna, costo estimado	128
4.2. Planta externa, costo estimado	129
4.3. Acometida, costo estimado	130
4.4. Red FTTH, costo total estimado	130
4.5. Flujo de caja	133
4.6. Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno	135
4.7. Cálculo del Período de Recuperación de la Inversión	135
4.8. Período de Recuperación de la Inversión	136
4.9. Flujo de caja	137
4.10. Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno	138
4.11. Cálculo del Período de Recuperación de la Inversión	138
4.12. Período de Recuperación de la Inversión	138

Índice de figuras

1.1. Personas que usan internet según ámbito geográfico.	2
1.2. Demanda de puntos de acceso para el uso de internet según ámbito geográfico.	3
2.1. Reflexión interna total de la luz.	15
2.2. Estructura de una Fibra Óptica convencional.	15
2.3. Índice gradual.	16
2.4. Índice escalonado.	16
2.5. Configuraciones de los perfiles de índice en el núcleo.	17
2.6. Códigos de línea.	28
2.7. Principio de funcionamiento de WDM.	30
2.8. Espaciamiento entre canales para CWDM.	31
2.9. Espaciamiento entre canales para DWDM.	32
2.10. Esquema de despliegue de Redes de Fibra Óptica.	34
2.11. Arquitectura FTTH.	36
2.12. Elementos de red FTTH.	37
2.13. Arquitectura de una red FTTH.	38
2.14. Topologías FTTH I.	39
2.15. Topologías FTTH II.	39
2.16. Topologías de red.	40
2.17. Estructura básica de una arquitectura PON.	49
2.18. Red simétrica.	50

2.19. Red asimétrica.	50
2.20. Diagrama de distribución FTTH preconectorizado desbalanceado.	53
3.1. Velocidades de banda ancha fija y móvil en América Latina.	61
3.2. Crecimiento porcentual de hogares con acceso a internet en Perú.	62
3.3. Variación porcentual en la conectividad a internet en hogares según su ubicación geográfica en Perú.	62
3.4. Variación porcentual en la conectividad a internet en hogares según su nivel socioeconómico en Perú.	63
3.5. Progreso de la conectividad de internet fijo en Perú.	64
3.6. Dinámica de participación de las tecnologías de conexión a internet.	65
3.7. Clasificación de conexiones de internet fijo por velocidades de descarga.	66
3.8. Plano de Macrolocalización del Distrito de Huayllabamba.	67
3.9. Camino Inca-Kapaccñan.	68
3.10. Ingresos y egresos por nivel socioeconómico en 2021.	69
3.11. Zonas principales del distrito de Huayllabamba.	73
3.12. Viviendas unifamiliares.	74
3.13. Red Acceso Punto –Multipunto 2 Etapas de División en BUS.	77
3.14. Datos internos - FAT.	78
3.15. Distribución de potencia óptica asimétrica.	78
3.16. Diagrama de distribución de potencias.	79
3.17. Hub Box, información interna.	79
3.18. Diagrama unifilar, red FTTH-Huayllabamba.	80
3.19. Plano catastral del distrito de Huayllabamba.	82
3.20. Viviendas asentadas en la capital del distrito.	83
3.21. Manzana Q, vivienda 3.	83
3.22. Localización específica del centro de operaciones.	86
3.23. Localización específica del X Box.	88

3.24. Localización - HUB BOX.	88
3.25. Ubicación de los FAT 1-4.	89
3.26. Trayecto de la red (OLT- X Box- Hub Box).	90
3.27. Trayecto de la red de distribución (Hub Box- FATs).	91
3.28. Red de distribución, FAT(01,01,01)(01) al FAT(01,01,01)(06).	92
3.29. Red de distribución, FAT(01,02,01)(07) al FAT(01,02,01)(12).	93
3.30. Red de distribución, FAT(01,03,01)(13) al FAT(01,03,01)(18).	94
3.31. Red de distribución, FAT(01,04,01)(19) al FAT(01,04,01)(24).	95
3.32. Equipo Terminal de Línea Óptica seleccionado.	97
3.33. X Box seleccionado.	99
3.34. Hub Box seleccionado.	100
3.35. CTO de exterior, con conectores tipo bayoneta.	103
3.36. Terminal de Red Óptica seleccionado.	104
3.37. Cable MPO seleccionado.	106
3.38. Cable dual seleccionado.	106
3.39. Roseta óptica.	107
3.40. Esquema de la red FTTH con GPON.	118
3.41. Esquema del presupuesto óptico, FAT 15/85.	119
3.42. Esquema del presupuesto óptico, FAT 20/80.	120
3.43. Esquema del presupuesto óptico, FAT 25/75.	121
3.44. Esquema del presupuesto óptico, FAT 30/70.	122
3.45. Esquema del presupuesto óptico, FAT 40/60.	123
3.46. Esquema del presupuesto óptico, FAT 1/8.	124
5.1. Terminal de Línea Óptica	146
5.2. Configuración del WDM Transmitter.	148
5.3. Terminal de Red Óptica	148

5.4. Configuración del Optical Receiver.	149
5.5. Splitter	150
5.6. Optical Attenuator.	150
5.7. Optical Amplifier.	151
5.8. Medidor de Potencia Óptica	151
5.9. Simulación para el cliente más cercano.	154
5.10. Simulación para el cliente más lejano.	155
5.11. Simulación para el cliente más lejano.	158
5.12. Simulación para el cliente más crítico.	159
5.13. Simulación para el cliente más crítico.	160
5.14. Potencia, cliente más cercano.	161
5.15. Factor de Calidad del cliente más cercano.	162
5.16. Tasa mínima de error de bit (Mínimo BER) del cliente más cercano.	163
5.17. Potencia, cliente más lejano.	163
5.18. Factor de Calidad del cliente más lejano.	164
5.19. Tasa mínima de error de bit (Mínimo BER) del cliente más lejano.	165
5.20. Potencia, cliente más lejano.	166
5.21. Factor de Calidad del cliente más lejano.	166
5.22. BER mínimo del cliente más lejano.	167
5.23. Potencia, cliente más lejano.	168
5.24. Factor de Calidad del cliente más lejano.	169
5.25. BER mínimo del cliente más lejano.	169
5.26. Potencia, cliente más crítico.	170
5.27. Factor de Calidad del cliente más crítico.	171
5.28. Tasa mínima de error de bit (Mínimo BER) del cliente más crítico.	172
5.29. Potencia, cliente más crítico.	173

5.30. Factor de Calidad del cliente más crítico.	174
5.31. Mínimo BER del cliente más crítico.	174
5.32. Potencia, cliente más crítico.	175
5.33. Factor de Calidad del cliente más crítico.	176
5.34. Mínimo BER del cliente más crítico.	176

Capítulo 1

Generalidades

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Descripción del Problema

El tema de conectividad es de suma importancia y decisivo a nivel mundial, pues está estrechamente relacionado con el desarrollo de los países en los diferentes ámbitos sociales, económicos, culturales, educativos y médicos, motivo por el cual, es imprescindible la conexión a la red de datos. En el análisis del cumplimiento de este objetivo se presentan diferentes incógnitas relacionadas con el tipo de tecnología a utilizar, el costo por instalación o el difícil acceso por la geografía accidentada. Frente a estas situaciones el empleo de la fibra óptica para la conexión de internet de alta velocidad ha evidenciado ser la mejor alternativa. Debemos saber que la red informática mundial opera utilizando cables submarinos de fibra óptica [1].

Actualmente en el viejo mundo la fibra óptica fue catalogada como un recurso básico y se considera de vital importancia el despliegue de redes FTTH en zonas rurales para evitar la migración descontrolada de los pueblos a las grandes ciudades por la carencia de servicios, pues vivir alejados de los grandes núcleos urbanos implica no tener acceso a las diferentes prestaciones o que éste sea limitado [2].

En el Perú la demanda potencial en el ámbito rural ha experimentado un crecimiento significativo en contraste con las áreas urbanas, de acuerdo con el Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL)[3] a finales del año 2022 un 76.6 por ciento de la población rural hacía uso de internet para sus actividades diarias.

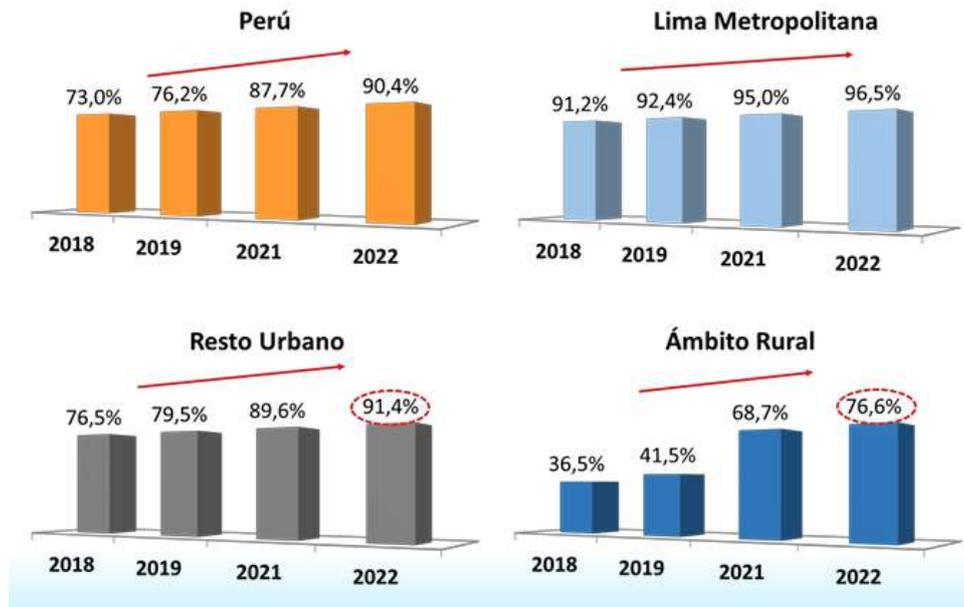


Figura 1.1: Personas que usan internet según ámbito geográfico.
Fuente: [4].

También en 2022 se hizo notable el uso de internet móvil en áreas rurales, mientras que la demanda de cabinas públicas disminuyó considerablemente, como se puede ver en la figura 1.2:

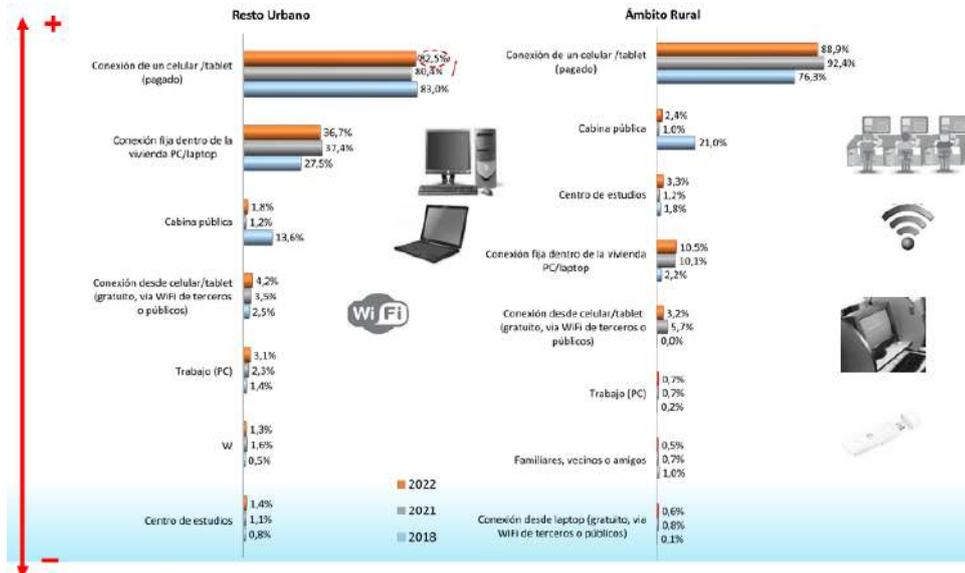


Figura 1.2: Demanda de puntos de acceso para el uso de internet según ámbito geográfico. Fuente: [5].

Hoy en día las tecnologías existentes de hilo de cobre, una red móvil o una red satelital ya no cubren los requerimientos de los pobladores y municipios. Ante esta necesidad, se presentaron diversas propuestas de solución, todas ellas centradas en la utilización de la fibra óptica como recurso fundamental.

Esta circunstancia incentivó a los pequeños emprendimientos a implementar redes ópticas, dado que tanto el Estado como las grandes operadoras brillaban por su ausencia, ya que llevar Internet con esta tecnología a zonas en donde hay bajas y dispersas concentraciones poblacionales no es rentable económica ni socialmente para ellos [3].

Una de las razones principales de la ausencia de las grandes empresas como Telefónica del Perú, América móvil, en localidades de baja densidad poblacional, es el incumplimiento con los estándares considerados para la viabilidad de sus proyectos, los cuales son analizados en un previo estudio de rentabilidad, en donde está incluida la evaluación exhaustiva del tiempo de retorno de la inversión, este último debe estar entre los dos a tres años como máximo, pues después de este tiempo viene la ganancia neta. En concreto estas localidades no son un mercado atractivo, pues las grandes operadoras siempre buscaran un beneficio financiero.

El problema radica en que, por la premura y necesidad de tener una red funcional lo antes posible, los pequeños emprendimientos realizaron los despliegues de sus redes, sin un análisis de mercado, sin un análisis costo- beneficio, solo buscaron brindar servicios de comunicaciones utilizando fibra óptica, replicando los patrones de diseño de redes utilizados por las principales compañías de telecomunicaciones en áreas urbanas con alta concentración de habitantes, respaldados por las cualidades intrínsecas de dichas redes. En muchos casos no se realizaron las simulaciones previas a la implementación, no hubo un cálculo de un presupuesto óptico y operativo, por lo que la mayoría de estos ISP o proveedores de servicios de Internet, por sus siglas en inglés "Internet Service Provider", no perciben un retorno de la inversión y no están preparados para realizar cambios en su infraestructura debido al aumento de clientes potenciales, como por ejemplo, la transición de una OLT EPON a una OLT GPON, entre otros aspectos. Por lo que surge la necesidad de plantear un diseño de una red FTTH respaldado por un análisis de factibilidad, para que sea utilizado como un modelo de referencia o como un documento base en la implementación y/o mejora de los ISP locales. Es importante destacar que el crecimiento acelerado de los ISP locales se atribuye en gran medida a la implementación de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RDNFO).

Para ilustrar la versatilidad de la FTTH (Fiber to the Home), podríamos afirmar que es una tecnología en la que un solo cable de fibra óptica tiene la capacidad de brindar servicios de alta calidad a múltiples hogares (64, 128 y más), estas cantidades dependen directamente del diseño planteado y splitter seleccionado. De esta manera también se reduce los costos en el tendido en comparación con tecnologías como el cable coaxial[1].

Partiendo de esta premisa en el presente proyecto se plantea el diseño de una red FTTH asequible, se destaca esta última característica, ya que se realizará un minucioso estudio de ingeniería para lograr una implementación de la planta externa e interna a un costo reducido. Asimismo, se analizarán y se optimizarán los diseños correspondientes para aprovechar al máximo el uso de los divisores ópticos (splitters).

De igual manera, se pretende proporcionar el servicio de Internet fijo a un precio competitivo, comparable al del Internet inalámbrico en el distrito de Huayllabamba y en lugares con similares características demográficas.

Adicionalmente, se contribuirá con la erradicación de la informalidad de los WISP o proveedores de servicio de Internet inalámbrico, por sus siglas en inglés "Wireless Internet Service

Provider", existentes en el distrito mencionado.

Todas estas acciones se sustentan en la necesidad de reducir las brechas digitales, sociales, culturales entre las áreas urbanas y rurales. Alcanzando la potencialización de la educación, salud, seguridad ciudadana y gobierno local, para lograr un desarrollo equitativo y sostenible en todas las áreas.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cómo se puede diseñar una red FTTH que sea rentable social y económicamente, en el distrito de Huayllabamba?

1.1.2.1. Problema General

No existe un modelo de una red FTTH, avalado por un estudio de viabilidad técnico-económica en el distrito de Huayllabamba.

1.1.2.2. Problemas Específicos

- No hay un análisis de los requerimientos básicos para la operatividad de una red FTTH en el distrito de Huayllabamba.
- No se ha seleccionado una tecnología xPON que cumpla con las necesidades de los usuarios finales en el distrito de Huayllabamba.
- Inexistencia de un estudio de mercado para el dimensionamiento de los servicios de telecomunicaciones en el distrito de Huayllabamba.
- No hay registros de proveedores de internet que hayan utilizado una metodología para realizar sus diseños en el distrito de Huayllabamba.
- No se tiene un registro de parámetros calculados en un software de simulación de una red FTTH en el distrito de Huayllabamba.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Analizar y diseñar una red con tecnología FTTH, avalado por un estudio de viabilidad técnico-económica, a fin de mejorar los servicios de comunicaciones en el distrito de Huayllabamba.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analizar la tecnología FTTH para conocer su forma de operar, los requerimientos necesarios para el despliegue y las topologías que utiliza para brindar paquetes de servicios por medio de fibra óptica.
- Determinar la tecnología PON más apropiada para el distrito de Huayllabamba.
- Diseñar la red de telecomunicaciones en base a un estudio de mercado y seleccionar la metodología más adecuada para el distrito de Huayllabamba.
- Realizar un análisis de la viabilidad técnico-económica del proyecto basado en la propuesta de diseño.
- Comprobar los parámetros calculados del diseño en un software de simulación.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación Social

Huayllabamba es un distrito con una creciente demanda en los servicios de internet, por lo que existe la presencia de WISP o proveedores de servicio de Internet inalámbrico que operan de manera informal. No existe presencia de las grandes operadoras, pues no cumplen con los estándares para ser considerado un mercado atractivo, debido a la baja

densidad poblacional. Consta de una escuela de educación primaria y un colegio de educación secundaria, con un aproximado de 250 alumnos en conjunto, el método de enseñanza se basa en el modelo clásico, el rendimiento de alumnos y docentes es regular, por lo que la implantación de una red FTTH tendría una influencia potencializadora en la educación, ya que según el MINEDU, el uso del internet influye de manera positiva en el aprendizaje [6]. En la actualidad las instituciones educativas carecen de una conexión a internet. Por otra parte, Huayllabamba cuenta con un Puesto de salud, cuya conectividad es deficiente. Una óptima conexión a la red de datos brindaría la respuesta inmediata frente a emergencias, como el acceso rápido a las historias clínicas de manera permanente, puesto que esta tecnología es inmune a las interferencias causadas por factores externos ambientales. En el tema de seguridad ciudadana, con una conectividad estable se tendría el fácil acceso a los antecedentes policiales, judiciales, entre otros, de la población local, nacional e internacional frente a cualquier acontecimiento. Actualmente el estado proporciona a la comisaria de un internet de baja calidad que no cumple con los requerimientos de los trabajadores.

1.3.2. Justificación Práctica

El distrito de Huayllabamba, considerado la “Capital Mundial del Maíz blanco”, posee una población promedio de cinco mil residentes de los cuales el 74 por ciento corresponde a la población rural. El presente proyecto de tesis también está orientado a fomentar el progreso rural a través del suministro oportuno de información de calidad y se espera reducir las brechas digitales entre zonas urbanas y rurales.

Huayllabamba es un distrito que carece completamente de una red FTTH, en comparación con otros distritos que se encuentran dentro del territorio de la provincia de Urubamba. Durante la gestión de algunos alcaldes se realizó la cobertura del servicio de telecomunicaciones a través de redes satelitales e inalámbricas, los cuales terminaban junto con la gestión municipal.

En las plazas y calles del distrito resaltan a la vista un gran número de antenas inalámbricas, esto evidencia la necesidad de la población de conectarse a una red de datos. Estos servicios inalámbricos informales además de no cumplir con los requerimientos de los usuarios, transgreden las normas de servicio de Telecomunicaciones, aprovechando el vacío normativo que les sanciona. Estas pequeñas empresas informales no pagan tributos y este incumplimiento

causa un deterioro económico en las finanzas públicas. Por otro lado, un ISP formal registrado en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) tiene la obligación de realizar la contribución tributaria al OSIPTEL, pagar CANON, etc. Así mismo, un ISP formal genera oportunidades de trabajo y contribuye a la formalización del sector.

1.3.3. Justificación Técnica

En este trabajo se realizará una investigación minuciosa a nivel de ingeniería, de los equipos activos y pasivos, que cumpla nuestro objetivo principal. De igual manera se hará la selección de un diseño que optimice el uso de los divisores ópticos (splitters).

En el análisis de arquitecturas PON, se tiene la arquitectura balanceada, en la que los splitters distribuyen la potencia de igual magnitud para cada terminal de acceso a la fibra o Fiber Access Terminal (FAT), por lo tanto, la pérdida que se inyecta es igual para todos los FAT, con esta característica se tiene una limitación en las pérdidas de potencia. En el caso de la arquitectura desbalanceada la elección del nivel de pérdidas en cada splitter, es posible, lo que permite optimizar la potencia según el cálculo que se requiera, de esta manera se tiene menos pérdida por consiguiente se precisa menor potencia en la OLT (Optical Line Terminal) o terminal de línea óptica, en consecuencia, si necesito menor potencia, los láseres usados serán menos costosos. Con esta opción se logra el ahorro de potencia por lo tanto de dinero. Cumpliendo con la condición principal: Económico-eficiente, en el diseño se pretende emplear la arquitectura PON desbalanceada.

1.3.4. Justificación Económica

Una propuesta de diseño de una red FTTH en el distrito de Huayllabamba contribuiría con más oferta en el mercado tanto para las empresas y habitantes del distrito, pues cuando la demanda aumenta, efectivamente los servicios y las empresas compiten con calidad y precio. Con el presente estudio se espera presentar alternativas de implementación y/o mejora para los ISP locales.

1.4. Alcances y Limitaciones

1.4.1. Alcances

Con el presente trabajo de tesis:

- Se logrará plantear un modelo de red con tecnología FTTH avalado por un análisis de factibilidad para presentar alternativas de implementación y mejora para los ISP locales.
- Se analizará las bases teóricas, estándares y particularidades de la tecnología xPON seleccionada, enfatizando los requerimientos generales y los servicios que soportaría en el distrito de Huayllabamba.
- Se investigará el estado actual de los servicios de telecomunicaciones en el distrito de Huayllabamba.
- Se hará el estudio de campo para el diseño de la red FTTH.
- Se elaborará el estudio de factibilidad.
- Se realizará el diseño y la simulación de la red FTTH propuesta.

1.4.2. Limitaciones

- Para la estimación de la demanda potencial y otros análisis del distrito de Huayllabamba, se utilizará los reportes e informes de entidades como el INEI y OSIPTEL, entre otras fuentes relevantes.
- Este estudio se realizará hasta la etapa de diseño de la red de telecomunicaciones, sin abarcar la fase de implementación de la infraestructura física.

1.5. Variables e Indicadores

1.5.1. Variables

- Demanda potencial en el distrito de Huayllabamba en banda ancha.
- Velocidad de transmisión en la red FTTH PON propuesta para el distrito de Huayllabamba.
- Potencia de transmisión en la red FTTH PON propuesta para el distrito de Huayllabamba.

1.5.2. Indicadores

- Número de usuarios vs la población del distrito de Huayllabamba.
- Comparación costo-beneficio.

1.6. Metodología

1.6.1. Tipo y diseño de metodología

Tipo de estudio no experimental, de enfoque cuantitativo, donde se analizarán redes ópticas pasivas.

Este trabajo de tesis se encuentra clasificado dentro de un estudio no experimental de enfoque cuantitativo. Diseño de tipo no experimental[7].

1.6.2. Desarrollo del Proyecto

Para llevar a cabo el presente proyecto, se optó por utilizar la metodología Top Down, que es ampliamente recomendada para la planificación de redes de datos. Esta metodología sigue un enfoque iterativo. En la etapa inicial se efectuará un análisis exhaustivo de los elementos imprescindibles para el proyecto, lo cual involucra un estudio detallado de las telecomunicaciones en el distrito de Huayllabamba. También se evaluará la situación presente de los clientes, incluyendo aspectos como la cantidad, la geolocalización y la necesidad de servicios de conectividad en línea. Además, se establecerán los criterios indispensables con el fin de ejecutar la implementación de una red FTTH.

En la siguiente fase se ejecutará la construcción de la configuración lógica de la red. Este aspecto abarca la elección de la disposición de la red de comunicación, la selección de la opción más adecuada para la instalación de la fibra óptica, y el estudio de las necesidades y solicitudes de los clientes.

En la fase tres se procederá a la creación del diseño tangible de la red, en esta parte del desarrollo, se hace uso de un programa informático con el propósito de desarrollar la sugerencia de diseño para realizar la implementación de la red, tomando en consideración la tecnología propuesta como base y considerando las indicaciones estipuladas en el diseño lógico.

En la fase cuatro tomando como base el diseño lógico y físico de la red, se procederá a elegir los elementos y recursos requeridos y se determinarán todas las pautas y requisitos, consecuentemente se calculará el presupuesto óptico.

Y por último en la quinta fase se llevará a cabo el estudio para determinar la viabilidad del proyecto. La evaluación financiera global del proyecto en su totalidad se realiza considerando las normas definidas para la configuración y el diseño de la red.

1.7. Antecedentes de la Tesis

- Fernández en su proyecto realiza un estudio de viabilidad y la implementación de una red de fibra óptica hasta el hogar, beneficiando principalmente a las viviendas ubicadas en las comunidades altas de la ciudad de Tabacundo, Ecuador. Esto permitirá ofrecer

servicios de telecomunicaciones de alta calidad con mayor velocidad y a precios más competitivos. Después de explorar las bases teóricas de las redes ópticas, se llevó a cabo el diseño del proyecto. Para su ejecución, se eligió la metodología Top Down, la cual consta de cinco fases esenciales para el diseño. Estas fases incluyen el estudio de las condiciones necesarias y generales para la implementación, la selección del tipo y modelo de infraestructura, con el objetivo de satisfacer la demanda de 275 clientes en los próximos 10 años. También se realizó el cálculo del presupuesto óptico, que se encuentra dentro del rango aceptado para la tecnología XG-PON, con un valor entre -25.6 dB y -23.5 dB. Finalmente, se realizó la evaluación de la factibilidad del proyecto. Este proyecto de investigación fue analizado utilizando dos instrumentos financieros, el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), con el fin de determinar su rentabilidad. Los resultados indicaron que el proyecto es rentable y factible[8].

- Rojas en su tesis propone un diseño de una red FTTH en el centro poblado de Tomaque distrito de Bagua en la región Amazonas. La metodología que utiliza está fundamentada en tres puntos: el repaso de la información de proyectos similares en la región, los datos obtenidos de la evaluación y el planteamiento de diseño. Dentro de sus objetivos esta mejorar la conexión con la red de datos y disminuir la brecha digital, ya que las zonas rurales son las más afectadas y como consecuencia el retraso en la educación, medicina, negocio y entretenimiento sigue presente. Para el diseño realiza los procedimientos requeridos para el correcto funcionamiento de una red óptica, efectúa el cálculo de los futuros abonados, un estudio de campo para elegir los lugares donde serán instalados los equipos activos y pasivos. Finalmente realiza un cálculo del presupuesto óptico el cual indica que el proyecto está dentro de los rangos aceptados con 1310nm de bajada y 1440nm de subida de las ONT lo que lo hace viable desde el punto de vista técnico[9].
- Ordinola en su investigación sobre; la tecnología GPON propuso el diseño de una red FTTH que brinde los servicios triple play, donde el uso de la OLT Huawei MA5608T fue una de las ideas principales. Para la expansión de la red utilizó splitters primarios y secundarios en las etapas de alimentación y distribución respectivamente, esto se logró gracias al empleo de la topología árbol. También para recopilar los datos más exactos en el estudio de campo, dividió la zona de trabajo en tres partes. En la red

de alimentación utilizo una topología en anillo con la finalidad de crear una red de respaldo ante cualquier eventualidad. Y finalmente un cable de 48 hilos se empleó para unir la única cabecera FTTH con los once puntos de suministro de energía[10].

- Sani en su investigación tiene el propósito de establecer el diseño de una red PON en Pelileo, Ecuador e instaurar todas las exigencias legítimas que necesitan cumplir las empresas que proporcionan acceso a internet para ofrecer los paquetes de servicio (voz, data, video). Mediante un análisis del mercado de las telecomunicaciones tanto en el sector residencial y comercial pudo definir la demanda existente y tras el estudio de campo respectivo selecciono la alternativa que cumplía con su objetivo. Las mediciones relacionadas con la tasa de error binario (BER), el Factor Q y las pérdidas detectadas en el dispositivo receptor óptico (ONT) y todos los parámetros que establecen la calidad de la señal fueron hallados a través del software de simulación Optisystem y los resultados a través de Eye Diagram. Estos valores mencionados fueron descubiertos para todos los beneficiarios independientemente de la distancia a la que estén ubicados. El factor Q mínimo que se obtuvo en todos los enlaces fue de 12.10 y el máximo de 14.12, los cuales están dentro de los límites planteados por la recomendación ITU.G984.2 para que en un futuro se ejecute la respectiva implementación[11].
- Pardo en su proyecto de tesis utilizo los estándares con los que trabaja la empresa CNT del Ecuador, las recomendaciones G.984.x de la ITU y el presupuesto de potencia calculado de la ODN para realizar el diseño de la red de acceso, También se estableció la demanda de clientes gracias a un exhaustivo estudio de campo. Y mediante el método OTDR realizo cálculos de potencia y pérdida de otras redes implementadas para su posterior comparación con las mismas, con el propósito de generar informes[12].

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1. Fibra Óptica

La fibra óptica constituye un medio de transmisión ampliamente adoptado para el envío de información a través de largas distancias. Se caracteriza por ser un filamento extremadamente fino, elaborado a partir de materiales como el vidrio o plásticos especiales, incluyendo dióxido de silicio, con un grosor que varía entre 10 y 300 micrómetros. Este medio permite la propagación de señales luminosas que transportan datos, mediante el proceso de reflexión interna múltiple. Esta reflexión ocurre dentro del hilo, siempre y cuando el ángulo con el que la luz incide sobre la interfaz entre el núcleo y el revestimiento sea adecuado, permitiendo que la señal avance a lo largo del cable. En caso de que el ángulo no sea el apropiado, se produce la refracción, resultando en la pérdida de la señal de luz. Este mecanismo subyacente asegura la eficiencia de la fibra óptica como medio para la transmisión fiable y eficaz de datos [13].

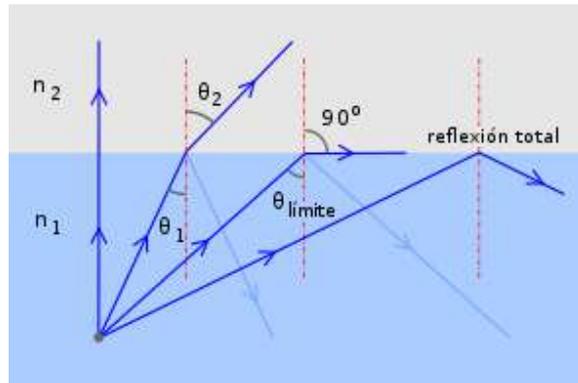


Figura 2.1: Reflexión interna total de la luz. Fuente: [14].

2.1.1. Partes de la fibra óptica

La estructura de la fibra óptica se caracteriza por contar con componentes esenciales que permiten la transmisión eficaz de señales de luz. En su esencia, la fibra óptica incluye el núcleo, un cilindro delgado por donde se propaga la luz, sirviendo como el canal principal para el flujo de información óptica. Alrededor del núcleo se encuentra el revestimiento, una capa adyacente que tiene la función crítica de retener la luz dentro del núcleo gracias al fenómeno de reflexión total interna, lo cual es vital para la transmisión eficiente de la señal. Adicionalmente, se añade una capa protectora externa que resguarda la fibra de daños físicos y condiciones adversas del entorno, contribuyendo a la preservación de la calidad de la transmisión. Estos elementos conforman la arquitectura básica de la fibra óptica, diseñada para optimizar la transmisión de datos ópticos con altos niveles de eficiencia y fiabilidad [15]:

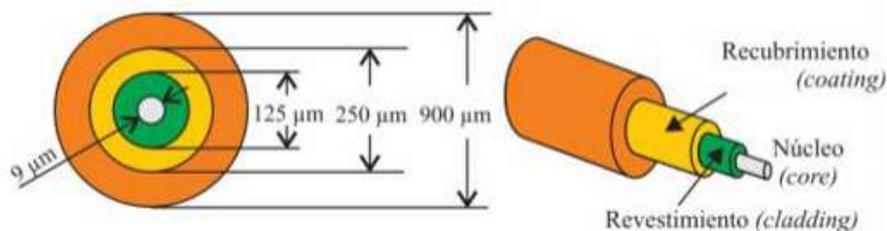


Figura 2.2: Estructura de una Fibra Óptica convencional. Fuente: [16].

2.1.2. Clasificación de la fibra óptica

Según el perfil

El perfil de índice de refracción describe la distribución de la refractividad en el núcleo de la fibra. Esta característica determina la forma en que la luz se guía y se propaga a través de la fibra. Existen dos categorías principales: las fibras de índice escalonado, donde la refractividad dentro del núcleo es uniforme, facilitando un camino directo para la luz; y las fibras de índice gradual, en las cuales la refractividad disminuye paulatinamente desde el centro hacia el exterior del núcleo, permitiendo una propagación más eficiente de la luz por refracción continua.

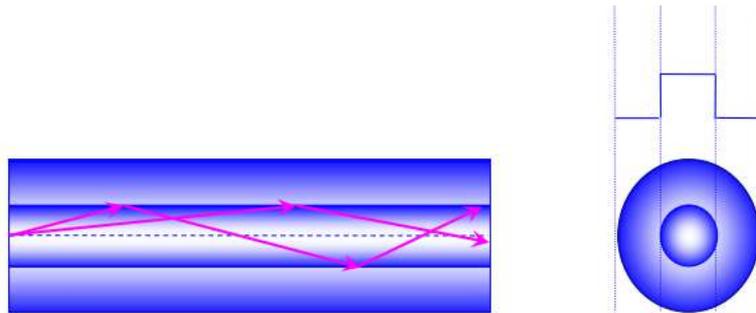


Figura 2.3: Índice gradual. Fuente: [17].

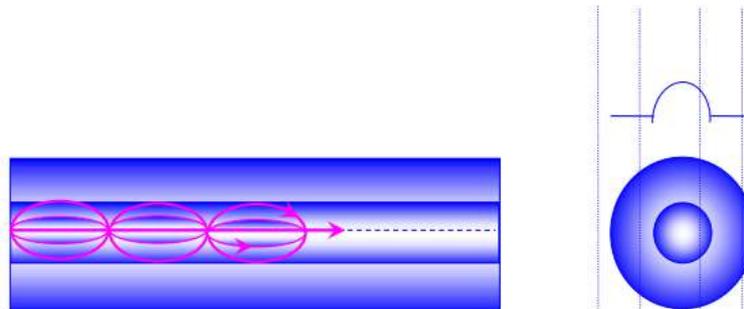


Figura 2.4: Índice escalonado. Fuente: [17].

Según el modo de propagación

Las fibras ópticas se clasifican en monomodo y multimodo. Las fibras monomodo, con un diámetro de núcleo muy fino, permiten la transmisión de un único modo de luz. Esto las hace ideales para aplicaciones de telecomunicaciones de larga distancia, donde se requiere minimizar la dispersión de la señal y maximizar la integridad de los datos. Por otro lado, las fibras multimodo pueden propagar múltiples modos de luz gracias a su núcleo más amplio, adecuadas para distancias cortas y con alta capacidad de transmisión de datos, aunque con mayor susceptibilidad a la dispersión modal y, por ende, a una reducción en la distancia de transmisión efectiva [18].

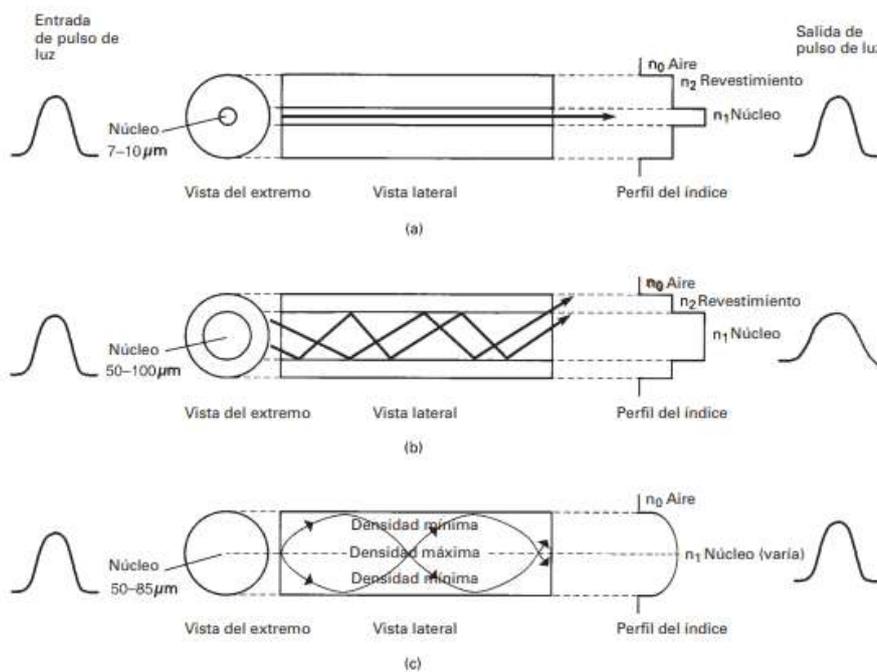


Figura 2.5: Configuraciones de los perfiles de índice en el núcleo: (a) Índice escalonado unimodal en el núcleo; (b) Índice escalonado multimodal en el núcleo; (c) Índice graduado multimodal en el núcleo. Fuente: [18].

2.1.3. Propiedades geométricas de la fibra óptica

Las recomendaciones ITU-T G.651 y G.652 se presentan como dos de las especificaciones más cruciales que definen los tipos y las propiedades de las fibras ópticas monomodo y multimodo, respectivamente. Cada una de estas recomendaciones aborda distintas necesidades y aplicaciones, influenciando directamente la elección del tipo de fibra en función del

contexto específico de su uso.

A continuación, se muestra un resumen estructurado en forma de cuadro comparativo, diseñado para exponer de forma clara y detallada las diferencias fundamentales y las aplicaciones sugeridas para las fibras ópticas multimodo y monomodo, de acuerdo con las recomendaciones ITU-T G.651 y G.652, respectivamente [19] y [20].

Aspecto	Fibra Óptica Multimodo ITU-T G.651	Fibra Óptica Monomodo ITU-T G.652
Tipo de Fibra	Multimodo	Monomodo
Diámetro del Núcleo	50 μm o 62.5 μm	8 a 10 μm
Diámetro del Revestimiento	125 μm	125 μm
Diámetro del Recubrimiento Primario	250 μm o 900 μm	250 μm o 900 μm
Índice de Refracción	Gradual	Escalonado
Aplicaciones Principales	Conexiones locales (LAN), centros de datos	Telecomunicaciones de largo alcance, redes de área amplia (WAN)
Propagación de Modos	Múltiples modos	Único modo
Ventajas	Adecuada para distancias cortas a medianas, soporta altas tasas de transmisión de datos	Ideal para largas distancias y alta velocidad debido a mínima dispersión y atenuación

Tabla 2.1: Cuadro comparativo, fibra óptica multimodo vs monomodo.

La Recomendación ITU-T G.652, también denominada “Fibra de dispersión no desplazada”, constituye el estándar más ampliamente utilizado para las fibras ópticas monomodo en el ámbito de las telecomunicaciones. Establece las propiedades de transmisión para las fibras ópticas diseñadas específicamente para mejorar la transmisión de luz a una longitud de onda de 1310 nm, donde se logra la dispersión mínima cromática. Para satisfacer diversas necesidades de transmisión y distintas aplicaciones, esta recomendación ha sido dividida en varias categorías:

- G.652.A y G.652.B: Ambas son versiones estándar de la fibra de dispersión no desplazada con diferentes niveles de pérdida por agua. Son adecuadas para una amplia gama de aplicaciones en redes de telecomunicaciones, especialmente en transmisiones de larga distancia y redes metropolitanas.

- G.652.C y G.652.D: Estas versiones extendieron la utilidad de la fibra G.652 para aplicaciones que operan tanto en las bandas de 1310 nm como de 1550 nm, reduciendo la pérdida de agua en la fibra y permitiendo su uso en sistemas DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing). La G.652.D, en particular, se ha convertido en la opción predominante debido a su versatilidad y rendimiento mejorado.

Es importante destacar que las versiones G.652 A y B no están diseñadas específicamente para soportar las demandas de las aplicaciones de multiplexación por división de longitud de onda (DWDM). En el siguiente cuadro comparativo, que incluye desde la Recomendación ITU-T G.652 hasta la G.657, se enfatizan las capacidades y aplicaciones recomendadas de cada tipo de fibra óptica. Este resumen está diseñado para facilitar la elección de la fibra óptica más adecuada para cada necesidad de telecomunicaciones, subrayando que las variantes G.652 A y B pueden no ser las opciones más idóneas para tecnologías avanzadas como DWDM, en contraste con recomendaciones más recientes que sí están optimizadas para tales aplicaciones [20] y [21].

Recomendación	Nombres Alternativos	Rango operativo de longitud de onda	Usos recomendados
G.652	Fibra de dispersión no desplazada.	1310 nm	Redes de telecomunicaciones de larga distancia, redes metropolitanas.
G.653	Fibra de dispersión desplazada.	1550 nm	Sistemas DWDM de larga distancia.
G.654	Fibra de corte de longitud de onda larga.	>1550 nm	Sistemas de cable submarino, transmisiones de ultra larga distancia.
G.655	Fibra no nula de dispersión desplazada.	1550 nm y rangos C y L	Sistemas DWDM, aplicaciones de amplificación óptica.
G.656	Fibra de ancho de banda no nulo.	1460 a 1625 nm	Sistemas CWDM y DWDM de banda ancha, redes de acceso.
G.657	Fibra insensible a la curvatura.	1310 nm, 1550 nm	Redes FTTH, instalaciones con espacio limitado y alta necesidad de flexibilidad.

Tabla 2.2: Recomendación ITU-T G.652- ITU-T G.657.

2.1.4. Parámetros fundamentales de las fibras ópticas

2.1.4.1. Parámetros Estáticos

Las constantes estáticas permanecen invariables a lo largo de toda la fibra, dentro de los límites de tolerancia establecidos durante su fabricación. Estos incluyen aspectos ópticos y geométricos específicos de la fibra.

Aspectos Ópticos

- **Perfil del Índice de Refracción:** Determina cómo varía el índice de refracción radialmente dentro de la fibra. Dado que la velocidad de la luz en cualquier punto de la fibra depende de este índice, resulta en diferentes velocidades en distintas zonas de la fibra.
- **Apertura Numérica:** Esencial para definir la cantidad de luz que la fibra puede captar y, por ende, la energía que es capaz de transportar. Esta característica es independiente de la calidad de la información transmitida.

Aspectos geométricos

Los aspectos geométricos dependen de la tecnología empleada en la producción de la fibra, y sus tolerancias son directamente influenciadas por la calidad del proceso de fabricación.

2.1.4.2. Parámetros dinámicos

Los parámetros dinámicos se refieren a las propiedades de la fibra óptica que influyen en la transmisión de la señal a través de su longitud.

- **Atenuación:** Este fenómeno no está vinculado a la frecuencia de los componentes espectrales de la señal, sino más bien a la longitud de onda de la luz portadora de dicha señal.

- **Dispersión Temporal:** Es el efecto de las características de dispersión de la fibra en la señal a medida que se propaga, lo que provoca un ensanchamiento de los pulsos con el tiempo. Este ensanchamiento puede alterar la forma de la señal y causar errores que restringen la tasa máxima de transmisión de datos.

La calidad de la señal que se transmite por la fibra óptica puede degradarse debido a dos fenómenos clave: la atenuación y la dispersión del material. Estos efectos alteran las propiedades de la señal al recibirla en comparación con su estado original en el punto de emisión. Aunque la dispersión no contribuye directamente a la pérdida de la señal, se analiza de forma separada por su influencia crítica en la fidelidad de la transmisión. En la siguiente líneas de nuestro estudio, nos enfocaremos específicamente en describir y analizar estos parámetros de transmisión dinámicos de la fibra óptica. La decisión de concentrarnos en estos aspectos, se basa en su significativa influencia sobre la eficacia y la integridad de la señal en sistemas de comunicaciones ópticas. La atenuación y la dispersión son fundamentales para entender y mejorar el desempeño de las infraestructuras de fibra óptica, ya que dictan las limitaciones físicas en el alcance de transmisión y la capacidad de ancho de banda.

2.1.5. Atenuación óptica

La atenuación en la fibra se define como la diferencia en la potencia de la luz entre la salida y la entrada, medida en decibelios (dB) y calculada para una longitud de onda específica λ .

$$\alpha = 10 \cdot \log\left(\frac{P_e}{P_s}\right) \quad (2.1)$$

Donde:

α : Atenuación.

P_e : Potencia de entrada.

P_s : Potencia de salida.

Varios factores inciden en la disminución de energía dentro de la fibra óptica; entre estos, se encuentran aspectos propios de la fibra, tales como su constitución de vidrio, así como elementos externos que incluyen contaminantes, fallos en la instalación o anomalías en la forma de la fibra. La atenuación adicional ocasionada por estos últimos es bastante fluctuante y, en muchos casos, se puede reducir mediante un análisis detallado de los procesos de fabricación. Por otro lado, las pérdidas inherentes están determinadas por los procesos físicos que tienen lugar dentro de la fibra y varían en función del tipo de material utilizado para dopar el núcleo y la longitud de onda específica utilizada. Entre las características más destacadas y fundamentales de la transmisión por fibra óptica se encuentran:

- La atenuación de la señal en medios tradicionales como los cables de cobre varía en función del rango de frecuencia de la señal que transporta los datos, incrementándose de manera más que proporcional con el aumento de dicha frecuencia. En contraste, la atenuación en la fibra óptica no se ve afectada por el ancho de banda de modulación, considerando que la frecuencia de la señal portadora es significativamente mayor, por varios órdenes de magnitud, que la frecuencia de modulación, situación que no se

presenta en las guías de onda tradicionales.

- La potencia total transmitida a través de la fibra óptica se reparte entre los distintos modos de propagación. En el caso de las fibras multimodo, esto ocurre entre los múltiples modos disponibles para la propagación. Por otro lado, en las fibras monomodo, la distribución de la potencia transmitida también es aleatoria, pero se reparte entre las diferentes líneas espectrales del único modo de propagación.

2.1.5.1. Pérdidas intrínsecas

Las pérdidas intrínsecas se originan por absorción UV e IR, donde la interacción de fotones con el sílice del núcleo vibra las moléculas. La absorción UV disminuye con longitudes de onda superiores a 1000 nm, mientras que la absorción IR, provocada por vibraciones de silicio y oxígeno, aumenta con longitudes de onda pero no se nota hasta pasar los 1400 nm. La dispersión de Rayleigh afecta la transmisión energética, siendo significativa entre 400 y 1100 nm.

2.1.5.2. Pérdidas externas

Incluyen absorción por impurezas como metales y iones hidroxilo, con pérdidas significativas en 2720 nm por resonancia de iones OH⁻. Las curvaturas de la fibra añaden pérdidas que dependen del radio de curvatura, y las microcurvaturas, causadas por defectos de fabricación, afectan a la transmisión sin mucha variación por longitud de onda.

2.1.5.3. Atenuación total

La atenuación en una fibra óptica representa el total de pérdidas energéticas que ocurren a lo largo del enlace de comunicación [22]. Para determinar la atenuación total de una red de fibra óptica, se emplea la siguiente fórmula :

$$A = \alpha L + \alpha_s x + a_c y + a_n z \quad (2.2)$$

Donde:

A : Representa la atenuación total en el sistema.

α : Denota el coeficiente de atenuación específico de la fibra óptica.

L : Corresponde a la longitud de la fibra óptica utilizada.

α_s : Indica la pérdida causada por empalmes en la fibra.

x : Es el número de empalmes presentes en la configuración.

a_c : Se refiere a la pérdida debida a conectores en el sistema.

y : Representa la cantidad total de conectores utilizados.

a_n : Hace referencia a la pérdida por splitters ópticos según su nivel de división.

z : Denota el número de splitters ópticos utilizados considerando su nivel de división.

La suma de estas pérdidas define ventanas operativas óptimas para la fibra óptica. Se desaconseja el uso por debajo de 800 nm por alta atenuación y por encima de 1600 nm por efectos IR. Las longitudes de onda preferidas se sitúan en torno a los 1300 nm y se tiende hacia los 1550 nm, donde se minimizan las pérdidas y se maximiza la eficiencia de la transmisión [23] .

2.1.6. Dispersión

La dispersión se caracteriza por la expansión de un pulso luminoso a medida que atraviesa la fibra óptica, lo que resulta en una variación temporal entre el momento de entrada y el de salida del pulso ($T_2 > T_1$). Este fenómeno de expansión provoca que los pulsos se superpongan entre sí, volviéndose a menudo difíciles de distinguir por el receptor. La dispersión total se cuantifica en unidades de tiempo, comúnmente en nanosegundos (ns) o picosegundos (ps) y puede calcularse utilizando la ecuación 2.3 [23].

$$\Delta t_{total} = \sqrt{\Delta t_{modal}^2 + \Delta t_{cromatica}^2 + \Delta t_{PMD}^2} \quad (2.3)$$

En sistemas ópticos de comunicación digital, la información se envía desde el transmisor al receptor a través de la modulación de pulsos luminosos. La habilidad del receptor para identificar un número específico de pulsos por unidad de tiempo establece la tasa de transferencia de datos o el ancho de banda del sistema. La conexión entre el ancho de banda aproximado (BW) de una fibra y su dispersión total se puede expresar mediante la siguiente ecuación [23]:

$$BW(Hz) = 0,5/\Delta t_{total} \quad (2.4)$$

2.1.6.1. Dispersión Modal (FO Multimodo)

También conocida como dispersión del pulso, resulta de la variación en los períodos de tránsito de los haces de luz que siguen distintas rutas a través de la fibra. Este fenómeno se presenta exclusivamente en fibras multimodo. La implementación de fibras con índice de refracción gradual puede disminuir significativamente este tipo de dispersión, y el uso de fibras monomodo con índice de refracción escalonado puede prácticamente eliminarla.

$$\Delta t_{modal} = \frac{L}{c} \left(\frac{n_1 - n_2}{n_2} \right) \quad (2.5)$$

Donde:

n_1 : Factor de refracción del núcleo.

n_2 : Factor de refracción del revestimiento.

L : Longitud de la trayectoria de los pulsos ópticos.

c : Velocidad de la luz.

2.1.6.2. Dispersión Cromática (FO Monomodo)

La dispersión cromática ocurre cuando un pulso luminoso se expande porque las variadas longitudes de onda viajan a diferentes velocidades dentro de la fibra óptica. Esto sucede porque tanto los láseres como los LEDs generan un rango de longitudes de onda, en lugar de emitir una sola. Por lo tanto, la señal emitida no es monocromática debido a que la modulación de la fuente lumínica afecta su espectro, ya que la multiplicación temporal por la señal moduladora altera su composición espectral. La ecuación 2.6 presenta la fórmula empleada para determinar la dispersión cromática.

En ciertos escenarios, especialmente con láseres, puede ocurrir una modulación de fase adicional de la portadora óptica, denominada “Chirp”, que resulta en un ensanchamiento de su espectro. La dispersión cromática incluye dos elementos fundamentales:

- Dispersión de guía de onda: Este fenómeno de dispersión es resultado de la configuración del índice de refracción del núcleo de la fibra y su complejidad. No obstante, mediante una planificación detallada del diseño de la fibra, es posible gestionar este efecto. De hecho, la dispersión inducida por la guía de onda puede ser empleada para contrarrestar la dispersión material.
- Dispersión de material: Los transmisores que utilizan tanto láseres como LED emiten una gama de longitudes de onda, o una banda de luz, en lugar de una única longitud de onda precisa. Debido a que la fibra óptica presenta índices de refracción variables para las distintas longitudes de onda, cada una se propaga a una velocidad diferente. Como consecuencia, ciertas longitudes de onda alcanzan su destino más rápidamente que otras.

$$\Delta t_{\text{crom}} = L \cdot \Delta\lambda \cdot \lambda_{S_0} \left[1 - \left(\frac{\lambda_0}{\lambda} \right)^4 \right] \quad (2.6)$$

Donde:

L : Representa la distancia que la luz viaja dentro de los pulsos ópticos.

$\Delta\lambda$: Hace referencia al rango espectral emitido por la fuente de luz.

λ : Denota la longitud de onda específica a la cual el sistema opera.

S_0 : Es la pendiente asociada al punto donde la dispersión es nula.

λ_0 : Corresponde a la longitud de onda en la cual se alcanza la dispersión cero en el sistema.

2.1.6.3. Dispersión por Modos Polarizados (FO Monomodo)

La polarización describe cómo oscilan las ondas de luz, siendo que en una fibra óptica convencional, estas oscilaciones ocurren a lo largo de dos ejes de polarización perpendiculares entre sí. Se designa el modo a lo largo del eje X como el modo lento y el modo a lo largo del eje Y como el modo rápido. Las diferencias en los tiempos de llegada entre estos dos modos, conocidas como dispersión por modo de polarización (PMD), se cuantifican comúnmente en picosegundos. Sin una gestión adecuada, la PMD puede incrementar significativamente la tasa de errores en sistemas de transmisión digitales y alterar las señales transmitidas. La ecuación 2.7 destaca cómo el retraso temporal PMD aumenta proporcionalmente a la raíz cuadrada de la longitud de la fibra:

$$\Delta t_{\text{PMD}} = D_{\text{PMD}} \sqrt{L} \quad (2.7)$$

Donde:

Δt_{PMD} : Representa el retraso temporal debido a la Dispersión por Modo de Polarización (PMD).

D_{PMD} : Es el coeficiente de dispersión.

L : Indica la longitud total de la fibra óptica.

2.1.7. Códigos de línea

En el contexto de la transferencia de información dentro de las redes ópticas, la elección de un código de línea adecuado es esencial para maximizar la eficacia y la fiabilidad de la comunicación. Los esquemas de codificación de línea convierten cadenas de bits en señales físicas que pueden ser enviados a través de un canal de comunicación, siendo esenciales para preservar la integridad de la señal y asegurar una correcta sincronización entre el transmisor y el receptor.

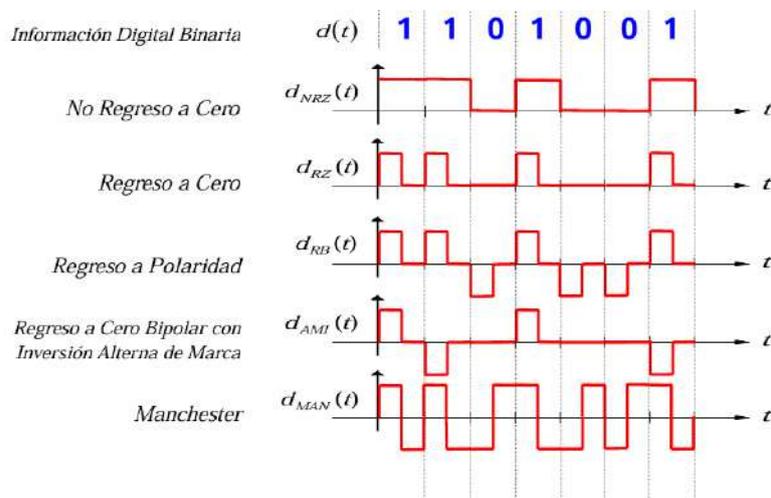


Figura 2.6: Códigos de línea. Fuente: [14].

A continuación, se enumeran y se brinda una breve explicación de cada uno de ellos, enfatizando sus particularidades:

- **Non Return to Zero (NRZ):** Este método codifica los datos manteniendo un nivel de señal constante para la duración de un bit, sin regresar a un nivel de referencia (cero) entre bits. Aunque es simple y eficiente en términos de ancho de banda, puede presentar desafíos en la sincronización durante secuencias largas de bits idénticos.
- **Return to Zero (RZ):** A diferencia del NRZ, el RZ sí retorna al nivel de referencia cero después de cada bit, independientemente de si el bit es un cero o un uno. Esto facilita la distinción entre bits consecutivos pero a costa de un mayor ancho de banda.

- **Codificación Polar Return to Zero (Polar RZ):** Es una variante del RZ que utiliza tres niveles de voltaje: positivo para unos, cero para ceros, y negativo como un retorno al nivel de referencia, lo que mejora la distinción entre los bits.
- **Return to Zero Bipolar con Inversión Alternada de Marca (AMI - Alternate Mark Inversion):** Este esquema emplea una técnica bipolar en la que los unos se alternan entre niveles de voltaje positivos y negativos, mientras que los ceros se representan por la ausencia de voltaje. La inversión alternada ayuda a mantener la sincronización y reduce el problema de la componente continua.
- **Manchester:** Codifica los datos mediante la incorporación de transiciones en cada bit, donde la dirección de la transición determina si el bit es un cero o un uno. Este método facilita la sincronización gracias a las transiciones constantes, haciéndolo ideal para entornos donde la sincronización es crítica.

En el contexto de una red GPON, se aplica el método de codificación Nonreturn-to-zero (NRZ). Para la codificación Non Return to Zero (NRZ), la capacidad máxima de transmisión de datos (B) se calcula de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$B = \text{Tasa de bits máxima (bps)} = 2 \times BW \quad (2.8)$$

2.1.8. Técnicas de acceso múltiple utilizadas en fibra óptica

En las redes de fibra óptica, implementar técnicas de acceso múltiple es esencial para maximizar la eficiencia en la transmisión de datos, permitiendo que diversas señales coexistan en el mismo canal de fibra óptica. Estas metodologías son clave en el diseño y operación de sistemas de telecomunicaciones avanzados, especialmente relevantes en contextos como FTTH, redes de larga distancia y sistemas de transmisión óptica. En la actualidad, se han empleado principalmente tres enfoques clave para el envío de señales utilizando fibra óptica. Estos son: la técnica de multiplexación por división de longitud de onda (WDM), la multiplexación por división de tiempo óptico (OTDM) y los protocolos de acceso al medio óptico por división de código (OCDMA)[24].

A continuación, se brinda una breve explicación de las principales técnicas de acceso múltiple empleadas en el ámbito de la fibra óptica:

2.1.8.1. TDM (Time Division Multiplexing)

La Multiplexación por División de Tiempo asigna intervalos de tiempo específicos a cada señal, permitiendo la transmisión de múltiples flujos de datos de manera secuencial mediante un solo filamento de fibra óptica. Esta técnica es eficaz para la gestión del ancho de banda, habilitando la transmisión integrada de servicios diversos como voz, video y datos.

2.1.8.2. WDM (Wavelength Division Multiplexing)

La técnica de multiplexación por división de longitud de onda (WDM) es un método que emplea señales ópticas con diferentes longitudes de onda para transportar datos a través de una sola fibra óptica[24]. Esto permite una significativa ampliación de la capacidad de la red al combinar múltiples señales en una sola conexión[25] y [26].

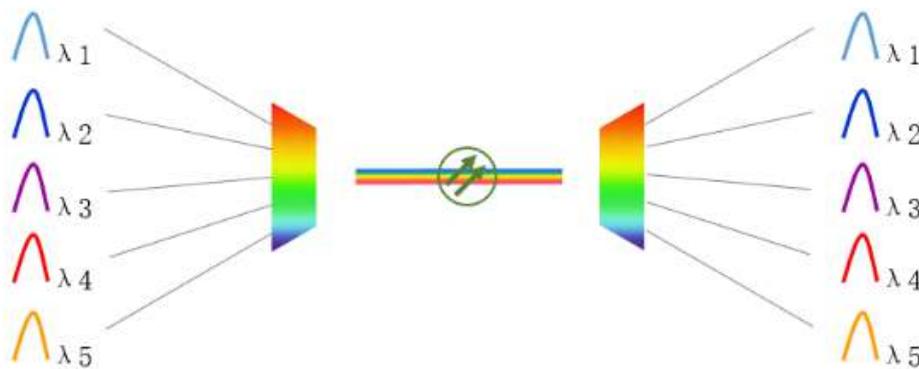


Figura 2.7: Principio de funcionamiento de WDM. Fuente: [FiberMall2016].

Según la separación entre los canales, WDM puede ser agrupado en diferentes categorías:

- *CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing)*: Esta variante de WDM es conocida como Multiplexación por división de longitud de onda aproximada donde las

alternativas o posibilidades de envío de ancho de banda y velocidades de WDM están considerablemente restringidas debido a que la separación entre los canales o longitudes de onda ocupa todo el espectro permitido. En este escenario, se pueden utilizar hasta 16 canales (λ) en la banda que se extiende desde 1271nm hasta 1611nm[24].

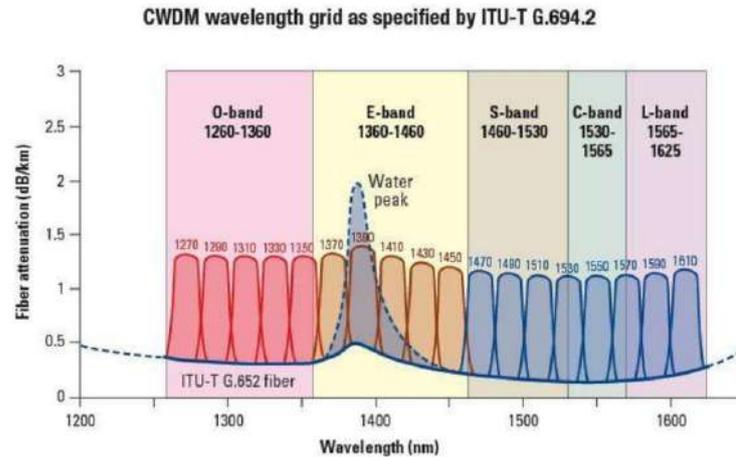


Figura 2.8: Espaciamiento entre canales para CWDM. Fuente: [24].

La modificación de la longitud de onda está determinada por dos factores principales: Inicialmente, el fabricante del sistema láser tiene la capacidad de modificar la longitud de onda en torno a su valor nominal con el propósito de aumentar el rendimiento y disminuir las tolerancias de fabricación. Por otro lado, la falta de enfriamiento en el láser puede generar cambios en relación a la dependencia de la longitud de onda con respecto a las variaciones de temperatura, dentro del rango de temperaturas especificado para el dispositivo láser. Se recomienda mantener una separación de 20nm entre los canales.

- **DWDM (Dense Wavelength División Multiplexing):** También conocido como Multiplexación por División de Longitud de Onda Densa (DWDM). Estos sistemas presentan capacidades y anchos de banda más amplios en comparación con los sistemas CWDM, debido a que existe un menor espacio entre las diferentes longitudes de onda (a partir de 0,8nm), además posibilitan una mayor cantidad de canales dentro del ancho de banda disponible, según la norma IUT 694.1, existen dos bandas de trabajo definidas para los sistemas DWDM: la banda C, con una frecuencia central alrededor de 1550 THz, y la banda L, con una frecuencia central alrededor de 1625 THz[24].

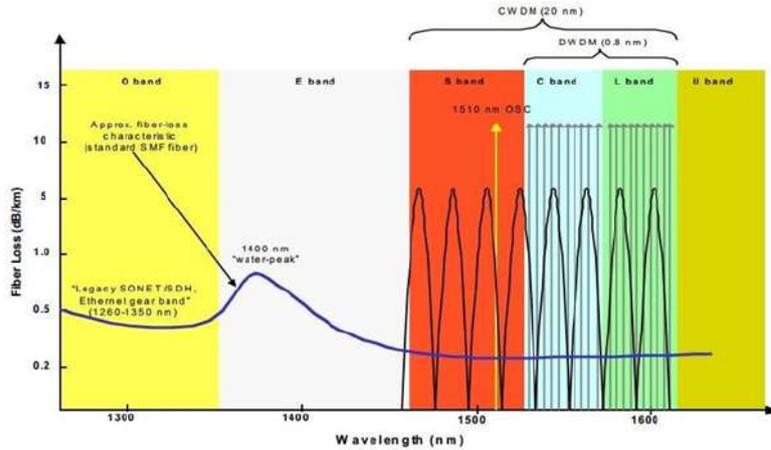


Figura 2.9: Espaciamento entre canales para DWDM. Fuente: [24].

La tabla a continuación muestra un comparativo de las tecnologías DWDM y CWDM:

CARACTERISTICAS	CWDM	DWDM
Frecuencia nominal o Longitud de onda:	Entre dos canales ópticos adyacentes: Amplio, de 20nm. En la rejilla espectral: 1271nm a 1611nm.	Entre dos canales ópticos adyacentes: Reducido, de 0,4 a 0,8nm. En una cuadrícula de 50GHz a 100GHz: 1525nm a 1565nm en banda C; o de 1570nm a 1610nm en banda L
Nº de transmisiones:	Como máximo 18 longitudes de onda	40, 80 o 160 longitudes de onda como máximo.
Distancia de transmisión:	Hasta los 160 kilómetros.	Distancias ilimitadas.
Modulación de láser:	Láser coaxial no refrigerado, lo que posibilita un consumo de energía significativamente reducido.	Láser coaxial refrigerado, consume más energía que el láser no refrigerado.
Costo:	Los dispositivos son más económicos debido a que los láseres no necesitan tanta precisión.	El precio incrementado de los dispositivos se debe a su necesidad de precisión y exactitud.

Tabla 2.3: Cuadro comparativo CWDM y DWDM.

2.1.8.3. CDM (Code Division Multiplexing)

La Multiplexación por División de Código utiliza secuencias de códigos diferenciados para múltiples señales compartiendo el mismo medio. Cada señal se identifica y separa por su código único, lo que proporciona ventajas en seguridad y minimización de interferencias, aunque su uso en fibra óptica es menos frecuente que el TDM y el WDM.

2.1.8.4. SDM (Space Division Multiplexing)

La Multiplexación por División de Espacio es una innovadora técnica que emplea múltiples núcleos o modos dentro de una fibra para transmitir señales independientes. Este enfoque promete un incremento significativo en la capacidad de transmisión, explorando nuevas dimensiones de escalabilidad para las redes ópticas.

2.1.9. Redes de fibra óptica

Las redes de fibra óptica tiene la capacidad de transmitir información a grandes velocidades, hoy en día forman una red de comunicación que reemplaza las conexiones inalámbricas y la infraestructura de red tradicional de alambre de cobre que aún se utiliza para la transmisión de voz, esta tecnología fue mejorando con el tiempo llegando hasta los 24 Mbps en la descarga. Las redes de fibra óptica más usadas y eficientes constituyen las redes enfocadas en la distribución y la conectividad[27].

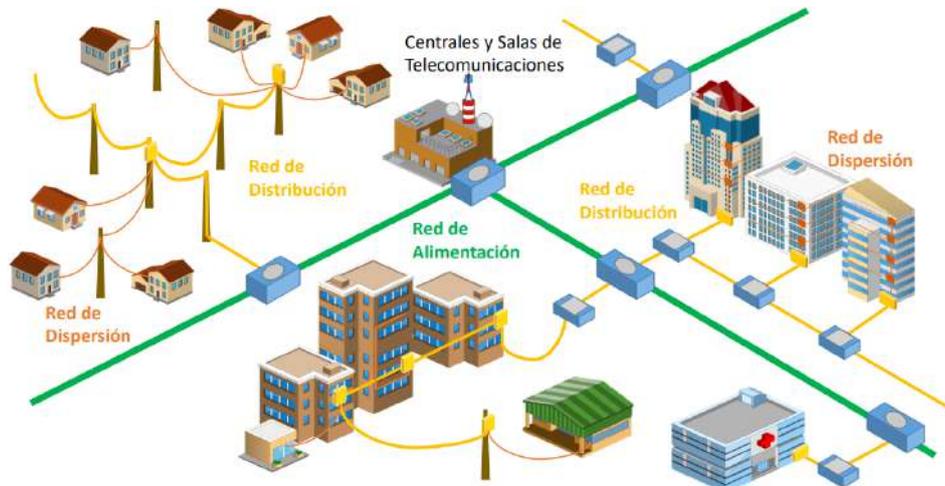


Figura 2.10: Esquema de instalación de infraestructuras de Fibra Óptica. Fuente: [28].

2.1.9.1. Redes de transporte

Son aquellas redes que conectan las regiones de un país y permiten la transferencia de cantidades masivas de información y para el despliegue de estas redes se realizan tendidos aéreo utilizando los postes de las empresas eléctricas, también dependiendo de la geografía se realizan tendidos subterráneos[27].

2.1.9.2. Redes de acceso

Estas redes, también denominadas habitualmente como "última milla", representan el tramo final de la extensa red global de comunicaciones. Este circuito se origina en la Central de operaciones y culmina en los dispositivos instalados en las residencias de los usuarios. Dentro de la Central, se ubican todos los elementos necesarios para vincular la red de acceso con las extensas redes de datos y servicios, como la Red Troncal o backbone [29]. Existen dos variantes de redes de acceso: las activas, las cuales emplean equipos que necesitan la provisión de un consumo de energía requerido para su funcionamiento, entre la central y el beneficiario final y las pasivas, las cuales no la necesitan.

2.1.10. FTTX

Es la tecnología que se emplea para poner en funcionamiento las redes de acceso. Existen cuatro modelos y están clasificados según el lugar hasta donde llega la fibra óptica [30]:

- FTTH: Fibra Óptica hasta el Hogar, también conocida como Fibra hasta la Casa. Esta modalidad implica la instalación de fibra óptica directamente desde el proveedor de servicios hasta las viviendas particulares. Al ofrecer un camino de fibra ininterrumpido hasta el usuario final, el FTTH garantiza velocidades de conexión superiores, adecuadas para aplicaciones demandantes como streaming de contenido en alta definición, juegos en línea y teletrabajo, preparando el terreno para futuras exigencias de ancho de banda.
- FTTB: Conexión de Fibra Óptica directa al Edificio. Esta modalidad implica la instalación de fibra óptica directamente desde el proveedor de servicios hasta las viviendas particulares.
- FTTC: Instalación de Fibra Óptica que se extiende hasta la Acera. La configuración FTTC consiste en extender la fibra óptica hasta un punto cercano a las propiedades residenciales o comerciales, típicamente hasta la acera. A partir de este punto, se utilizan otros medios para completar la conexión hasta los usuarios finales. Esta solución reduce el coste y la cantidad de fibra necesaria, ofreciendo una mejora en velocidad y fiabilidad en comparación con conexiones basadas en cobre, aunque no alcanza las velocidades máximas de FTTH o FTTB.
- FTTN: Fibra Óptica hasta el Nodo. Con FTTN, la fibra óptica alcanza un nodo central que sirve a un área o barrio, conectando los últimos metros hasta los usuarios finales mediante la infraestructura de cobre existente. Este nodo central facilita la agregación de señales para varios clientes, ofreciendo mejoras en velocidad y capacidad con una inversión reducida en comparación con el despliegue de fibra a cada domicilio.

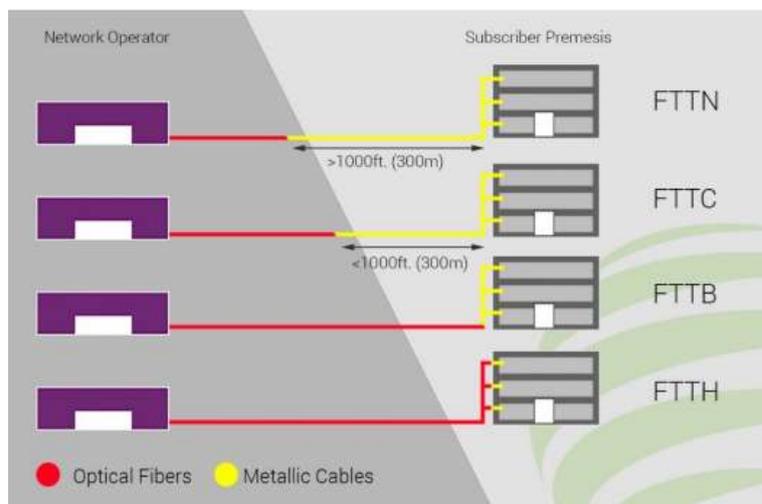


Figura 2.11: Arquitectura FTTX Fuente: [30].

2.1.11. Fiber to the Home (FTTH)

La tecnología FTTH propone la implementación de la fibra óptica hasta la residencia del usuario final o cliente de fibra, llevando la conexión directamente al hogar del usuario, brindando servicios de alta gama [31]. Esta infraestructura se está implementando globalmente, conectando más de ocho millones de domicilios al servicio de computación en la nube a través del modelo de redes de nueva generación. Muchos operadores han reducido sus costos de servicios en los que utilizan el cable coaxial, en favor de la fibra óptica, con el fin de ofrecer a los usuarios servicios de banda ancha muy atractivos (música, video, fotos, etc.). Los operadores en Perú están mostrando un interés creciente en esta tecnología como una forma de mejorar su actividad comercial[32].

2.1.11.1. Elementos de red FTTH

Son los encargados de transmitir la señal de fibra óptica desde el punto de control principal directamente al consumidor final. Aunque la estructura y los componentes de una red FTTH pueden variar en función de su implementación, existen algunos elementos que suelen ser comunes y que se describen a continuación[30]:

- **Nodo:** Es el lugar desde el cual se administra y distribuye la conexión de fibra óptica a los usuarios finales. En este punto se ubican los equipos de red, como la OLT (Optical Line Terminal).
- **Red de alimentación (Feeder, Trunk):** Es la estructura de alta capacidad que enlaza los nodos de distribución con la central utilizando cables de fibra óptica de mayor capacidad y velocidad de transmisión. Su objetivo es garantizar el transporte eficiente y confiable de grandes cantidades de datos desde la central hasta los nodos de distribución.
- **Punto de distribución de fibra óptica (FDP):** Es el primer punto de splitting, aquí se inicia la distribución de la fibra óptica.
- **Red de distribución de fibra óptica:** Utiliza cables de alta capacidad de fibra óptica que se extienden desde la central hasta los armarios de distribución ubicados en la calle o edificios.
- **Red de dispersión:** Es la etapa final de distribución de la conexión de fibra óptica desde los armarios de distribución hasta los hogares o usuarios finales. Utiliza cables de fibra óptica delgados y flexibles.

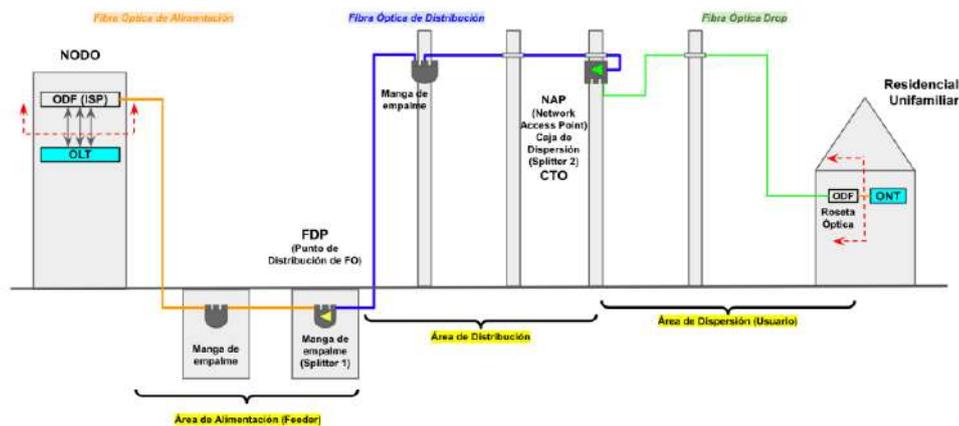
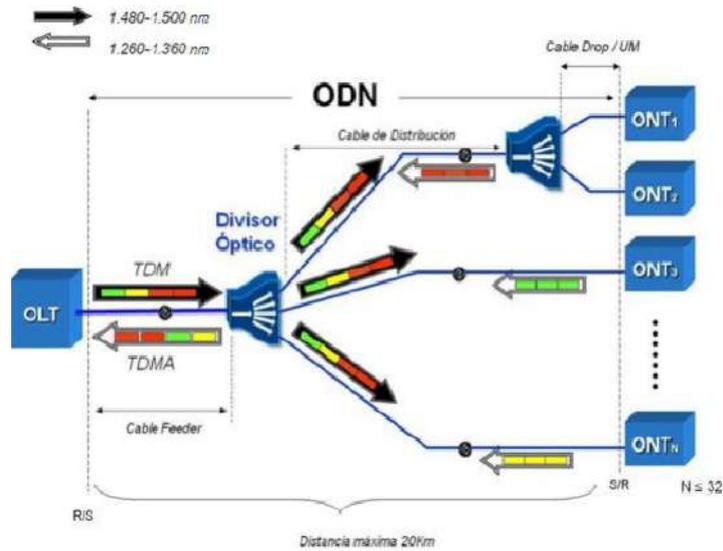


Figura 2.12: Elementos de red FTTH Fuente: [30].

En la figura 2.13 se describe gráficamente cada elemento.



(a)

Figura 2.13: Arquitectura de una red FTTH Fuente: [33].

2.1.11.2. Arquitectura de la red FTTH

Al trabajar con redes FTTH se debe resaltar dos tipos de topologías[30]:

- **Conexión directa entre dos puntos (P2P):** Esta configuración crea una vía de comunicación directa y exclusiva entre la central y cada usuario, mediante el uso de una línea de fibra óptica individual para cada conexión. Esta modalidad ofrece ventajas como seguridad mejorada y una asignación de ancho de banda consistente para cada cliente, garantizando así un servicio óptimo para aplicaciones sensibles al retardo y que requieren alta capacidad de transferencia, como streaming de video de alta calidad y juegos en línea.

- **Conexión desde un punto central hacia múltiples puntos (P2MP):** Esta configuración crea una vía de comunicación directa y exclusiva entre la central y cada usuario, mediante el uso de una línea de fibra óptica individual para cada conexión. Esta modalidad ofrece ventajas como seguridad mejorada y una asignación de ancho de banda consistente para cada cliente, garantizando así un servicio óptimo para aplicaciones sensibles al retardo y que requieren alta capacidad de transferencia, como streaming de video de

alta calidad y juegos en línea.

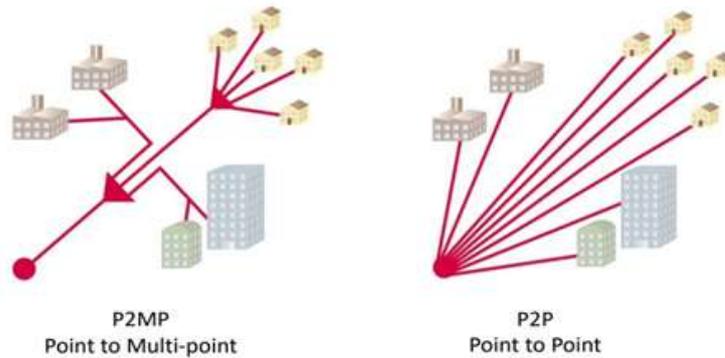


Figura 2.14: Topologías FTTH I Fuente: [30].

La elección entre estas dos topologías para una red FTTH depende de múltiples criterios, incluyendo la inversión inicial requerida, las proyecciones de crecimiento de la red, las demandas específicas de ancho de banda de los clientes finales y los estándares de calidad de servicio deseados. Aunque la topología P2P es ideal por su capacidad y seguridad, la P2MP se considera una opción más económica y escalable para atender a una amplia base de usuarios.

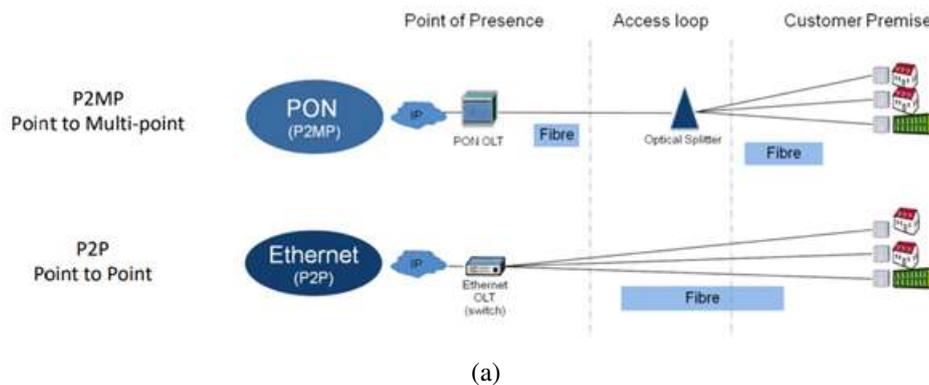


Figura 2.15: Topologías FTTH II Fuente: [30].

En el contexto de la estructura de red que conecta un punto con varios puntos (P2MP), se puede encontrar las variantes de arquitecturas: Estrella o en árbol, bus y anillo.

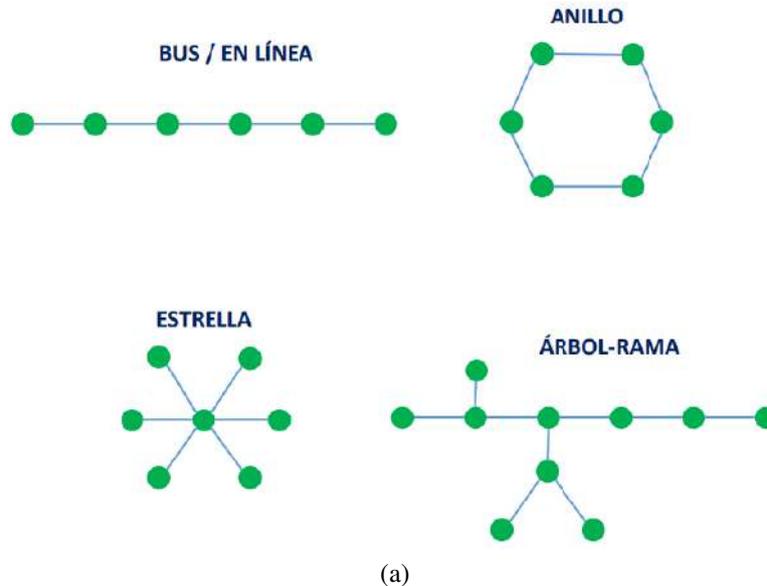


Figura 2.16: Topologías de red. Fuente: [28].

2.1.12. Tecnologías PON

Dentro del campo de las redes de telecomunicaciones, las tecnologías de Red Óptica Pasiva (PON) juegan un papel crucial en el suministro de conectividad de alta velocidad. A medida que evolucionan las demandas de ancho de banda y la necesidad de mayores velocidades de transmisión, se han desarrollado varias generaciones de tecnología PON, cada una ofreciendo mejoras significativas sobre sus predecesoras. Las tecnologías PON ordenadas de mayor a menor por capacidades de línea descendente son:

- **NG-PON2 (Next-Generation PON 2):** Es la vanguardia en tecnología de redes ópticas pasivas, distinguiéndose por su habilidad para entregar velocidades de transmisión excepcionales, alcanzando hasta 40 Gbps en el enlace descendente. Esta tecnología sobrepasa a generaciones anteriores por un amplio margen en términos de velocidad y capacidad, facilitando el uso de aplicaciones que consumen mucha banda ancha como transmisión de videos en resolución 4K/8K, experiencias inmersivas de realidad virtual y servicios cloud de alta demanda.
- **XG-PON (10 Gigabit PON):** Evolución de la GPON, incrementa las velocidades de transmisión a 10 Gbps en ambas direcciones, marcando un avance importante en la infraestructura de red. Esta mejora posibilita una experiencia de usuario superior en

internet de alta velocidad, servicios de streaming en alta definición y aplicaciones basadas en la nube, promoviendo una red más eficaz y con capacidad de expansión.

- **GPON (Gigabit PON):** Es una solución de red punto a multipunto que destaca por su estructura simple, eliminando la necesidad de componentes activos entre la OLT y la ONT. Con velocidades de hasta 2.5 Gbps en descarga y 1.25 Gbps en carga, soporta una diversidad de servicios incluyendo internet de alta velocidad, VoIP e IPTV. Con medidas de seguridad como la encriptación AES y capacidad para servir hasta 128 usuarios por puerto, GPON ofrece una opción eficiente para los proveedores de servicios.
- **BPON (Broadband PON):** La Red Óptica Pasiva de Banda Ancha, precursora de las tecnologías PON, fue diseñada para apoyar diversos estándares de banda ancha. Inicialmente ofrecía 155 Mbps, pero se ha mejorado para soportar velocidades más altas, hasta 622 Mbps en el enlace descendente. Aunque BPON sentó las bases para el desarrollo de redes PON, sus limitaciones impulsaron la búsqueda de tecnologías más avanzadas como GPON y XG-PON.

2.2. GPON (Gigabit Passive Optical Network)

GPON, Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit, es una tecnología clave en el sector de las telecomunicaciones diseñada para entregar servicios digitales avanzados como acceso a internet de alta velocidad, televisión digital (IPTV) y voz sobre IP (VoIP), utilizando una infraestructura de fibra óptica. Destaca por su habilidad para ofrecer tasas de transferencia de datos de hasta 2.5 Gbps hacia los usuarios y 1.25 Gbps en sentido inverso, bajo un esquema de distribución punto-multipunto. Una ventaja notable de la tecnología GPON es su eficacia en el control de la capacidad de transmisión y su capacidad para servir a distancias de hasta 20 kilómetros entre el terminal de línea óptica (OLT) en la estación central y el terminal de red óptica (ONT o ONU) en el domicilio del usuario. Esto facilita a los operadores brindar conexiones de alta fiabilidad con una infraestructura de red simplificada, reduciendo así los costes operativos y de mantenimiento.

La arquitectura pasiva de GPON elimina la necesidad de alimentación eléctrica para el enrutamiento de datos, lo cual no solo mejora la fiabilidad del sistema al disminuir los puntos susceptibles a fallos, sino que también promueve la eficiencia energética y la sostenibilidad ambiental. Asimismo, al permitir la integración de servicios de datos, voz y vídeo en una única red, GPON optimiza la infraestructura necesaria, abaratando los costes tanto para proveedores como para consumidores. En conclusión, GPON se presenta como una solución avanzada y eficiente para la infraestructura de red de fibra óptica, proporcionando altas velocidades de conexión, amplio alcance, y una plataforma versátil para la entrega de múltiples servicios digitales, jugando un papel crucial en el avance hacia redes de telecomunicaciones más rápidas y eficientes.

2.2.1. Elementos de una red GPON

OLT (Optical Line Terminal)

Cumple una función vital en las redes de fibra óptica al establecer una conexión directa con los usuarios. Su capacidad para brindar servicios a una amplia cantidad de consumidores conectados es esencial. Además, el OLT también asume la tarea de recibir y administrar el tráfico generado por los clientes, orientándolo hacia la red de concentración de tráfico. El papel central del OLT es servir de intermediario en el enrutamiento para atender los requerimientos de servicios de los usuarios

ONT (Optical Network Terminal)

La ONT es un dispositivo de red instalado directamente en la residencia del usuario, con funciones análogas a las de un módem. Su responsabilidad principal radica en establecer la comunicación con la OLT y facilitar el empleo de servicios de conexión a Internet de alta velocidad. Funcionando como receptor, transforma la señal óptica proveniente de la OLT en impulsos eléctricos comprensibles para dispositivos como computadoras, teléfonos o televisores en el hogar. En el proceso de transmisión, realiza la operación inversa al convertir los impulsos eléctricos de los datos en una señal luminosa para su envío a través de la fibra hacia la OLT. Similar a la OLT, actúa como un transceptor, desempeñando tanto la función

de transmisión como la de recepción de señales [29].

Splitters ópticos

Los splitters posibilitan la división de la señal y la potencia óptica desde uno o varios puertos desde un punto de inicio hacia un conjunto de N destinos, lo que resulta en una reducción del número de cables en las troncales de fibra y el uso compartido de los puertos de transmisión óptica (láseres). Los splitters se pueden clasificar tanto según su fabricación como según su distribución de potencia.

Clasificación según la fabricación:

- Splitter FBT (Fused Biconic Taper): Estos splitters se fabrican mediante la fusión y estiramiento de dos fibras ópticas para crear una región cónica que divide la señal en múltiples caminos. Este método de fabricación es sencillo y económico (Longitud de onda: 850 nm, 1310 nm, 1550 nm).
- Splitter PLC (Planar Lightwave Circuit): Estos splitters se fabrican utilizando técnicas de fotolitografía y grabado en silicio para crear una estructura en una guía de ondas plana. Aunque su fabricación es más compleja, ofrecen una mayor uniformidad y menor pérdida de señal (Longitud de onda 1260 nm a 1650 nm).

Clasificación según la distribución de potencia:

- Simétricos o balanceados: Son componentes empleados en redes de fibra óptica que permiten dividir una señal de manera equitativa entre varias salidas. Estos dispositivos garantizan una distribución uniforme de la potencia de la señal y se utilizan en arquitecturas de red que requieren un equilibrio en la división de la señal.

En la Tabla 2.4 se detallan los valores característicos de atenuación para los splitters balanceados [22].

Divisor óptico (splitter)	Atenuación
1:64	20.5 dB
1:32	17.5 dB
1:16	13.8 dB
1:8	10.6 dB
1:4	7.5 dB
1:2	3.8 dB

Tabla 2.4: Atenuación para splitters balanceados.

- **Asimétricos o desbalanceados:** Son componentes empleados en redes de fibra óptica para repartir la señal de forma asimétrica, otorgando una mayor potencia a rutas específicas. Su función es relevante en diversas aplicaciones, como las redes FTTH, donde se necesita una distribución no uniforme de la señal óptica. El divisor asimétrico más habitual presenta una configuración de 1 entrada y 2 salidas (1:2). A diferencia de los divisores equilibrados, este tipo no divide la potencia de manera uniforme en un 50% para cada salida debido a su diseño específico. En cambio, debido a su proceso de manufactura, puede ofrecer una variedad de combinaciones de porcentajes de salida, como por ejemplo 10/90, 15/85, 20/80, 30/70, 40/60, 45/55. Es crucial señalar que la combinación de estos dos números debe siempre totalizar el 100% de la potencia en ambas salidas.

La Tabla 2.5 proporciona los valores típicos de pérdida para los splitters desbalanceados [34].

Razón de acoplamiento	Pérdida P1 (dB)	Pérdida P2 (dB)
1/99	21.6	0.3
2/98	18.7	0.4
5/95	14.6	0.5
10/90	11	0.7
15/85	9.6	1
20/80	7.9	1.4
25/75	6.95	1.7
30/70	6	1.9
35/65	5.35	2.3
40/60	4.7	2.7
45/55	4.15	3.15

Tabla 2.5: Valores típicos de pérdida para splitters desbalanceados.

En la Tabla 2.6 se encuentra un resumen que describe las propiedades principales de los splitters según su tecnología. Es importante destacar que en situaciones donde se requiere distribuir potencias desbalanceadas, se recomienda el uso de splitters PLC (Planar Lightwave Circuit), mientras que para situaciones con potencias balanceadas, la elección óptima son los splitters FBT (Fused Biconical Taper) [35].

Especificaciones	Splitter FBT	Splitter PLC
Entrada/Salida	Una o dos entradas que convergen en una salida con un límite de 32 fibras	Una o dos entradas que convergen en una salida con un límite 64 fibras
Cable entrada/salida	Fibra óptica sin protección exterior, 0.9 mm, 2.0 mm, 3.0 mm	Fibra óptica sin protección exterior, 0.9 mm, 2.0 mm, 3.0 mm
Temperatura	Desde -5 grados Celsius hasta 75 grados Celsius	Desde -40 grados Celsius hasta 85 grados Celsius
Particiones efectuadas	Hasta una subdivisión de 1 entre 8	Hasta una subdivisión de 1 entre 64
Precio	Más económico	Más elevado

Tabla 2.6: Propiedades Splitter FBT - PLC

2.2.2. Normas y directrices tecnológicas GPON

La recomendación ITU-T G.984.x (x= 1, 2, 3, 4, 5, 6) (ITU-T, 2011) es una guía amplia y detallada que no solo brinda fundamentos para el diseño y certificación de topologías GPON, sino que también busca optimizar los recursos, incluyendo componentes pasivos, y propone diseños ideales que minimizan la necesidad de trabajos posteriores a la construcción [22].

Enseguida, se proporciona una recapitulación de los elementos clave abordados por cada recomendación en relación a la tecnología GPON.

- ITU-T G.984.1: Proporciona un análisis exhaustivo de los parámetros de rendimiento que caracterizan una red GPON. Además, detalla los requisitos de seguridad y medidas de protección que deben implementarse durante el proceso de transición de la red.
- ITU-T G.984.2: Precisa los parámetros técnicos clave que caracterizan la Red Óptica de Distribución (ODN), así como en las características del puerto óptico descendente que opera a 2.488 Gbps y del puerto óptico ascendente que opera a 1.244 Gbps. Asimismo, describe la estructura física y la topología de la ODN en la capa física de la red.
- ITU-T G.984.3: Se encuentran especificados los detalles de la capa TC, la arquitectura de multiplexación GTC y la estructura de la pila de protocolos, así como la configuración de la trama GTC, el proceso de registro y activación de la ONU, las especificaciones del DBA, y la monitorización de alarmas y rendimiento.
- ITU-T G.984.4: Se definen los formatos de los mensajes OMCI, se describen las características del dispositivo de gestión de trama OMCI y se explican los principios de funcionamiento de OMCI.
- ITU-T G.984.5: Se establece una gama de bandas espectrales y longitudes de onda sugeridas para la multiplexación de señales en la provisión de nuevos servicios, haciendo uso de la tecnología de Multiplexación por División de Longitud de Onda (WDM, por sus siglas en inglés).

Las tablas 2.7 y 2.8 presentan los valores mínimos y máximos de potencia, así como

la sensibilidad mínima de potencia y la sobrecarga mínima para la OLT y la ONT, en concordancia con las directrices establecidas por la recomendación ITU-T G.984.2 sobre niveles de potencia óptica para la clase C+ y B+ [36].

Característica	Unidad	Monofibra
OLT:		OLT
Potencia promedio mínima inyectada	dBm	3
Potencia promedio máxima inyectada	dBm	7
Penalización óptica en la dirección descendente	dB	1
Índice de Error de Bits		10^{-4}
Sensibilidad mínima	dBm	-32
Carga mínima	dBm	-12
Decadencia óptica en la dirección ascendente	nm	1290-1330
ONU:		ONU
Potencia promedio mínima inyectada	dBm	0.5
Potencia promedio máxima inyectada	dBm	5
Penalización óptica en la dirección ascendente	dB	0.5
Índice de Error de Bits		10^{-4}
Sensibilidad mínima	dBm	-30
Carga mínima	dBm	-8
Decadencia óptica en la dirección ascendente	nm	1290-1330

Tabla 2.7: Niveles de potencia óptica para la clase C+

Característica	Unidad	Monofibra
OLT:		OLT
Potencia promedio mínima inyectada	dBm	1.5
Potencia promedio máxima inyectada	dBm	5
Penalización óptica en la dirección descendente	dB	0.5
Sensibilidad mínima	dBm	-28
Carga mínima	dBm	-8
ONU:		ONU
Potencia promedio mínima inyectada	dBm	0.5
Potencia promedio máxima inyectada	dBm	5
Penalización óptica en la dirección descendente	dB	0.5
Sensibilidad mínima	dBm	-27
Carga mínima	dBm	-8

Tabla 2.8: Niveles de potencia óptica para la clase B+

2.2.3. Fundamentos del desbalance en la distribución de señal

El desbalanceo de señal se refiere a la distribución intencionada de la potencia de la señal de manera no uniforme entre los usuarios de una red PON. A diferencia de una red balanceada, donde cada salida de un splitter recibe la misma fracción de la potencia de entrada, una red desbalanceada ajusta la distribución de potencia según las exigencias específicas de los usuarios o las condiciones de la red. Esto puede incluir proporcionar más potencia a conexiones que cubren mayores distancias o que requieren mayor ancho de banda, asegurando así que todos los usuarios disfruten de un servicio óptimo.

2.2.3.1. Arquitectura balanceada

Son las redes que emplean splitters simétricos, y cuentan con un diseño en el que hay una entrada de energía óptica y dos o varias salidas que presentan potencias proporcionales idénticas. Por ejemplo, el dispositivo de división más elemental puede contar con una entrada y dos salidas (1:2), y debido a su simetría, cada salida representa el 50% de la potencia; en

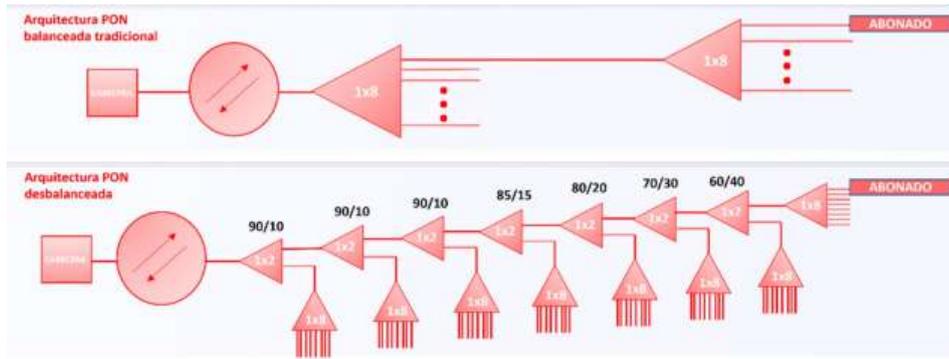


Figura 2.17: Estructura básica de una arquitectura PON balanceada y desbalanceada
Fuente: [30].

el caso de un splitter con una entrada y cuatro salidas (1:4), cada salida tendrá el 25% de la potencia, manteniendo todas las salidas la misma proporción[35]. Este mismo principio se mantiene en cada configuración subsiguiente. Cabe destacar conforme se incrementa el número de salidas, se genera una atenuación mayor y la pérdida permanece constante en todas las salidas del divisor.

Asimismo en una red simétrica, la posibilidad de reutilizar el mismo hilo de la troncal del cable de fibra óptica se ve limitada debido a que, en la instalación de las cajas terminales y los divisores finales, los hilos divididos experimentan una interrupción en su continuidad, tal como se representa en la imagen siguiente :

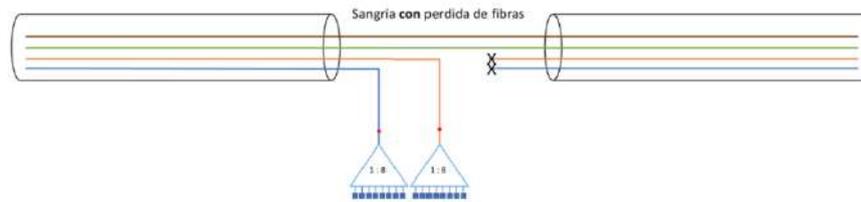


Figura 2.18: Red simétrica Fuente: [35].

2.2.3.2. Arquitectura desbalanceada

En este esquema se emplea la totalidad de la potencia de entrada, distribuyéndola en dos salidas con proporciones de potencia desiguales. La finalidad es minimizar el consumo de potencia en la fibra troncal, lo que permite reutilizar el hilo. Esta estrategia se implementa en el lugar donde se coloca el primer divisor asimétrico, utilizando el menor porcentaje de potencia disponible. Al mismo tiempo, se destina el mayor porcentaje de potencia de salida al divisor en el punto de distribución, donde también podría estar presente un divisor asimétrico o incluso simétrico para la distribución hacia los clientes. Esta arquitectura emplea el concepto de Terminal de Acceso de Fibra (FAT) o Punto de Acceso Terminal (TAP), que implica la recepción de una potencia y la distribución de la señal a un número específico de usuarios mediante el uso de un divisor FBT[35]. A partir de este punto, la señal se dirige a un divisor PLC para su posterior repartición [37]. En la figura 2.19, se puede visualizar lo previamente mencionado.

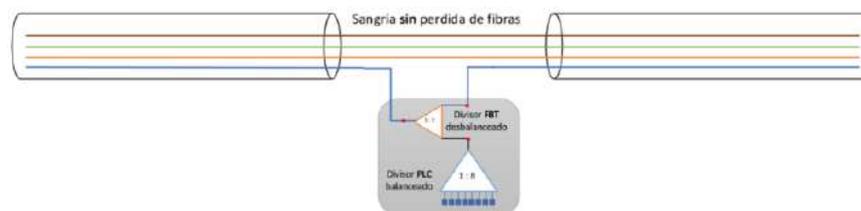


Figura 2.19: Red asimétrica Fuente: [35].

2.2.4. Soluciones Preconectorizadas

Este enfoque se centra en la facilidad de conexión, lo que agiliza el proceso de construcción. Se logra mediante cables preconectorizados de longitudes predeterminadas, que incorporan conectores robustos en ambos extremos. Además, al utilizar divisores desequilibrados, es posible conectar hasta 8 Terminales de Acceso de Fibra (FAT), organizados en cascada, mediante cables de fibra óptica.

2.2.4.1. Fiber Access Terminal (FAT)

Las cajas FAT, también conocidas como TAP (Terminal Access Point) o CTO (Caja Terminal Óptica), son componentes cruciales en las redes de fibra óptica con sistema preconectorizado. Estos dispositivos albergan en su interior splitters de tipo FBT (Fused Biconical Taper) y PLC (Planar Lightwave Circuit). Diseñados y sellados de fábrica, permiten una adaptación eficaz a las necesidades específicas de distribución y conectividad en diversos entornos. Su diseño hermético garantiza la integridad y protección de los componentes internos frente a factores ambientales externos, asegurando un rendimiento óptimo y prolongado. Se clasifican en dos categorías principales según la configuración de los splitters internos: balanceadas y desbalanceadas. Las cajas FAT desbalanceadas cuentan con una configuración híbrida de splitters; típicamente, se utiliza un splitter desbalanceado de 1x2 para adaptar la distribución de potencia según las necesidades específicas del circuito, y se complementa con splitters balanceados de mayores capacidades como 1x8, 1x16 o 1x32, optimizando así la gestión de la señal en múltiples ramificaciones. En contraste, las cajas FAT balanceadas emplean exclusivamente splitters balanceados, disponibles en configuraciones como 1x8, 1x16 o hasta 1x32, asegurando una distribución uniforme de la señal y una eficiencia óptima en su entrega a los usuarios.

2.2.4.2. Principales beneficios de las redes de fibra óptica preconectorizadas

- La implementación del sistema es rápida y eficiente en términos de tiempo y esfuerzo. La instalación se lleva a cabo de manera ágil y sencilla, lo que resulta en un despliegue rápido y sin complicaciones.
- Mejora la fiabilidad y estabilidad de la red (reduce la cantidad de solicitudes de asistencia técnica).
- No necesita trabajadores altamente capacitados (el personal puede aprender rápidamente).
- El mantenimiento de la red es fácil de realizar y rápido de completar.
- Mediante la minimización de la cantidad de empalmes requeridos durante la implementación de la red, se logra una disminución significativa en la probabilidad de fallas en las conexiones. Este enfoque también conlleva una reducción en el costo total de establecer la infraestructura, ya que implica menos gastos asociados con los materiales, la mano de obra y el tiempo necesario para llevar a cabo empalmes y ajustes en la red.
- Menor costo de los elementos de sujeción y complementos para los cables en la red de distribución.

2.2.5. Configuración de red desbalanceada con soluciones preconectorizadas

La solución preconectorizada desbalanceada presenta un enfoque innovador en el despliegue de redes, centrándose en simplificar la conexión desde el Hub Box o Caja de Distribución en adelante. Esto facilita una distribución eficiente de la red de manera rentable y segura. Además, el empleo de esta tecnología conlleva a una reducción de los gastos asociados a la ampliación de la red. El origen de este escenario se encuentra en la posibilidad de dividir la fibra en múltiples puntos una vez que sale de la Central de Operaciones, lo que reduce las fallas técnicas y conduce a que el trabajo manual sea más asequible.

La configuración estructural de la red desbalanceada, en contraste con la configuración estructural de red balanceada, se caracteriza por no emplear divisores de señal de primer nivel. En su lugar, se implementa un contenedor para repartir conexiones (Hub Box) desde la cual se generan ramificaciones de red de distribución de uno a dos hilos de fibra óptica. Estas ramificaciones tienen la responsabilidad de suministrar una cadena de cajas FAT.

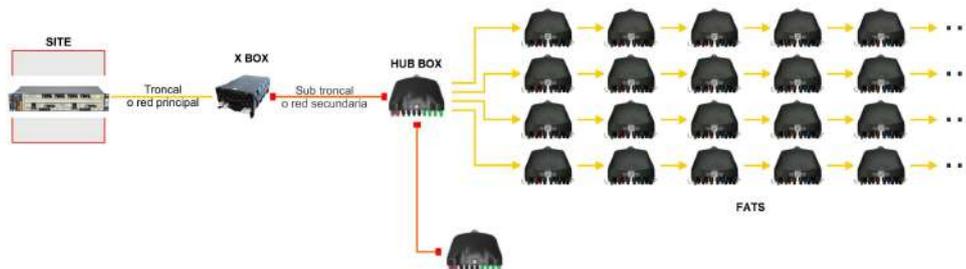


Figura 2.20: Diagrama de distribución FTTH preconectorizado desbalanceado.
Fuente: Elaboración propia.

El cuadro comparativo que se presenta a continuación ofrece una visión detallada de las propiedades, ventajas y desventajas de las redes balanceadas tradicionales con fusiones frente a las redes desbalanceadas preconectorizadas.

Característica	Redes Balanceadas Tradicionales con Fusiones	Redes Desbalanceadas Preconectorizadas
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Distribución uniforme de la señal. - Adecuado para áreas con distancias similares entre usuarios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Instalación rápida y reducción de errores. - Ideal para áreas con variaciones significativas en distancias y requisitos de ancho de banda. - Simplifica la logística y reduce el inventario de componentes.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor tiempo y habilidad técnica requeridos para la instalación. - Menos flexibilidad para adaptarse a necesidades futuras. 	<ul style="list-style-type: none"> - Puede requerir una inversión inicial más alta. - Menos personalización en el sitio durante la instalación.
Tiempo de Implementación	<ul style="list-style-type: none"> - Más largo debido a la necesidad de fusiones en el campo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reducido significativamente gracias a componentes preconectorizados.
Flexibilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Limitada, ya que ajustes o expansiones requieren nuevas fusiones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor, con la posibilidad de ajustar o expandir la red más fácilmente con componentes adicionales.
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> - Alta, con conexiones fusionadas que ofrecen menos puntos de fallo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Comparativamente alta, aunque depende de la calidad de los componentes preconectorizados.
Activación de Servicio	<ul style="list-style-type: none"> - Más lenta, cada conexión requiere trabajo manual específico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Rápida, los servicios pueden activarse inmediatamente después de la instalación física.
Simplicidad en el Despliegue	<ul style="list-style-type: none"> - Complejidad técnica elevada, requiere personal altamente capacitado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Simplificada, con menos necesidad de personal especializado en el sitio.

Tabla 2.9: Configuraciones tradicionales vs. desbalanceadas.

La adopción de una red desbalanceada preconectorizada para el distrito de Huayllabamba se justifica ampliamente por múltiples factores técnicos y operativos. En primer lugar, la naturaleza preconectorizada de esta red facilita una implementación notablemente acelerada y eficaz. Esta característica es de vital importancia en zonas como Huayllabamba, donde la rápida provisión de servicios de telecomunicaciones puede ser determinante para el crecimiento y desarrollo regional. La agilidad en la instalación no solo minimiza los tiempos muertos, sino que también permite una respuesta más dinámica a las necesidades emergentes de conectividad.

La capacidad de esta red para ajustarse a diversas condiciones geográficas y poblacionales del distrito representa un avance significativo en la ingeniería. La topografía y demografía variadas de Huayllabamba plantean desafíos únicos que las redes tradicionales podrían no abordar de manera eficiente. La estructura desbalanceada optimiza la distribución de la señal, garantizando que cada usuario, sin importar su ubicación geográfica, tenga acceso a una conexión de calidad superior. Este enfoque inclusivo y adaptativo es esencial para superar las barreras físicas y socioeconómicas al acceso digital.

Además **la simplificación en el proceso de despliegue**, inherente a las soluciones preconectorizadas, minimiza la necesidad de personal especializado en el sitio. Esta característica es especialmente beneficiosa en áreas donde el acceso a técnicos altamente cualificados puede ser limitado o costoso. Al reducir la dependencia de habilidades especializadas para la instalación y mantenimiento, se logra una mayor eficiencia en costos y se simplifica la administración de la red a largo plazo..

Por último, **la capacidad para activar servicios** de manera casi inmediata tras la instalación física es un factor crítico que alinea la infraestructura de telecomunicaciones con las expectativas actuales de los usuarios y las demandas del mercado. En el contexto de Huayllabamba, esto significa que tanto residentes como empresas pueden beneficiarse rápidamente de las posibilidades que brinda el acceso a internet de alta velocidad, contribuyendo así al desarrollo socioeconómico del distrito.

En resumen, desde una óptica de ingeniería, la elección de una red desbalanceada preconectorizada es una estrategia prudente y visionaria que coloca a Huayllabamba en una posición favorable para el futuro, asegurando que su infraestructura de telecomunicaciones sea robusta, flexible y capaz de cumplir las necesidades de sus habitantes y del entorno económico en constante evolución.

2.3. Análisis económico

2.3.1. Valor Actual Neto (VAN)

Este concepto abarca los beneficios netos que un proyecto produce durante un período estimado después de haber recobrado la inversión inicial. La generación de este elemento financiero en el largo plazo implica la agregación de los flujos de efectivo netos proyectados, los cuales han sido ajustados mediante una reducción basada en una tasa de interés específica[38], tal como se evidencia en la siguiente ecuación.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FNE}{(1+i)^t} \quad (2.9)$$

Donde:

VAN : Valor actual neto.

I_0 : Es la cantidad inicial invertida en el proyecto.

t : Representa cada periodo de tiempo, generalmente años.

FNE : Indica el flujo neto de efectivo durante el periodo.

i : Es la tasa de interés anual.

Se presentan tres escenarios de análisis del Valor Actual Neto (VAN), los cuales establecen la evaluación financiera del proyecto:

- VAN >0: Proyecto rentable. Destaca que los ingresos ajustados por descuento producidos por el proyecto sobrepasan la inversión inicial. Esto indica que el proyecto es capaz de no solo reembolsar el desembolso inicial y los costos de oportunidad asociados al capital, sino que también genera una rentabilidad adicional. En términos prácticos, invertir en proyectos con un VAN positivo aumenta el valor de la empresa y se considera una decisión financiera sólida.
- VAN <0: Proyecto no rentable. Señala que los ingresos futuros, tras su ajuste al valor actual, no logran satisfacer el desembolso inicial requerido por la inversión. En este

caso, el proyecto no retorna el valor esperado y conlleva a una pérdida para la empresa o inversor. Los proyectos con un VAN negativo son generalmente rechazados, ya que implican una disminución en el valor de la entidad que los realiza.

- VAN = 0: Sin ganancias ni pérdidas. El proyecto está en el umbral de rentabilidad, lo que significa que los flujos de efectivo descontados son justo suficientes para recuperar la inversión inicial, pero no proporcionan ganancias reales más allá de este punto. Aunque el proyecto no genera valor adicional, recuperar la inversión inicial puede considerarse como una recuperación total del desembolso sin ganancias adicionales. La decisión de seguir adelante con proyectos que tienen un VAN de cero puede depender de factores como objetivos estratégicos, beneficios no financieros o consideraciones sociales que no se reflejan directamente en el análisis de VAN.

2.3.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es un criterio financiero empleado para determinar la rentabilidad de potenciales inversiones, identificando el porcentaje de interés en el cual el Valor Actual Neto (VAN) de todos los flujos de caja se anula. Este indicador es esencial para analizar la efectividad de una inversión, ofreciendo una perspectiva del retorno esperado independiente de las tasas de interés del mercado, como se expone en la siguiente ecuación.

$$O = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FNE}{(1 + TIR)^t} \quad (2.10)$$

Donde:

I_0 : Es la cantidad inicial invertida en el proyecto.

n : Representa la cantidad total de intervalos de tiempo considerados.

FNE : Indica el balance neto de efectivo durante el periodo t .

t : Representa cada periodo de tiempo, generalmente años.

TIR : Es la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero.

Para la Tasa Interna de Retorno (TIR), también existen tres escenarios de interpretación, que señala el potencial de ganancia económica del proyecto[38]:

- Si la tasa de interés es menor que la TIR, es recomendable invertir en el proyecto. Indica que el proyecto propuesto es financieramente viable, prometiendo un retorno sobre la inversión por encima de los costos financieros. Esto sugiere que el proyecto no solo cumple con los requisitos mínimos de retorno sino que ofrece un margen de ganancia adicional, haciendo de la inversión una opción atractiva y beneficiosa.
- Si la tasa de interés es mayor que la TIR, la inversión resultará en pérdidas. El proyecto de inversión no logra generar un retorno que justifique el desembolso inicial y el costo asociado al capital. Esto implica que el proyecto es económicamente inviable, puesto que los rendimientos esperados no satisfacen el umbral de rentabilidad requerido para compensar el riesgo o el costo de oportunidad de la inversión. Bajo estas circunstancias, se aconseja declinar la inversión para evitar reducciones en el valor financiero del inversor o de la entidad.
- Si la tasa de interés es igual a la TIR, la inversión no generará ni ganancias ni pérdidas. El proyecto se encuentra en un punto de equilibrio financiero, donde los retornos proyectados son precisamente suficientes para cubrir la inversión inicial y el costo del capital. Bajo esta condición, el proyecto no produce beneficios económicos adicionales, pero tampoco incurre en pérdidas. La decisión de proseguir con una inversión en estas circunstancias podría basarse en factores no cuantitativos, como ventajas competitivas,

impacto social o consideraciones ambientales que el proyecto pueda ofrecer.

Capítulo 3

Diseño de la red FTTH

Este capítulo comienza analizando la evolución del acceso a servicios de telecomunicaciones en Perú, con énfasis en Huayllabamba, para diagnosticar su situación actual. Luego, detalla las primeras tres fases de la metodología Top-Down para el diseño de la red de fibra óptica. El proceso inicia con la evaluación de los requisitos de la red FTTH, identificando todas las exigencias y restricciones, lo que facilita la elaboración de un diseño que cumpla con dichos requisitos, tanto lógico como físico.

3.1. Evaluación del acceso a servicios de telecomunicaciones en Perú

3.1.1. Situación de la conectividad a internet en América

De acuerdo con el informe de la Liga Mundial de Velocidades de Banda Ancha del año 2023 (Worldwide Broadband Speed League), Perú registró una velocidad promedio de internet fijo de 79 Mbps. Este resultado coloca al país por detrás de Uruguay y Brasil, que presentaron velocidades promedio de 113.5 Mbps y 106.7 Mbps, respectivamente. En contraste, Chile lidera el ranking en América Latina, alcanzando una velocidad promedio de 222.5 Mbps. En el contexto del internet móvil, Perú registra una velocidad media de 18

Mbps, quedando por debajo en contraste con otras naciones de la zona, como como Uruguay, Brasil, Chile, Argentina y Ecuador, que ostentan velocidades de 36,3 Mbps, 41,0 Mbps, 29,3 Mbps, 24,3 Mbps y 22,4 Mbps respectivamente, tal como se refleja en la figura 3.1. A su vez, supera a Paraguay, Bolivia, Colombia y Venezuela, con velocidades de 16,8 Mbps, 8,1 Mbps, 12,2 Mbps y 6,9 Mbps, respectivamente [39].

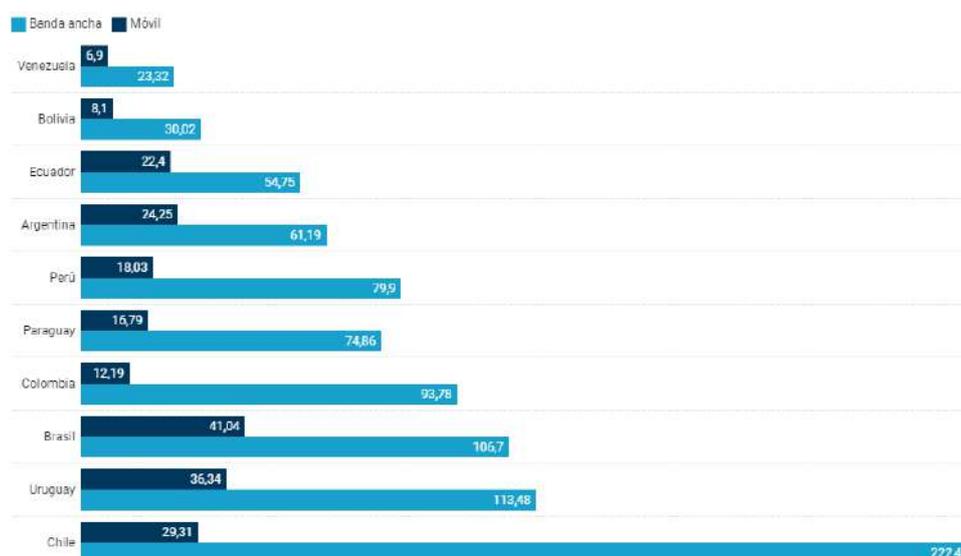


Figura 3.1: Velocidades de banda ancha fija y móvil en América Latina.
Fuente: [39].

3.1.2. Distribución del acceso a internet en hogares peruanos por área geográfica

La cobertura de internet en Perú continúa expandiéndose. Para finales de 2022, el 90.4% de los domicilios en el país, equivalente a 9 de cada 10 hogares, contaban con acceso a internet, ya fuera a través de conexiones fijas o móviles, de acuerdo con la Encuesta Residencial de Servicios de Telecomunicaciones (ERESTEL) realizada por el Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL). Este porcentaje refleja un crecimiento de 2.7 puntos porcentuales respecto al año anterior (87.7%). Como resultado, 9,221,837 hogares en Perú disfrutaban de conexión a internet para el año 2022 [40].



Figura 3.2: Crecimiento porcentual de hogares con acceso a internet en Perú.
Fuente: [40].

Desde una perspectiva geográfica, la expansión más significativa en el acceso a internet en hogares se observó en zonas rurales, aumentando del 68.7% al 76.6% entre 2021 y 2022. En áreas urbanas adicionales y en Lima Metropolitana, se experimentó igualmente un crecimiento, alcanzando el 91.4% y el 96.5% respectivamente, frente a los porcentajes del año anterior que fueron del 89.6% y el 95.0% en dichas localizaciones [4].



Figura 3.3: Variación porcentual en la conectividad a internet en hogares según su ubicación geográfica en Perú. Fuente: [4].

3.1.3. Acceso a internet en hogares peruanos según estrato socioeconómico

Según la última encuesta Erestel 2022, se evidenció un incremento sobresaliente en la conectividad a internet en el sector socioeconómico C, escalando del 94.5% al 97.7% de un año a otro. Para los sectores D y E, la conexión a servicios de internet ya sea fijos o móviles, ascendió al 84.6%, marcando una mejora desde el 81.5% observado anteriormente. Por su parte, el acceso en el segmento AB permaneció elevado, conservándose por encima del 99% [40].

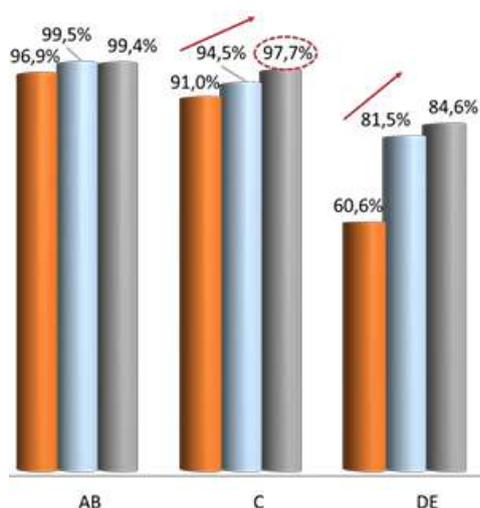


Figura 3.4: Variación porcentual en la conectividad a internet en hogares según su nivel socioeconómico en Perú. Fuente: [40].

3.1.4. Análisis de las conexiones de internet fijo en Perú

El deseo por una mejor conectividad en Perú mantiene su tendencia ascendente. Para el primer semestre del año, se registraron 3,362,558 conexiones de internet fijo, un dato suministrado por las compañías de telecomunicaciones que refleja un crecimiento anual del 5.1%, según cifras del Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL). Este aumento resalta cuán esencial se ha vuelto el acceso a internet fijo en la vida diaria de los peruanos. La plataforma PUNKU revela que, durante el último año, hubo un incremento de más de 163,000 en las conexiones de internet fijo, con el total a junio de 2023 superando ampliamente el doble de las conexiones existentes hace una década en todo el país. Para el primer trimestre de 2023, la densidad del servicio de internet fijo en el ámbito nacional experimentó un aumento, alcanzando los 9.4 suscriptores por cada 100 habitantes [41].

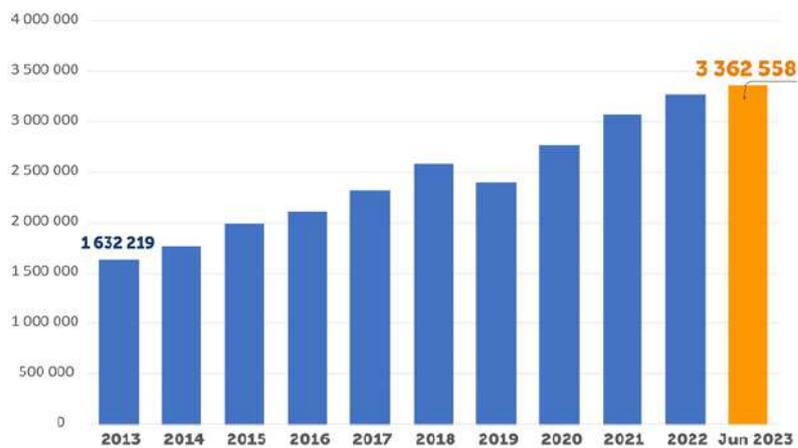


Figura 3.5: Progreso de la conectividad de internet fijo en Perú

Fuente: [42].

3.1.4.1. La fibra óptica como impulsora del avance del internet fijo en el ámbito nacional

El avance significativo en las conexiones de internet fijo hasta junio de 2023 ha sido principalmente fomentado por el notable aumento en el uso de la fibra óptica, que ha experimentado un crecimiento del 76.6% durante el último año. Este auge se atribuye a la transición tecnológica adoptada por las empresas de telecomunicaciones establecidas, y más aún, por la adopción exclusiva de esta tecnología por parte de los nuevos actores en el mercado. En contraste, la tecnología HFC (Hybrid Fiber Coaxial), asociada al cable módem, ha experimentado una reducción tanto en su volumen como en su participación en el mercado, situándose en un 46.62%. Con una diferencia mínima, la fibra óptica ha logrado sobrepasar a la tecnología HFC, posicionándose como la principal tecnología de acceso a internet fijo con una participación del 46.63%. El empleo de la tecnología xDSL, que utiliza las líneas telefónicas para transmitir datos, junto con la tecnología inalámbrica Wimax, disminuyó hasta representar solo el 1.68% y el 0.01% de la cuota de mercado, respectivamente, para junio de 2023. Además, otras tecnologías combinadas constituyen el 5.06% del mercado [42].

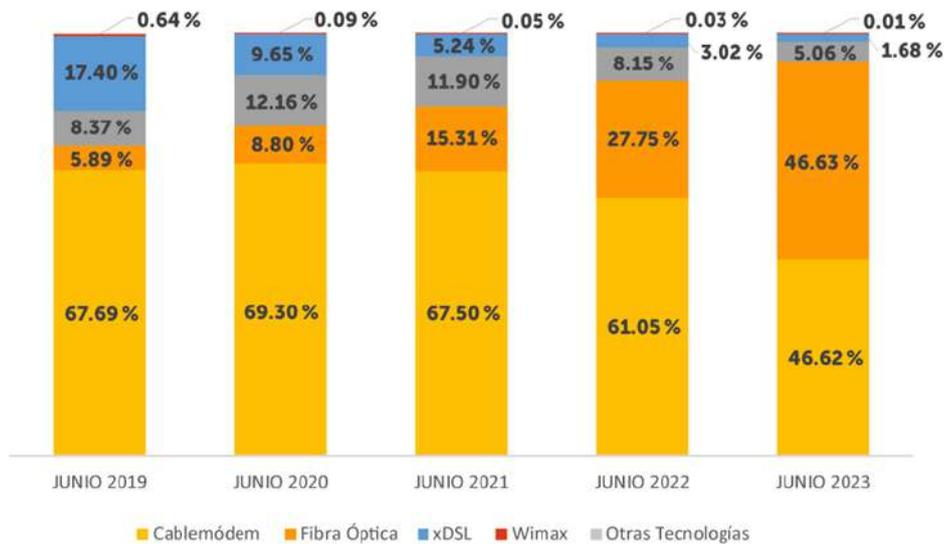


Figura 3.6: Dinámica de participación de las tecnologías de conexión a internet. Fuente: [42].

3.1.4.2. Evaluación de las tasas de descarga

El aumento en la demanda por conexiones de internet fijo de alta velocidad es evidente en Perú. Para mediados de 2023, se ha visto un marcado interés por velocidades de descarga superiores a 100 Mbps, reflejado en que, en el transcurso de un año, la cantidad de conexiones de este tipo se ha incrementado significativamente. Este crecimiento representa un ascenso de 15.22 puntos porcentuales en la cuota dentro del total de conexiones de internet fijo, llegando a constituir el 25.94% de todas las conexiones [42].

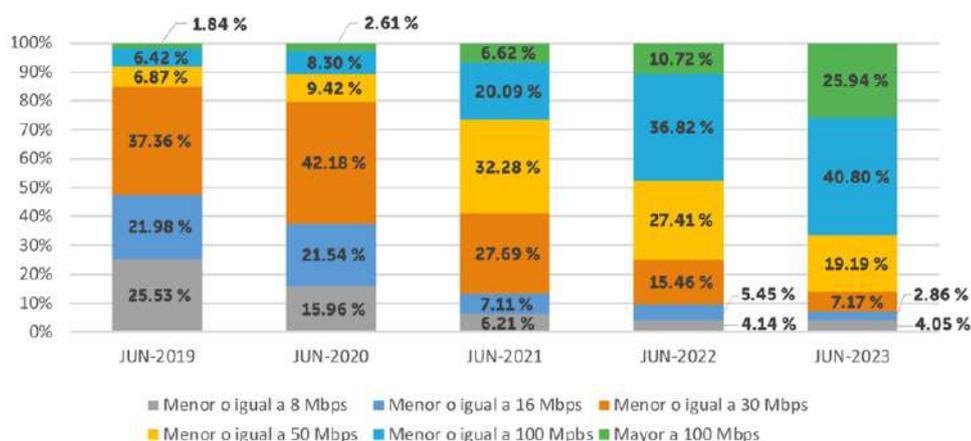


Figura 3.7: Clasificación de conexiones de internet fijo por velocidades de descarga. Fuente: [42].

3.1.5. Análisis socioeconómico del distrito de Huayllabamba

3.1.5.1. Ubicación geográfica

El Distrito de Huayllabamba es uno de los siete distritos integrantes de la Provincia de Urubamba y constituye un núcleo de gran relevancia dentro de la región. Tiene una población promedio de cinco mil habitantes [43].

Situado en el Valle Sagrado de los Incas, este lugar se encuentra entre las coordenadas 13° 15' 50.24" y 13° 21' 24.62" de latitud sur, y entre 72° 2' 57.43" y 72° 6' 35.38" de longitud oeste. Está ubicado a una altura de 2868 metros sobre el nivel del mar y abarca un área total de 102.47 kilómetros cuadrados[44].

El territorio está delimitado al norte por el Distrito de Yucay, al sur por el Distrito de Chin-

chero, al este por la Provincia de Calca, y al oeste por los Distritos de Maras y Urubamba. Se encuentra a una distancia media de unos 15 kilómetros de la capital de la Provincia.

En el distrito se encuentran dos Centros Poblados, Huayocari y Huycho, que desempeñan un papel importante en la vida comunitaria. Asimismo, existen tres Comunidades Campesinas, a saber, Urquillos, Racchi Aylo y Pacca Huaynacolcca, las cuales conservan tradiciones y modos de vida propios. Además, el distrito cuenta con cuatro sectores comunales que son Huandar, Paccacachu, Sauso y Chimparacchi, donde se desarrollan actividades socioeconómicas de importancia para la zona[44].

En años recientes, se han establecido nuevas agrupaciones dedicadas a la vivienda que han surgido como respuesta al crecimiento demográfico y a las necesidades de la comunidad. Entre estas asociaciones se destacan la APV San Juan Bautista, Juan Velasco Alvarado y Virgen de Lourdes, las cuales han contribuido al desarrollo y expansión del distrito.

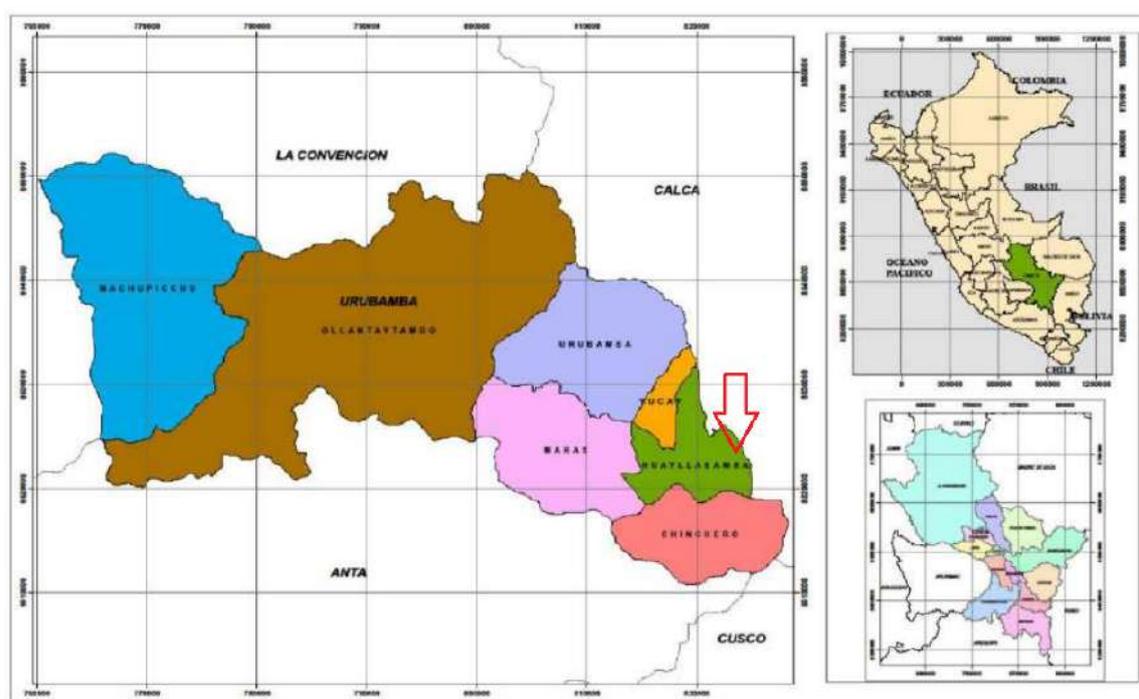


Figura 3.8: Plano de Macrolocalización del Distrito de Huayllabamba
Fuente: [45].

3.1.5.2. Actividad turística

En el ámbito turístico, el distrito de Huayllabamba se distingue por contar con valiosos restos arqueológicos en Urquillos, destacando sus terrazas agrícolas datadas en la época incaica. La región también ofrece atractivos paisajísticos en Huayocari, con una rica diversidad de flora y fauna autóctona, junto a las encantadoras lagunas de Yanacocha y Quellococha, y sitios con arte rupestre como Yanacocha. Este entorno se complementa con otros puntos de interés como Huayocari, Machu Qollqa y Huaynaccolca, además del histórico Camino Inca-Kapaccñan. Para los aficionados a los deportes de aventura, se ofrece parapente en Racchi Ayllu y ciclismo de montaña. Respecto a las celebraciones culturales, se resaltan la fiesta de San Juan de Dios el 8 de marzo y la conmemoración a la Virgen de la Natividad el 8 de septiembre, junto con otras festividades patronales que animan las comunidades en variadas fechas a lo largo del año [46].



Figura 3.9: Camino Inca-Kapaccñan
Fuente: [46].

3.1.5.3. Información socioeconómica de la zona

Respecto a la clasificación socioeconómica en Huayllabamba, un 76% de la población se agrupa en los niveles D y E, según un análisis realizado por la Asociación Peruana de Empresas de Investigación de Mercados (APEIM) en 2021. Dentro de esta distribución, los sectores C y D representan el mayor porcentaje con un 37%, mientras que el sector B, con el menor porcentaje, abarca solo el 3% de la población [47]. Actualmente, el desembolso medio en servicios de comunicaciones para el NSE C alcanza los 209 soles, mientras que para el NSE D, se sitúa en 91 soles, según se detalla en la figura 3.10.

Promedios	TOTAL	NSE AB	NSE C	NSE C1	NSE C2	NSE D	NSE E
GRUPO 1 Alimentos dentro del hogar	S/925	S/1,501	S/1,167	S/1,221	S/1,099	S/886	S/596
GRUPO 2 Bebidas alcohólicas y estupefacientes	S/3	S/16	S/3	S/3	S/2	S/2	S/1
GRUPO 3 Vestido y calzado	S/95	S/192	S/114	S/122	S/103	S/79	S/65
GRUPO 4 Alojamiento, agua, electricidad, gas y otros combustibles	S/267	S/647	S/370	S/407	S/323	S/229	S/105
GRUPO 5 Muebles, enseres y mantenimiento de la vivienda	S/124	S/335	S/130	S/141	S/116	S/94	S/81
GRUPO 6 Salud	S/149	S/362	S/199	S/218	S/174	S/126	S/65
GRUPO 7 Transporte	S/68	S/230	S/60	S/70	S/48	S/44	S/45
GRUPO 8 Comunicaciones	S/146	S/462	S/209	S/247	S/161	S/91	S/46
GRUPO 9 Recreación y cultura, otros bienes y servicios	S/45	S/137	S/54	S/62	S/45	S/31	S/22
GRUPO 10 Educación	S/90	S/394	S/123	S/150	S/89	S/42	S/13
GRUPO 11 Restaurantes y hoteles, alimentos fuera del hogar	S/26	S/69	S/35	S/37	S/33	S/23	S/9
GRUPO 12 Bienes y servicios diversos, cuidado personal	S/112	S/237	S/138	S/150	S/123	S/96	S/67
Promedio del gasto familiar mensual	S/2,051	S/4,592	S/2,602	S/2,828	S/2,315	S/1,743	S/1,115
Promedio del ingreso familiar mensual	S/2,563	S/6,818	S/3,184	S/3,553	S/2,717	S/2,038	S/1,242

Figura 3.10: Ingresos y egresos por nivel socioeconómico en 2021.

Fuente: [47].

3.1.5.4. Análisis de la población

En la actualidad, el distrito tiene una población cercana a los 5,326 residentes, de los cuales el 74% reside en áreas rurales y el 26% en zonas urbanas [44]. La densidad poblacional del distrito es de 58.3 personas por kilómetro cuadrado. Para un análisis detallado de cómo se distribuyen los habitantes según su edad en el sector correspondiente al distrito, es útil revisar la tabla 3.1, que presenta información crucial sobre la estructura demográfica, fundamentales para comprender las necesidades y el comportamiento de la población local [45].

	Número de personas	Número de personas (%)
Menores de un año	87	1.63
De 1 a 4 años	397	7.45
De 5 a 9 años	455	8.54
De 10 a 14 años	480	9.01
De 15 a 19 años	448	8.41
De 20 a 24 años	443	8.32
De 25 a 29 años	455	8.54
De 30 a 34 años	399	7.49
De 35 a 39 años	378	7.1
De 40 a 44 años	346	6.5
De 45 a 49 años	331	6.21
De 50 a 54 años	299	5.61
De 55 a 59 años	234	4.39
De 60 a 64 años	173	3.25
De 65 y más años	574	10.78
De 98 y más años	2	0.04

Tabla 3.1: Población registrada por edad en el distrito de Huayllabamba.

3.1.5.5. Análisis de la economía

El potencial comercial del distrito de Huayllabamba subraya un punto crucial en la trayectoria económica de Huayllabamba, evidenciando un crecimiento sostenido que perdura hasta hoy. Los mercados de Cusco y Juliaca se destacan como ejes fundamentales para la distribución de productos agropecuarios procedentes de Huayllabamba, un distrito que se beneficia enormemente de su geografía privilegiada, con suelos fértiles y un clima ideal que favorece la agricultura. Este dinamismo comercial se extiende a través de una amplia gama de productos, desde el maíz blanco hasta una diversidad de hortalizas, frutas, flores y lácteos, que no solo satisfacen la demanda local en mercados como Sicuani, Espinar y Quillabamba, sino que también alcanzan mercados más lejanos como Juliaca, Puno, Arequipa, Lima e incluso internacionales, particularmente con productos especializados como el maíz amiláceo en Asia y Europa. La capacidad de Huayllabamba para producir cultivos de alta calidad, como el

Maíz Blanco Gigante Cusco, con rendimientos que rondan los 6500 kg por hectárea, subraya el potencial agrícola del distrito. Los datos del INEI y la Oficina de Información Agraria-DRAC del año 2015 refuerzan esta perspectiva, mostrando que la provincia de Urubamba, con Huayllabamba como actor clave, aportó el 18.76% al valor bruto de la producción agrícola regional, lo que equivale a 120,571,345.00 soles [48].

Este dato es un indicador del vigor económico continuo de Huayllabamba, destacando su rol indispensable en el tejido productivo regional. Tal aportación económica señala la importancia de mantener y ampliar estas dinámicas de mercado, asegurando que Huayllabamba siga siendo un pilar en el crecimiento agrícola y económico de la región, aprovechando sus ventajas naturales para sustentar y expandir su desarrollo económico en el futuro.

Participación Laboral

La Población Económicamente Activa (PEA), compuesta por 3,446 individuos, refleja aquellos que están empleados o en búsqueda activa de empleo. Este grupo constituye cerca del 75.7% del universo estudiado, que asciende a 4,550 personas, evidenciando una significativa participación en el mercado laboral. Este fenómeno es interpretado como un signo alentador de dinamismo económico, dado que una PEA amplia implica una mayor disponibilidad de oportunidades laborales y, por ende, el potencial para un entorno económico más vigoroso. La Población Económicamente Inactiva (PEI) suma un total de 1,103 individuos, equivalente al 24.3% de la población analizada. Este segmento comprende a aquellos que no están activamente buscando trabajo, incluidos estudiantes, personas jubiladas o aquellos que no pueden trabajar por motivos de salud o discapacidad. Un porcentaje reducido de PEI frente a la Población Económicamente Activa (PEA) se considera un indicador favorable, ya que sugiere que una proporción más grande de la comunidad está activamente participando en la economía, ya sea mediante el empleo o la búsqueda de oportunidades laborales [45] y [49].

Implicaciones para el Desarrollo Económico

Este análisis revela que Huayllabamba posee una notable capacidad económica, evidenciada por su elevada tasa de actividad laboral. Para maximizar este potencial, resulta crucial la implementación de estrategias orientadas a promover la generación de empleo, el fortalecimiento de competencias y la ampliación de oportunidades educativas. Además, la inversión en infraestructuras clave, como la red FTTH propuesta, es esencial para mejorar la conectivi-

dad, facilitar el acceso a mercados y promover la digitalización empresarial, lo que a su vez impulsaría el progreso económico sostenido del distrito.

En conclusión, Huayllabamba se caracteriza por una dinámica económica robusta, con una amplia participación de la población en actividades económicas. La focalización en el desarrollo de infraestructuras y en la formación profesional puede acelerar significativamente su desarrollo económico.

3.2. Identificación y evaluación de requerimientos

3.2.1. Datos del área de estudio

Para el desarrollo de esta tesis, se ha seleccionado “Huayllabamba, capital”, como objeto de estudio. A continuación, se expone una serie de aspectos cruciales que fundamentan el análisis y el diseño de una red FTTH dentro de este entorno específico. Asimismo, para realizar un análisis y diseño exhaustivos, se tomó en cuenta el mapa de referencia proporcionado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), que representa al distrito de Huayllabamba destacando sus zonas principales. Esta segmentación se fundamenta en factores tales como la densidad de población, las diferencias socioeconómicas, las particularidades geográficas y la disposición de la infraestructura y los servicios.

La figura 3.11 muestra cómo se ha dividido el distrito en estas áreas clave.

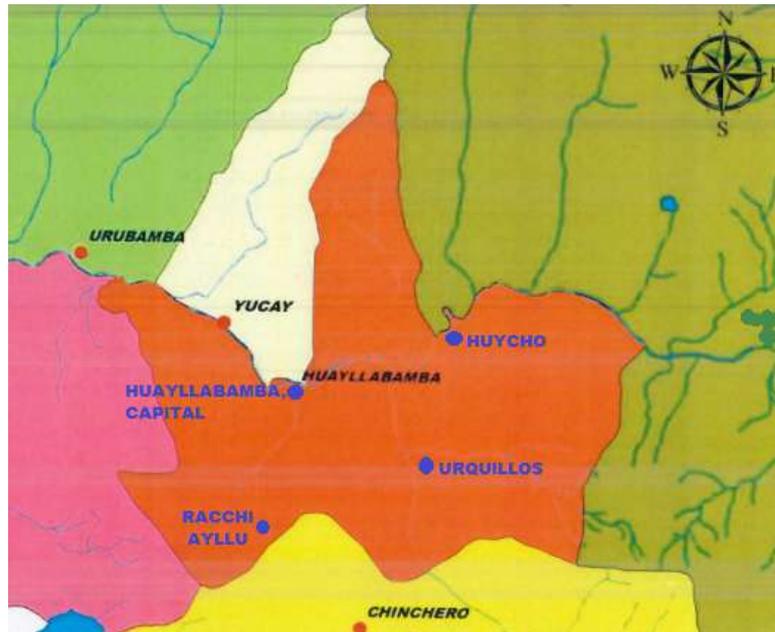


Figura 3.11: Zonas principales del distrito de Huayllabamba. Fuente: [45].

A continuación, se expone una serie de aspectos cruciales que fundamentan el análisis y el diseño de una red FTTH dentro de este entorno específico.

3.2.1.1. Identificación y Características del Ámbito de Estudio

El sector escogido para el desarrollo de la red de diseño abarca las viviendas ubicadas en el núcleo urbano central del distrito, caracterizado por su composición residencial predominantemente unifamiliar, con una extensión reducida de terrenos destinados a actividades agrícolas.

La Figura 3.12 ilustra ejemplos de algunas de las viviendas presentes en la zona.



Figura 3.12: Viviendas unifamiliares. Fuente: Elaboración propia.

3.2.1.2. Análisis de cobertura Residencial para la Red FTTH

Para determinar el número de viviendas que se incluirían en el diseño de la red, se tomó en cuenta una serie de consideraciones clave. Inicialmente, se analizó el índice de penetración de internet fijo en zonas urbanas, el cual se sitúa en el 41.7% [42]. Este dato es crucial, pues refleja la disposición y la capacidad existente para la adopción de tecnologías de banda ancha fija en el área urbana del distrito.

Además, se tuvo en cuenta la característica predominante de las viviendas en el distrito, identificadas como unifamiliares. Esto implica que cada unidad habitacional representa un único hogar, lo cual es esencial para precisar la demanda de conexión a la red [50]. La consideración de que el 26% de la población total del distrito, que asciende a 5326 personas, reside en zonas urbanas, nos lleva a una cifra de 1385 habitantes urbanos. Al dividir esta población entre el número total de 2171 viviendas en el distrito, se obtiene un promedio de aproximadamente 2.45 personas por vivienda, lo cual, para fines prácticos de este estudio, se redondeó a 3 personas por vivienda. Este cálculo nos permitió estimar que existen alrededor de 461 viviendas en la capital del distrito.

Posteriormente, aplicando el mencionado índice de penetración de 41.7% a las 461 viviendas, se determinó que el diseño de la red FTTH debería enfocarse en satisfacer las necesidades de conexión de 192 viviendas.

Este procedimiento no solo se sustenta en la rigurosidad de los análisis técnicos y estadísticos empleados, sino que también refleja una estrategia coherente con las necesidades reales de conectividad de la población urbana del distrito, asegurando que el proyecto de la red FTTH sea pertinente, viable y estratégicamente alineado con el objetivo de mejorar significativamente la accesibilidad a servicios de internet de alta velocidad.

3.2.2. Especificaciones de velocidad de transmisión y servicios ofrecidos

Considerando el informe “Formas de Uso de Internet según Tipo de Conexión, 2018-2022” publicado por OSIPTEL, se ha observado un crecimiento significativo en el uso de internet en las conexiones fijas, particularmente en lo que respecta al streaming [5]. Con el objetivo de satisfacer esta tendencia creciente, se propone ofrecer a los usuarios un servicio de conexión a Internet que soporte un amplio rango de actividades digitales. Desde las tareas más elementales como la navegación web y la gestión de correo electrónico, para las cuales se consideran adecuadas velocidades de entre 1 y 10 Mbps, hasta el consumo de contenido en streaming de vídeo, series y películas en plataformas como YouTube, HBO Max o Netflix. Para estos servicios de streaming, se proyectan velocidades de 3 Mbps para contenidos en calidad SD, 5 Mbps para aquellos en calidad HD, y hasta 25 Mbps para los contenidos en Ultra HD-4k, asegurando así una experiencia de usuario óptima. En cuanto a la utilización de redes sociales, se ha determinado que una velocidad de subida de 1 Mbps resulta suficiente para la publicación de imágenes, mientras que para la inclusión de vídeos se requiere una velocidad asimétrica de al menos 5 Mbps. Esto garantiza una interacción fluida y eficiente en estas plataformas. Para las comunicaciones a través de plataformas VoIP, se establece un umbral mínimo de 100 Kbps para llamadas de voz, asegurando así claridad y continuidad en la comunicación. En el caso de videollamadas, la velocidad necesaria se incrementa a 8 Mbps, lo cual permite transmisiones de vídeo de alta calidad sin interrupciones ni retrasos significativos.

Por consiguiente, tras sumar las tasas requeridas por los diversos servicios, como se detalla en la tabla subsiguiente, se concluyó que una velocidad de descarga de 35 Mbps y una velocidad de carga de 13.1 Mbps son suficientes para satisfacer las demandas de los servicios

que se desea ofrecer.

Servicio	Tasa de velocidad por usuario	
	Canal descendente (Downstream)	Canal ascendente (Upstream)
Navegación web, gestión de correo electrónico	10 Mbps	
Streaming Ultra HD-4k	25 Mbps	
Redes sociales		5 Mbps
Plataformas VoIP		0.1 Mbps
Videollamadas		8 Mbps
Total	35 Mbps	13.1 Mbps

Tabla 3.2: Tasas de subida y bajada de cada servicio. Fuente: Elaboración propia.

3.3. Diseño Lógico de la red

3.3.1. Topología de la red

Se plantea una red de acceso punto a multipunto, estructurada mediante una topología en cascada. Este enfoque permite la distribución eficiente de la señal desde un único punto de origen hacia múltiples destinos finales. La adopción de esta topología favorece la escalabilidad del sistema, facilitando su expansión para incorporar nuevos usuarios sin comprometer el rendimiento general de la red. Además, este diseño optimiza la gestión del ancho de banda y mejora la fiabilidad de la conexión, al minimizar las posibles interferencias y puntos de falla.

3.3.2. Estructura integral de la red

La estructura de la red se divide en tres segmentos: la red de alimentación, la red de distribución y la red de dispersión, donde este último segmento es el que proporciona conectividad directa al usuario final, tal como se detalla en la figura 3.13.

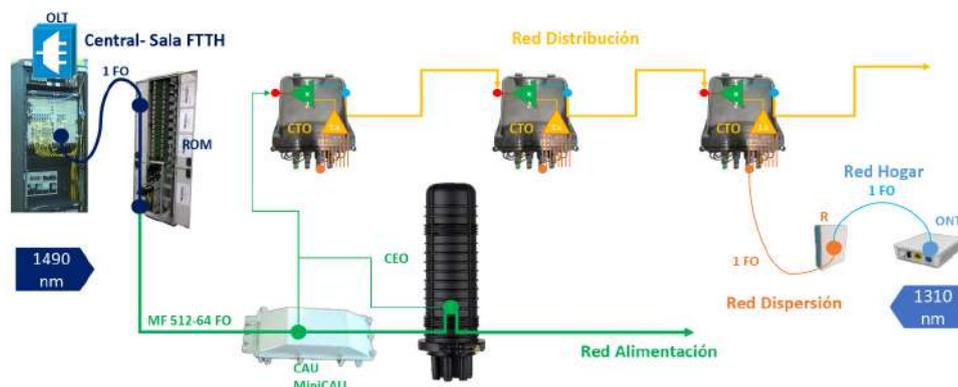


Figura 3.13: Red Acceso Punto –Multipunto 2 Etapas de División en BUS. Fuente: [28].

3.3.2.1. Estructura de la red de distribución

Para determinar el número necesario de cajas FAT por hilo de fibra óptica, se tomó en cuenta el número de splitters incorporados en el Hub Box. Dada la necesidad de abastecer a 192 usuarios, se identificaron cuatro salidas disponibles para las conexiones en cascada. A partir de esta configuración se establece una relación de 48 usuarios por hilo, basada en la distribución de 192 viviendas a través de las cuatro salidas proporcionadas por el splitter. Este enfoque permite optimizar la infraestructura de la red y asegurar una distribución eficiente del servicio a cada usuario.

En la fase subsiguiente, al considerar las capacidades de las cajas FAT disponibles en el mercado, que pueden servir a grupos de 8, 16 y hasta 32 usuarios, se seleccionó la configuración de 8 usuarios por caja FAT. Esta elección se basó en un análisis meticuloso tanto del plano catastral como de estudios de campo. Este proceso de evaluación demostró que es viable conectar hasta 6 cajas FAT a cada hilo de fibra óptica, lo cual nos permite cumplir adecuadamente con los requerimientos específicos del proyecto.

En resumen, para atender a las 192 viviendas designadas en el diseño, se utilizarán 4 hilos de fibra óptica vinculados al Hub Box. Cada hilo se asociará a una secuencia de 6 cajas FAT, asegurando la provisión de servicios a 48 clientes por hilo en cada serie. Cada caja FAT desbalanceada albergará dos tipos de splitters ópticos instalados de fábrica: un splitter desbalanceado de 1x2 y un splitter balanceado de 1x8. Esta configuración se detalla en la figura 3.4, demostrando la estructura interna prevista para facilitar la distribución óptima del servicio. Mientras que las cajas FAT balanceadas incorporan únicamente un splitter de 1x8.

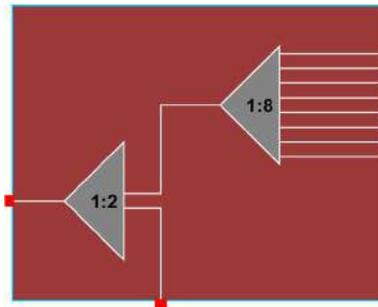


Figura 3.14: Datos internos - FAT. Fuente: Elaboración propia.

Para lograr una distribución homogénea de la potencia en toda la cascada de cajas FAT (Fiber Access Terminal), que es un objetivo fundamental en redes FTTH, se emplea un enfoque de cálculo iterativo[28]. Esto implica seleccionar cuidadosamente las cajas desbalanceadas adecuadas para garantizar que cada una de ellas proporcione una señal de salida similar o igual.

Por consiguiente la señal inicial, la cual se considera que es del 100% y proviene desde la OLT, se distribuye de manera proporcional entre el número total de cajas FAT, que en esta instancia específica, suman 6 unidades, es decir, se requiere una división del 16.66% de la potencia para cada caja. Dado que no existen splitters de precisamente 16.66%, se selecciona el splitter más cercano en términos de división, que en este caso sería de 15%. Por lo tanto, se garantiza que el 15% de la potencia se entregue directamente al cliente y el 85% restante se transmita a la siguiente caja FAT[51].

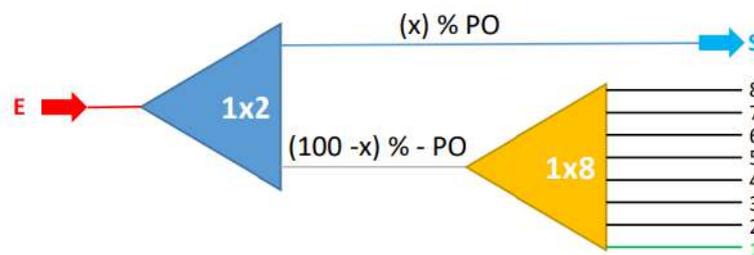


Figura 3.15: Distribución de potencia óptica asimétrica Fuente: [28].

Este proceso se repite para las siguientes cajas FAT en la cascada, ajustando las relaciones de división para mantener una distribución equitativa de la señal en cada etapa. La última caja FAT puede considerar una división balanceada de 50/50, pero por consideraciones de diseño basadas en el presupuesto óptico, se opta por una división de 40/60. Finalmente, la

última caja de la cascada es un splitter de 1x8 balanceado y convencional.

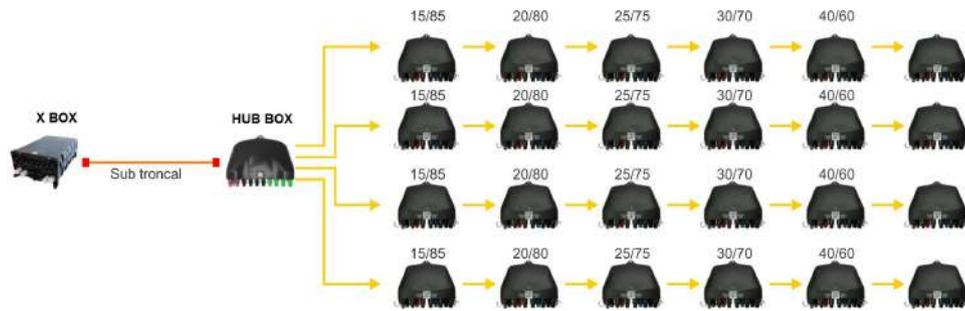


Figura 3.16: Diagrama de distribución de potencias Fuente: Elaboración propia.

3.3.2.2. Estructura de la red de alimentación o red troncal

La red troncal estará compuesta por un cable primario ADSS de 24 hilos. Este cable se despliega desde el Optical Line Terminal (OLT) hasta el XBOX, que es el punto de empalme. Para la interconexión entre el XBOX y la caja de distribución (HUB BOX), la cual contiene internamente cuatro divisores ópticos (splitter) de 1x2, con una entrada y cuatro salidas preconectorizadas, se empleará un cable MPO preconectorizado de 12 fibras ópticas. De esas 12 fibras, cuatro son utilizadas con un propósito específico y se conectan individualmente a cada FAT mediante cables preconectorizados.

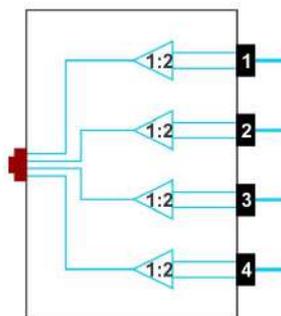


Figura 3.17: Hub Box, información interna Fuente: Elaboración propia.

A pesar de que este proyecto requiere inicialmente cuatro fibras desde el OLT, se utilizará un cable de 24 fibras. Esto permitirá aprovechar las fibras restantes en caso de futuras expansiones. La figura 3.18 ilustra el diagrama unifilar (ver anexo 1), elaborado mediante AutoCAD, que detalla el diseño de la red FTTH. Este diagrama revela con precisión la configuración y el esquema de interconexión de los distintos elementos que componen la red, ofreciendo una comprensión integral de la infraestructura diseñada y su operatividad.

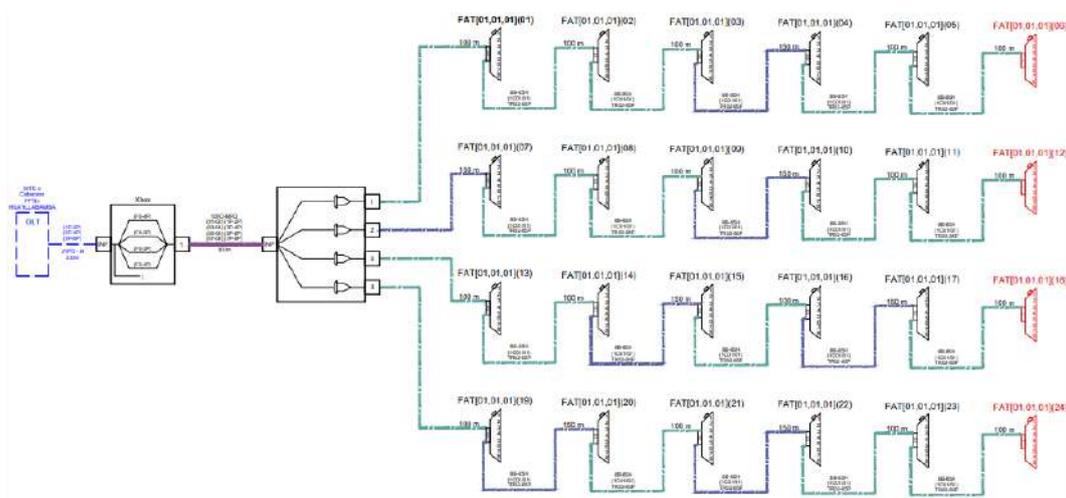


Figura 3.18: Diagrama unifilar, red FTTH-Huayllabamba. Fuente: Elaboracion propia.

3.3.2.3. Cálculo de la velocidad de transmisión

En este diseño específico, cada puerto GPON se conectará a 48 usuarios. Este factor es fundamental para determinar el dimensionamiento del equipo central OLT y, en particular, las velocidades de transmisión. Cada puerto GPON admite velocidades de transmisión de 2.5 Gbps para descargas y 1.25 Gbps para subidas, que son compartidas entre todos los usuarios conectados a ese puerto. Para garantizar que los requisitos de servicio se mantengan incluso durante períodos de máxima utilización, se ha implementado una división estratégica de la capacidad de conexión por puerto. Cada puerto, con una capacidad de 2.5 Gbps, atiende a 48 usuarios. Al dividir esta capacidad total entre los usuarios conectados, resulta en una tasa individual de aproximadamente 52.08 Mbps de bajada por usuario. De manera similar, la capacidad de subida por puerto es de 1.25 Gbps. Dividiendo esta capacidad entre los 48 usuarios, se obtiene una tasa de 26.04 Mbps de subida por usuario. Este método asegura que todos los usuarios disfruten de una conexión estable y suficiente, incluso en momentos de alta demanda.

Por lo tanto, se ha establecido una tasa de transmisión de datos de 52.08 Mbps de bajada y 26.04 Mbps de subida, superando la velocidad mínima calculada de 35 Mbps de bajada y 13.1 Mbps de subida, como se detalla en la sección 3.2.2. Esta velocidad de conexión asegura una cobertura total para los servicios propuestos, que incluyen navegación web, correo electrónico, streaming de contenido en alta definición, uso de redes sociales y comunicaciones VoIP. La capacidad mejorada de la red no solo garantiza una experiencia de usuario óptima actualmente, sino que también es adecuada para las demandas futuras, facilitando el acceso a contenido multimedia de alta calidad y una comunicación efectiva en plataformas digitales.

Respecto a las opciones comerciales disponibles, los proveedores de servicios en áreas adyacentes como Urubamba, Pisac y Calca presentan planes que alcanzan velocidades de hasta 50 Mbps para conexiones domiciliarias a internet mediante fibra óptica. Sin embargo, conforme a la normativa vigente en Perú, los proveedores de servicios están obligados a ofrecer solamente una velocidad mínima que corresponda al 30% de la velocidad máxima estipulada en el contrato de provisión de internet, tal y como se detalla en la regulación correspondiente [52].

Por lo tanto, si un operador ofrece un plan de 50 Mbps, en la práctica se está asegurando una velocidad mínima de 15 Mbps, conforme a este criterio regulatorio.

3.4. Diseño Físico de la red

3.4.1. Area de estudio

La Figura 3.19 expone el plano catastral oficial del distrito de Huayllabamba, proporcionado por la municipalidad correspondiente, que se utilizó como base para el desarrollo del diseño físico de la red. Además, para complementar este diseño, se realizó un estudio directamente en el terreno, permitiendo así ajustar de manera precisa la planificación a las características y necesidades específicas del área.



Figura 3.19: Plano catastral del distrito de Huayllabamba. Fuente: Municipalidad distrital de Huayllabamba.

Como se mencionó previamente, la delimitación geográfica para el proyecto de diseño de la red de fibra óptica hasta el hogar (FTTH) se centra exclusivamente en la capital del distrito. Esta área seleccionada incluye todas las viviendas situadas dentro de estos límites geográficos, garantizando una cobertura integral en el núcleo urbano del distrito. Las áreas comprendidas en este proyecto se han destacado utilizando un tono morado para facilitar su identificación:



Figura 3.20: Viviendas asentadas en la capital del distrito. Fuente: Elaboracion propia.

También se subdividirá la zona en manzanas (A, B, C, etc.) con viviendas numeradas (vivienda 1, vivienda 2, etc.), para facilitar la identificación y organización práctica.

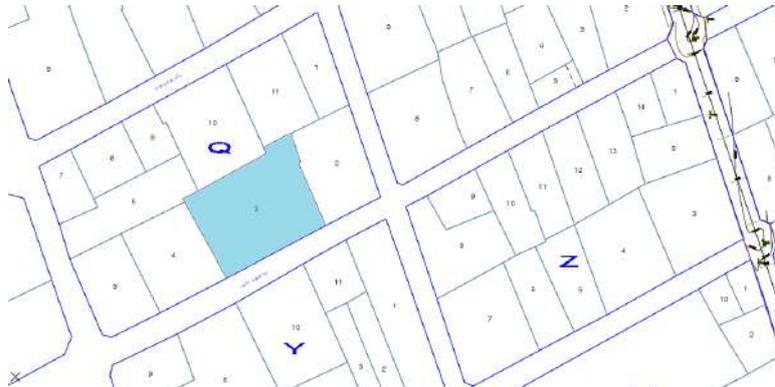


Figura 3.21: Manzana Q, vivienda 3. Fuente: Elaboracion propia.

Con la finalidad de desarrollar un diseño eficaz, se ha identificado como crucial establecer la densidad de viviendas por manzana, de acuerdo con el plano catastral. Este criterio será fundamental para mejorar la organización y realización del proyecto, permitiendo una distribución más precisa y efectiva de los recursos. En el siguiente segmento, se incluye una tabla que suministra detalles sobre la cantidad de viviendas por manzana.

MANZANA	CANTIDAD DE VIVIENDAS
A	8
B	11
C	7
D	9
E	12
F	11
G	5
H	10
I	12
J	13
K	10
L	6
M	7
N	5
O	11
P	13
Q	11
R	2
S	13
T	12
U	22
V	24
W	9
X	
Y	11
Z	14
A1	10
B2	15
C1	10
D1	10
E1	9
F1	10
G1	17
H1	6
I1	9
J1	8
K1	8
L1	14
M1	7
N1	10
O1	16
P1	18

Tabla 3.3: Cantidad de viviendas por manzana.

En el proceso de planificación del sistema estructural de la red de fibra óptica exterior, es imperativo considerar diversos factores fundamentales:

- La selección estratégica de la ubicación del OLT (Equipo Terminal de Línea) con el fin de asegurar una gestión eficiente del tráfico de datos.
- La disposición adecuada del X Box o caja de empalme, para garantizar una interconexión organizada entre el OLT y el Hub Box.
- La colocación estratégica del Hub Box para lograr una distribución efectiva de la señal óptica hacia diversas áreas de la red.
- La instalación apropiada de los FAT (cajas terminales ópticas) con el propósito de asegurar una terminación y distribución confiable de las fibras ópticas hacia los clientes.
- La planificación meticulosa de la ruta de la fibra óptica, con el objetivo de prevenir obstrucciones y minimizar las pérdidas de señal.

3.4.2. Ubicación OLT

La elección estratégica de la ubicación de la Unidad de Línea Óptica Terminal (OLT) responde a un plan de expansión y operatividad eficaz. Optamos por situar la OLT fuera del centro de la ciudad por varias razones clave.

- Primero, esta ubicación facilita la expansión hacia áreas geográficamente adyacentes sin necesidad de sobreextender o duplicar la infraestructura de cableado desde el centro urbano. Las ordenanzas municipales actuales restringen el uso excesivo de cables en zonas concurridas, lo cual respalda nuestra decisión de evitar el centro. Para nuevas expansiones, la proximidad a la OLT permite el uso eficiente de infraestructura existente, minimizando la necesidad de instalar cables adicionales.
- Desde una perspectiva de operación y mantenimiento, la centralización de servicios técnicos en torno a la OLT simplifica las intervenciones. La accesibilidad es crucial; las calles angostas y el limitado espacio para vehículos en el centro complicarían

significativamente el mantenimiento. La meta es ofrecer tiempos de respuesta rápidos y eficientes, diferenciándonos así de competidores más grandes. La ubicación elegida favorece este objetivo, permitiendo una rápida movilización del personal técnico sin las demoras que implicaría el tráfico y la búsqueda de estacionamiento en el centro.

- Además, el coste de alquiler en zonas centrales es sustancialmente más alto, lo cual impactaría negativamente en nuestros esfuerzos por mantener bajos los costos operativos. La ubicación seleccionada, al ser más económica, contribuye directamente a la viabilidad financiera y al crecimiento sostenible de la empresa. Es esencial reducir costos en todos los aspectos para mantener la competitividad, especialmente para una empresa emergente en un mercado dominado por grandes operadores.

La ubicación seleccionada para el Equipo Terminal de Línea (OLT) se encuentra en uno de los establecimientos contiguos a la Institución Educativa Nuestra Señora de Natividad, localizada en el área del Parque La Playa - El Sol, en Huayllabamba. Esta elección estratégica no solo se destaca por su proximidad a un centro educativo relevante, sino también por servir como un punto de referencia claro dentro de la comunidad.

La figura 3.22, extraída del plano en formato AutoCAD (ver Anexo 2), señala la ubicación de la oficina central, la cual se destaca visualmente con un cuadrado de color morado.



Figura 3.22: Localización del centro de operaciones.
Fuente: Elaboración propia.

3.4.3. Red principal

Comprende el tramo que se extiende desde los bastidores de la oficina central, donde se encuentran ubicados los elementos clave como el OLT y el ODF, hasta llegar a la caja de distribución o Hub Box, tal como se exhibe en la figura 36 del diseño propuesto. Para obtener información detallada para el diseño de la red, se consideró esencial realizar una documentación de manera híbrida. En primer lugar, se llevó a cabo un estudio "in situ", lo cual implicó visitar el área específica y realizar un análisis detallado de las características topográficas, la disposición de las rutas existentes y la infraestructura de posteo eléctrico ya instalada. Esta inspección in situ permitió obtener datos precisos y actuales sobre el entorno físico.

En segundo lugar, para complementar la información obtenida en el sitio, se consultó el plano catastral proporcionado por la Municipalidad distrital de Huayllabamba. El plano catastral brindó una representación gráfica detallada de la configuración del terreno, las dimensiones de las propiedades y las ubicaciones de los elementos existentes.

En el estudio realizado, se ha considerado el tendido aéreo como una opción para la implementación futura de la red, utilizando un cable de fibra óptica ADSS de 24 núcleos.

3.4.3.1. Ubicación del X Box o Caja de empalme

Esta ubicado en el punto medio de la cuadra 1 del Jirón Paris, a 330m de la oficina central aproximadamente. En la figura 3.23 se señala la ubicación del X Box que está representada mediante un círculo de tonalidad verde.

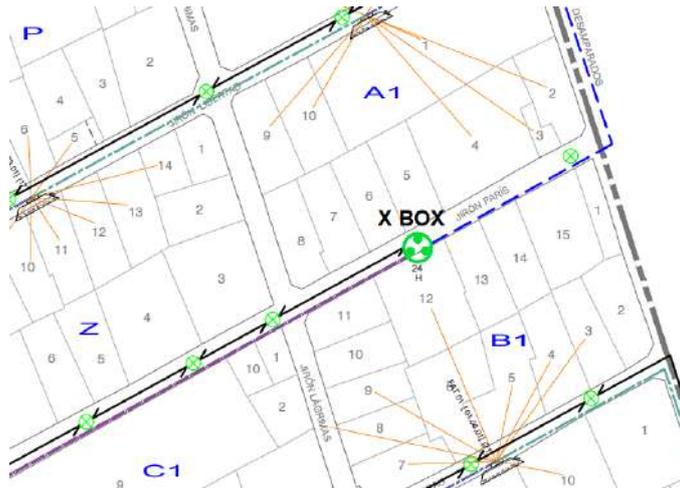


Figura 3.23: Localización específica del X Box. Fuente: Elaboracion propia.

3.4.3.2. Ubicación HUB BOX o caja de distribución

El punto de interés se encuentra situado en la cuadra 4 del Jirón Libertad, inmediatamente adyacente a la Municipalidad Distrital de Huayllabamba. Esta ubicación se encuentra a una distancia aproximada de 260 metros de la caja de cierre de empalme. En la figura 3.24, se identifica la ubicación del Hub Box mediante un círculo de tonalidad roja, lo que indica su posición precisa en el esquema.



Figura 3.24: Localización - HUB BOX. Fuente: Elaboracion propia.

3.4.4. Red de distribución- Ubicación FAT

La infraestructura de la red de distribución está compuesta por un total de veinte FAT desbalanceados y cuatro FAT balanceados, los cuales están identificados mediante un formato específico: FAT[XX,YY,ZZ](AA). En esta estructura: La primera cifra (XX) señala el número de bandeja de Xbox. La segunda cifra (YY) representa el número de cuenta de fibra óptica asignado por distribución conectada. La tercera cifra (ZZ) indica el número de salida en Xbox. La última cifra (AA) corresponde al número correlativo dentro de la codificación FAT. Esta notación FAT[XX,YY,ZZ](AA) proporciona una manera clara de identificar y clasificar cada uno de los dispositivos o elementos dentro de la estructura de distribución, facilitando así la gestión y el seguimiento de información específica.

Cada hilo de fibra óptica tendrá la función de alimentar cinco FAT desbalanceados y un FAT balanceado final. Cada caja terminal o FAT se encargará de atender un conjunto particular de viviendas, según su ubicación en el diseño de la red. En la figura 3.25, se ilustra la disposición geográfica de los cuatro sitios de acceso de fibra óptica y la correspondiente asignación de clientes potenciales para cada uno de estos puntos. Ver anexo 2.



Figura 3.25: Ubicación de los FAT 1-4. Fuente: Elaboración propia.

Se tiene planificado utilizar cableado con cable mensajero con forro de ¼ en toda la ruta del plano. Las distancias de los cables de distribución (2 hilos), comprenden tramos de 100 metros y de 150 metros desde el Hub Box hasta las FATs.

Se han evaluado tres alternativas de distancia de cobertura para llegar al suscriptor mediante cables drop con diferentes longitudes: 50 metros, 80 metros y 100 metros.

3.4.5. Trayectos de la fibra óptica

El trayecto de la fibra óptica se iniciará desde la central de operaciones, donde se ubicará el Terminal Óptico de Línea (OLT). Luego, a lo largo de una distancia de 330 metros, se conectará con el X Box. A continuación, a una distancia de 260 metros, se utilizará un cable MPO para la conexión con el Hub Box. Desde el Hub Box, partirán cuatro cables de fibra de vidrio que alimentarán a los FATs respectivos. La figura 3.26 muestra cómo se conecta el OLT con las diferentes cajas ópticas (X Box y Hub Box).



Figura 3.26: Trayecto de la red (OLT- X Box- Hub Box). Fuente: Elaboración propia.

La red de distribución ha sido diseñada de acuerdo con una estructura de cascada en forma de árbol. Esta configuración tiene como objetivo extender la conectividad a todos los hogares en la región de implementación. En la figura 3.27, la línea de color morado representa esta estructura de distribución con forma de árbol.



Figura 3.27: Trayecto de la red de distribución (Hub Box- FATs). Fuente: Elaboración propia.

En el diseño detallado de la red de distribución, se ha implementado una estrategia en la cual cada Terminal de Acceso de Fibra (FAT) tiene la responsabilidad de cubrir un conjunto específico de manzanas y proporcionar servicio a un total de ocho viviendas. La disposición de los enlaces de fibra óptica ha sido planificada de manera que cada FAT alcance las manzanas más cercanas a su ubicación. Esto ha dado lugar a la formación de ramificaciones que se extienden hacia diferentes manzanas en la zona de despliegue. Este enfoque de proximidad asegura que cada FAT abarque su área asignada de manera eficiente y que todas las viviendas en el área de trabajo estén debidamente conectadas mediante la red de distribución.

En la figura 3.28 se presenta el esquema de la red de distribución compuesta desde el FAT [01,01,01](01) al FAT[01,01,01](06), los cuales están conectados al hilo 1. A continuación, se detallan los atributos de cada FAT en la red de distribución:

- FAT[01,01,01](01) estará conectado con las manzanas J y K.
- FAT[01,01,01](02) estará conectado con las manzanas C y D.
- FAT[01,01,01](03) estará conectado con las manzanas B y E.
- FAT[01,01,01](04) estará conectado con las manzanas A y F.
- FAT[01,01,01](05) estará conectado con las manzanas F y H.
- FAT[01,01,01](06) estará conectado con las manzanas E y I.



Figura 3.28: Red de distribución: FAT[01,01,01](01) al FAT[01,01,01](06).
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3.29 se presenta el esquema de la red de distribución compuesta desde el FAT [01,02,01](07) al FAT[01,02,01](12), los cuales están conectados al hilo 2. A continuación, se detallan los atributos de cada FAT en la red de distribución:

- FAT[01,02,01](07) estará conectado con las manzanas J y S.
- FAT[01,02,01](08) estará conectado con las manzanas T y U.
- FAT[01,02,01](09) estará conectado con las manzanas V y W.
- FAT[01,02,01](10) estará conectado con las manzanas G1, H1 e I1.
- FAT[01,02,01](11) estará conectado con las manzanas F1 y J1.
- FAT[01,02,01](12) estará conectado con las manzanas E1 y K1.



Figura 3.29: Red de distribución: FAT[01,02,01](07) al FAT[01,02,01](12).
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3.30 se presenta el esquema de la red de distribución compuesta desde el FAT [01,03,01](13) al FAT[01,03,01](18), los cuales están conectados al hilo 3. A continuación, se detallan los atributos de cada FAT en la red de distribución:

- FAT [01,03,01](13) estará conectado con las manzanas L y Q.
- FAT [01,03,01](14) estará conectado con las manzanas M y P.
- FAT [01,03,01](15) estará conectado con las manzanas N y O.
- FAT [01,03,01](16) estará conectado con las manzanas A1 y O.
- FAT [01,03,01](17) estará conectado con las manzanas P y Z.
- FAT [01,03,01](18) estará conectado con las manzanas Q y Y.



Figura 3.30: Red de distribución: FAT[01,03,01](13) al FAT[01,03,01](18).
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3.31 se presenta el esquema de la red de distribución compuesta desde el FAT [01,04,01](19) al FAT[01,04,01](24), los cuales están conectados al hilo 3. A continuación, se detallan los atributos de cada FAT en la red de distribución:

- FAT [01,04,01](19) estará conectado con las manzanas D1 y L1.
- FAT [01,04,01](20) estará conectado con las manzanas C1 y M1.
- FAT [01,04,01](21) estará conectado con las manzanas B1 y N1.
- FAT [01,04,01](22) estará conectado con las manzanas N1 y O1.
- FAT [01,04,01](23) estará conectado con las manzanas O1 y P1.
- FAT [01,04,01](24) estará conectado con las manzanas L1 y P1.



Figura 3.31: Red de distribución: FAT [01,04,01](19) al FAT[01,04,01](24).
Fuente: Elaboración propia.

3.5. Elección de equipamiento y materiales, análisis de dispersion estimación de presupuesto de potencia

3.5.1. Componentes, equipos

En los apartados siguientes, se mostrarán distintas tablas comparativas que detallan las múltiples alternativas para cada uno de los componentes de la red. Estas tablas proveerán la guía necesaria para elegir la alternativa más conveniente al elaborar el diseño de una red FTTH de arquitectura desbalanceada y sistema preconectorizado, conforme al estándar GPON. Las fichas técnicas pertinentes están disponibles para consulta en los Anexos del 3 al 9.

3.5.1.1. OLT

La elección del terminal de línea óptica (OLT) desempeña un rol esencial en la gestión y distribución eficiente de la señal dentro de la infraestructura de telecomunicaciones. A continuación, se presenta un análisis detallado de las opciones de OLTs disponibles en el mercado, evaluando sus características, capacidades y rendimiento para determinar la solución más adecuada para nuestro proyecto.

V1600G2-B V.SOL GPON OLT	Huawei Smart AX MA5608T	Furukawa OLT GPON FK-OLT G2500	ZTE ZXA10 C320
<ul style="list-style-type: none"> -16 ranuras para módulos de servicio -Soporte de 16 puertos GPON por ranura. -16 puertos GPON -20 km de alcance -Potencia del transceptor GPON: Class B+, C, C+, C++, C+++. -Ancho de banda del plano posterior: 208 Gbps y tasa de reenvío de puertos 124.992 Mpps. 	<ul style="list-style-type: none"> -2 ranuras para módulos de servicio -Soporte de 8 puertos GPON por ranura -Capacidad para 128 usuarios. -20 km de alcance -Potencia del transceptor GPON: Clase B+ - Capacidad de conmutación de 720 Gbit/s 	<ul style="list-style-type: none"> -10 ranuras para servicios. -4 puertos GPON por ranura. - Hasta 64 usuarios por GPON. - Alcance de 20 km -Potencia del transceptor GPON: Clase B+. -296 Gbps de capacidad de conmutación y 220 Mpps de rendimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> -Estructura 2U con 2 ranuras de servicio. -Facilita una proporción de división óptica de 1:128 para xPON. -32 puertos GPON. -Alcance físico máximo de 20 km. -Potencia del transceptor GPON: Clase B+ o C+.

Tabla 3.4: Cuadro comparativo, OLT. Fuente: Elaboración propia..

Se optará por seleccionar el OLT de la marca ZTE, modelo ZXA10 C320 ya que cumple con los requisitos de diseño especificados, proporcionando una asignación presupuestaria de energía para la clase C+. Este modelo ofrece una sensibilidad de -32 dBm, adecuada para las necesidades del proyecto.



Figura 3.32: Equipo Terminal de Línea Óptica seleccionado. Fuente: [53].

3.5.1.2. Caja de empalme (X BOX)

Las cajas de empalme juegan un papel crucial en este aspecto, proporcionando la protección y organización necesarias para las conexiones de fibra. A continuación, presentamos una comparación detallada de las cajas de empalme disponibles, centrándonos en sus capacidades de alojamiento, resistencia ambiental y facilidad de manejo.

SSC2807-FX-12-B HUAWEI	FK-CEO-4T FURUKAWA	OPCEH19268HT OPTRONICS	AR-SC9P-432F-M ARTIC
Capacidad de empalme: 144. -Cantidad de bandeja: 12. -Capacidad de empalme por bandeja: 12. -Modo de instalación: -Montaje en poste, pared o cable aéreo.	- Soporte para un máximo de 144 fibras. -Cantidad de bandejas de empalme: 6. - Capacidad de empalme por bandeja: 24. -Sistema de sellado por contracción térmica. -Aplicable mediante rutas aéreas.	- Soporte para un máximo de 192 fibras. -Cantidad de bandejas de empalme: 8. -Capacidad de empalme por bandeja: 24. -Sistema de sellado por contracción térmica. -Aplicable en vías aéreas y subterráneas. -Proceso de sellado por medio de tornillos. -Capacidad máxima de almacenaje de fibra: 6 metros	-Capacidad moderada a elevada, abarcando de 144 hasta 432 fibras ópticas. -Instalación en alturas, en postes o columnas, enterramiento directo o colocación en cámaras subterráneas. -Cierre mecánico tipo tapa.

Tabla 3.5: Cuadro comparativo, cajas de empalme. Fuente: Elaboración propia.

El equipo seleccionado es el SSC2807-FX-12-B de la empresa Huawei, caracterizado por su cierre QuickConnect o preconectorizado que está específicamente diseñado para funcionar como un nodo en la solución de preconexión completa de división desigual. Su propósito principal radica en transformar los cables ópticos convencionales en puertos de salida MPO preconectados que albergan 12 núcleos. El SSC2807-FX-12-B brinda una solución eficiente y versátil para la conversión de cables ópticos y la gestión avanzada de fibras, simplificando la arquitectura de red y mejorando la eficiencia operativa en gran medida.



Figura 3.33: X Box seleccionado . Fuente: [54] .

3.5.1.3. Caja de distribución (HUB BOX)

Las cajas de distribución facilitan la transición y asignación eficaz de las señales ópticas a múltiples usuarios. Este segmento compara diversas cajas de distribución, evaluando aspectos como la capacidad de puertos, modularidad, y compatibilidad con diferentes tipos de fibras y conectores. La selección cuidadosa de estas cajas asegurará una distribución óptima de la señal y una expansión flexible de la red, adaptándose a las necesidades futuras de crecimiento.

SJ-OTB-SY-10 HUAWEI	AR-DB16P-HC-PW ARTIC	F2H-FTB-16-A ELECTROSON	FDB-TX2-16C OPTICTIMES
-Capacidad para 16 núcleos. -Integra soluciones para la sujeción y gestión de cables de suministro y descarga, conexiones de fibra y distribución dentro de un solo dispositivo. -Degradación de inserción: $\leq 0.15\text{dB}$ -Atenuación de retorno de UPC: $\geq 50\text{dB}$ -Degradación de retorno APC: $\geq 60\text{dB}$	-16 conexiones SC-APC de enganche rápido. -NAP-CDO admite divisores de señal balanceados y/o desbalanceados. -Dos entradas para cables ópticos estándar más un puerto doble. -Degradación de inserción: $\leq 0.2\text{dB}$. -Atenuación de retorno UPC: $\geq 50\text{dB}$.	-Ideal para su uso en redes de FTTH, CATV y redes locales (LAN). -Capacidad para integrar divisores PLC de 1x8 y 1x16. - Degradación de inserción: $\leq 0.15\text{dB}$. -Atenuación de retorno UPC: $\geq 50\text{dB}$. -Atenuación de retorno APC: $\geq 60\text{dB}$	-Capacidad para 8 núcleos. -Uso en postes y paredes. -Degradación de inserción: $\leq 0.2\text{dB}$. -Atenuación de retorno UPC: $\geq 50\text{dB}$. -Atenuación de retorno APC: $\geq 60\text{dB}$

Tabla 3.6: Cuadro comparativo, Hub Box. Fuente: Elaboración propia.

El equipo seleccionado es el SSC2110-FM48 de Huawei, una solución que consta de cuatro splitters de 1x2 con 6 puertos preconectorizados. Dispone de 4 puertos para conexiones en cascada con FATS, además de dos puertos con salida MPO.



Figura 3.34: Hub Box seleccionado. Fuente: [55] .

3.5.1.4. FAT (Fiber Access Terminal)

Los terminales de fibra o las cajas de terminal óptico son el último eslabón en la cadena de entrega de la señal óptica, donde se realiza la conexión final con el usuario. Este cuadro comparativo examina una serie de cajas de terminal óptico, destacando sus diferencias en términos de capacidad, dimensiones y características de seguridad. Identificar la caja de terminal óptico más adecuada es vital para asegurar una conexión fiable y de alta calidad con el usuario final, al tiempo que se facilita el mantenimiento y la gestión de la red.

CTO-EXT-DR-NN-CO ELECTROSON	CTO 16FO 16SC IP67 SFS16-A Quick SILEX FIBER-FIBREFAB	AR-DB-CDO10P-HC- 70/30 1R-1B-8BL ARTIC	OPT-FTASSC-08C-W OPTICTIMES
<p>-8 salidas de acometidas ópticas preconectorizadas reforzadas tipo bayoneta, con acceso externo para conectar acometidas sin abrir la caja.</p> <p>-Gama y modelos disponibles que utilizan divisor FBT 1x2 asimétrico.</p> <p>-Sellado hermético.</p> <p>-Grado de protección IP-65 y resistencia a impactos IK08.</p> <p>-Soporta una carga estática de 1000 N.</p>	<p>-8 puertos de entrada/salida, cada uno para 1 cable con un máximo de Ø12mm.</p> <p>-16 puertos de salida con conexión rápida IP.</p> <p>-Total de 16 fusiones, distribuidas en 2 grupos de 8.</p> <p>-Protección IP67 contra ingreso de agua y polvo.</p> <p>-16 adaptadores OUT IP67 con conexión rápida, compatibles con sistemas IP, Silex IPS, y HW.</p> <p>-Incluye y soporta un splitter tipo PLC 1x8 ya instalado y montado.</p>	<p>-Compacto y de tamaño reducido.</p> <p>-Hermeticidad de grado IP 68.</p> <p>-Admite splitters balanceados y desbalanceados.</p> <p>Posibilidad de cascada interior múltiple o splitteo simple.</p>	<p>-Módulo con un castillete con bandejas de empalme y cuatro alojamientos para divisores ópticos preconectorizados, aptos para casetes o componentes con carcasa.</p> <p>-Permite altas directas con acometidas individuales preconectorizadas.</p> <p>-Ocho divisores 1x8, para cables tipo Fast Connect.</p> <p>-Grado de protección IP-55 contra polvo y agua, e IK08 contra impactos.</p> <p>-Soporta cargas estáticas de 1000 N y operación entre -5 a +60 °C.</p>

Tabla 3.7: Cuadro comparativo, cajas de terminal óptico..

El modelo seleccionado para el FAT es el CTO-EXT-DR-NN-CO de Electroson, que destaca por sus 8 salidas para acometidas ópticas preconectorizadas y reforzadas tipo bayoneta. Este diseño permite un acceso externo para la conexión de las acometidas sin necesidad de abrir la caja, optimizando así las operaciones de mantenimiento y expansión. Adicionalmente, este modelo se caracteriza por incorporar un divisor FBT 1x2 asimétrico, facilitando

una distribución eficaz de la señal dentro de la red de fibra óptica.



Figura 3.35: CTO de exterior, con conectores tipo bayoneta. Fuente: [28].

3.5.1.5. ONT

La terminal de red óptica (ONT) es crucial para la conversión de señales ópticas en señales eléctricas que pueden ser utilizadas por dispositivos del usuario. Este cuadro comparativo profundiza en las características técnicas de varias ONTs, tales como la velocidad de conexión, número de puertos, y soporte para servicios avanzados. Seleccionar la ONT apropiada es clave para maximizar la eficiencia de la red y satisfacer las demandas de servicios de los usuarios, asegurando así la entrega de una conexión a internet rápida y fiable.

DSHW03016AR OPTERNA	FK-ONT-G400R FURUKAWA	EchoLife EG8245H5 HUAWEI	ONT Zhone 2600 MULTICOM
-Presupuesto de enlace de 32 dB; Clase B+, alcance de 20 km. -Calibración Interna. -Sensibilidad de recepción: -28dBm ~-8dBm. -Costo: 180 soles.	- 1 punto de acceso GPON SC-APC. - 4 conexiones metálicas RJ-45. -Potencia Óptica recibida: -8dBm ~-27dBm. -Costo: 150 soles.	-4 puertos ópticos. -Sensibilidad del receptor: de -27dBm a -29dBm. -Potencia óptica de sobrecarga: -8 dBm. -Clase B+. -Costo: 170 soles.	- SC/APC, 4 u 8 puertos RJ-45 - Recepción de 28dBm. -Clase B+. -Costo: 190 soles.

Tabla 3.8: Cuadro comparativo, ONT. Fuente: Elaboración propia.

En el diseño de la red, se utilizará la ONT de la empresa Huawei, debido a sus ventajas técnicas y económicas. Este equipo está equipado con una interfaz óptica GPON SC-APC y cuatro conexiones metálicas, lo que asegura una conexión de alta velocidad y amplia compatibilidad con diversos dispositivos. Además, ofrece características comparables o superiores a otras ONTs disponibles en el mercado, pero a un costo más económico.



Figura 3.36: Terminal de Red Óptica seleccionado . Fuente: [53].

3.5.1.6. Cable de fibra óptica

En el desarrollo de una red desbalanceada con sistema preconectorizado, la elección adecuada del cableado cobra una importancia aún mayor, dado que estas características exigen soluciones que optimicen la eficiencia y flexibilidad de la instalación, al mismo tiempo que se manejan de manera efectiva las variaciones en la distribución de la señal. En este contexto, nuestro análisis comparativo profundiza en tres tipos clave de cableado: la fibra óptica troncal ADSS (All-Dielectric Self-Supporting), el cable MPO (Multi-fiber Push On) y el cable dual. La fibra óptica ADSS se ajusta de manera ideal a los requisitos de una red preconectorizada, ofreciendo una solución robusta para instalaciones aéreas sin requerir soporte adicional, mientras que su naturaleza dieléctrica previene interferencias electromagnéticas. Por otro lado, el cable MPO, con su alta densidad de fibra y capacidad para manejar eficientemente grandes volúmenes de datos, se alinea con los requerimientos de arquitecturas desbalanceadas, facilitando una rápida expansión y adaptación de la red. El cable dual, se presenta como una solución adaptable y eficaz para entornos que exigen una robusta capacidad de transmisión

y versatilidad. Este cuadro comparativo destaca las especificaciones técnicas, considerando criterios críticos como la atenuación, capacidad de ancho de banda, resistencia al entorno y facilidad de manejo.

TIPO DE CABLE	OPCION 1	OPCION 2	OPCION 3
CABLE ADSS	AR-1FADPE-ADSS-FTTX-xxF G652D ARTIC -A 1310 nm 0.35 dB/km. -A 1550 nm 0.22 dB/km. Spam: 60m	Fibra Óptica Draka BendBright Single-Mode Coeficiente de Atenuación: -A 1310 nm: 0.35dB/km -A 1550 nm: 0.21dB/km Vano: 60m	Fibra Óptica Optronics 9/125 ITU-T G.657A -Atenuación máx. -1310 nm: 0.38dB/km 1550 nm: 0.21dB/km Spam: 60m
CABLE MPO	Dual-end Quick Connect MPO/APC- HUAWEI -Cuento de fibras 12, -Tipo de conector. Pérdida de inserción: Máx. 0.35 dB. -Tipo de fibra: Monomodo. -Atenuación máxima: -A 1310 nm 0.35 dB/km. -A 1550 nm 0.22 dB/km.	Cable Fibra Óptica Monomodo MPO/MTP, 12 Fibras OS2 Tipo B -Cantidad de Fibras: 12. -Pérdida de Inserción Promedio: 0,25 dB. -Pérdida de Inserción Máxima: 0,55 dB.	Fibra multimodo Corning ClearCurve, fibra óptica SMF-28 Ultra -Cuento de Fibras: 8/12 fibras. -Modo de Fibra: Monomodo: OS2 9/125µm. Multimodo: OM4 50/125µm, OM3 50/125µm. -Conector de baja pérdida elite de 0.35dB
CABLE DUAL CORE	Dual-end Fast Connect CABLE-HUAWEI -Cuento de Fibras: 2 -Tipo de Fibra: G.657A2 -Pérdida de inserción (Máx.): 0.3dB -Pérdida de inserción promedio (Máx.): 0.1dB	PATCH CORD ÓPTICO MONOFIBRA FURUKAWA -Ambiente de Instalación: Interno. -Longitud de Onda: 1310/1550nm. -Pérdida de Inserción (dB): 0.25 -Grado de fibra: G657A2. -Núcleos: Dúplex.	FTTH Optical Patchcord Cable MULTIPLAY -Longitud de Onda: 1310/1550nm. -Pérdida de Inserción (dB): 0.2 (máx. 0.3). -Grado de fibra: G657A2. -Núcleos: Simplex.

Tabla 3.9: Cuadro comparativo, cables de fibra óptica. Fuente: Elaboración propia.

Se ha optado por la fibra óptica de tipo G.657, para la red principal, la cual garantiza compatibilidad con la especificación G.652.D. La elección de esta fibra busca maximizar la eficiencia en la transmisión de señales a través de la red principal, reduciendo las pérdidas

inherentes al proceso. Para la conexión entre el terminal de X Box y el Hub Box se ha seleccionado el cable MPO, perteneciente a la categoría G.657.A1. La inclusión de este tipo de cable en la red secundaria está orientada a mantener la integridad de la señal dentro de parámetros óptimos, asegurando así la calidad de la conexión hasta los nodos secundarios.



Figura 3.37: Cable MPO seleccionado . Fuente: [54].

Para la interconexión de los FATs (Fiber Access Terminals), se ha seleccionado el cable dual, que cumple con la normativa G.657.A2, debido a su configuración totalmente preconectorizada. La elección de este cable no solo se basa en la necesidad de asegurar una transmisión de señal óptima y de alta eficiencia a través de la red de distribución, minimizando las pérdidas y garantizando la calidad del servicio hasta los usuarios finales, sino también en su capacidad para simplificar las operaciones de instalación y mantenimiento, ofreciendo así una solución integral que mejora el rendimiento general de la red de telecomunicaciones.



Figura 3.38: Cable dual seleccionado . Fuente: [56].

Para obtener más detalles técnicos sobre la fibra óptica G.657 y su compatibilidad con la recomendación G.652D, se puede consultar el anexo 5 y el anexo 6 respectivamente.

3.5.1.7. Roseta óptica

Las rosetas son un componente esencial en el entorno del usuario final, proporcionando el punto de acceso para la conexión de dispositivos en el hogar o la oficina. En este análisis, se compara diversas rosetas disponibles en el mercado, considerando su diseño, funcionalidad y compatibilidad con diferentes tipos de instalaciones. Elegir la roseta adecuada es fundamental para garantizar una experiencia de usuario óptima, combinando estética y rendimiento en la interfaz de red del usuario.

ROSETA ÓPTICA ELECTROSON	ROSETA ÓPTICA FURUKAWA	ROSETA ÓPTICA AM-RO-10	ROSETA ÓPTICA OPTRONICS
-Una o dos conexiones para adaptadores de fibra óptica.	-Conector tipo SC, 2 posiciones para empalmes.	- Capacidad para dos acopladores SC/APC.	-Compatible con módulos RJ45, 1 o 2 puertos.

Tabla 3.10: Cuadro comparativo, roseta óptica. Fuente: Elaboración propia.

Se ha optado por la roseta óptica de Electroson, que admite una o dos conexiones para adaptadores de fibra óptica, debido a su adaptabilidad y eficacia en la conexión de terminación de red. Esta elección se justifica no solo por la versatilidad y facilidad de integración que ofrece la roseta, sino también porque Electroson proporciona un conjunto completo de equipos y componentes diseñados específicamente para redes preconectorizadas y desbalanceadas.

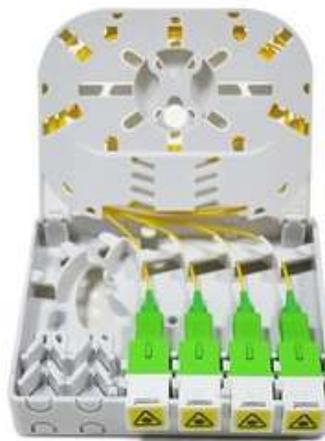


Figura 3.39: Roseta óptica. Fuente: [57].

3.5.2. Evaluación de la dispersión

En este segmento, se profundiza en el efecto de la dispersión sobre los impulsos luminosos que viajan a lo largo de la fibra óptica. Con el objetivo de verificar la factibilidad del enlace en función de la tasa de bits, se procederá a calcular la dispersión total, considerando las tres principales variantes de dispersión descritas en la sección 2.1.6.

3.5.2.1. Dispersión modal

La fibra óptica monomodo, conforme a la recomendación ITU-T G.652.D, minimiza la dispersión modal al permitir la transmisión de un solo modo de luz. Esto elimina la variabilidad en los tiempos de llegada de los diferentes modos, que es común en las fibras multimodo. En el contexto de Huayllabamba, donde se propone el uso de fibra monomodo, la dispersión modal se considera nula, lo que es ideal para mantener la integridad de la señal sobre largas distancias.

$$\Delta t_{modal} = 0 \quad (3.1)$$

3.5.2.2. Dispersión cromática

Considerando la ficha técnica del cable de fibra óptica seleccionado (véase anexo 8) para nuestro proyecto, y en concordancia con las recomendaciones ITU-T G.652.D y G.984.2, se analizarán datos cruciales como una variabilidad en la longitud de onda $\Delta\lambda = 1 \text{ nm}$, un coeficiente de dispersión cromática $S_0 = 0,092 \text{ ps}/(\text{nm}^2 \cdot \text{km})$, y una longitud de onda de referencia $\lambda_0 = 1300 \text{ nm}$. Utilizando estos parámetros, aplicaremos la ecuación 2.5 para calcular la dispersión cromática en las distintas longitudes de onda de funcionamiento.

Para $\lambda = 1310 \text{ nm}$, $L_{\text{máximo}} = 1,43 \text{ km}$, distancia desde el punto de transmisión hasta la ubicación más remota del usuario.

$$\Delta t_{\text{crom}} = 1,43 \cdot 1 \cdot \frac{1310 \cdot 0,092}{4} \cdot \left[1 - \left(\frac{1300}{1310} \right)^4 \right] = 1,3ps \quad (3.2)$$

Para $\lambda = 1490 \text{ nm}$, $L_{\text{máximo}} = 1,43 \text{ km}$, distancia desde el punto de transmisión hasta la ubicación más remota del usuario.

$$\Delta t_{\text{crom}} = 1,43 \cdot 1 \cdot \frac{1490 \cdot 0,092}{4} \cdot \left[1 - \left(\frac{1300}{1490} \right)^4 \right] = 20,61ps \quad (3.3)$$

3.5.2.3. Dispersión por modo de polarización

Las propiedades de la fibra G.652.D comprenden restricciones sobre el PMD, que son fundamentales para las altas velocidades de transmisión de datos típicas en redes GPON. La evaluación meticulosa del PMD es vital para asegurar un servicio óptimo en Huayllabamba, previniendo fallos y pérdidas de señal. Conforme a la recomendación ITU-T G.652.D, y basándonos en las características técnicas del cable de fibra óptica seleccionado, se establece el coeficiente de PMD D_{PMD} con un valor límite máximo de $0,2 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$. Considerando además que la longitud máxima del enlace es de $L_{\text{máximo}} = 1,43 \text{ km}$, se procede a calcular la dispersión por modo de polarización mediante la fórmula 2.7:

$$\Delta t_{\text{PMD}} = 0,2 \cdot \sqrt{1,43} = 0,24ps \quad (3.4)$$

3.5.2.4. Cálculo de la dispersión total

La dispersión total que incide en el diseño de la red FTTH para el distrito de Huayllabamba se determina directamente mediante la fórmula 2.3. Esta fórmula cuantifica la suma de los cuadrados de las dispersiones modal, cromática y por Modo de Polarización (PMD), proporcionando una medida integral del efecto total de dispersión en la señal a lo largo de la red de fibra óptica.

Para $\lambda = 1310 \text{ nm}$:

$$\Delta t_{total} = \sqrt{0^2 + 1,3^2 + 0,24^2} = 1,32 \text{ ps} \quad (3.5)$$

Para $\lambda = 1490 \text{ nm}$:

$$\Delta t_{total} = \sqrt{0^2 + 20,61^2 + 0,24^2} = 20,65 \text{ ps} \quad (3.6)$$

3.5.2.5. Cálculo de la tasa de bits máxima

La tasa de bits máxima es un indicador clave de la eficiencia y capacidad de una red de fibra óptica. Para calcular la máxima tasa de bits permitida en el diseño de la red FTTH para el distrito de Huayllabamba, recurrimos a las ecuaciones (2.4) y (2.8). Este cálculo es crucial, ya que determina la capacidad de transmisión de datos a través de la red, asegurando que se cumplan los requisitos de rendimiento y calidad de servicio necesarios para satisfacer las demandas actuales y futuras de los usuarios.

Para $\lambda = 1310 \text{ nm}$:

$$BW(Hz) = 0,5/1,32 = 378,7 \text{ GHz} \quad (3.7)$$

$$B = 2 \times 378,7 = 757,7 \text{ GHz} \quad (3.8)$$

Para $\lambda = 1490 \text{ nm}$:

$$BW(Hz) = 0,5/20,65 = 24,21 \text{ GHz} \quad (3.9)$$

$$B = 2 \times 24,21 = 48,42 \text{ GHz} \quad (3.10)$$

Los resultados alcanzados revelan que es factible obtener unas tasas de bits máximas significativamente altas de 48,4 GHz a 1490 nm y 757,7 GHz a 1310 nm. Estos valores indican un potencial sobresaliente para la transmisión de datos a altas velocidades, lo que se traduce directamente en capacidades de descarga de hasta 2.488 Gbps y de carga de hasta 1.244 Gbps en las longitudes de onda de 1490 nm y 1310 nm, respectivamente. Es importante destacar que, a pesar de las elevadas tasas de bits y las altas velocidades de transmisión, no se anticipa la aparición de interferencias intersimbólicas. Este resultado demuestra la eficacia del diseño y la selección de componentes para la red, asegurando una transmisión de datos fiable y eficiente. La capacidad de alcanzar estas velocidades sin incidencias de interferencias intersimbólicas es testimonio de un diseño de red óptima que no solo cumple con las expectativas de rendimiento actuales sino que también proporciona una plataforma robusta para futuras expansiones y el creciente demanda de servicios de datos de alta velocidad.

3.5.3. Cálculo del tiempo de subida del sistema (rise time)

El cálculo del "rise time" del sistema se enfoca en los efectos de dispersión de la señal, que es el tiempo necesario para que una señal cambie de valor, típicamente del 10 al 90 por ciento del valor total de cambio. Este parámetro es esencial para evaluar la velocidad con la que las señales pueden propagarse a través de la red. La estimación del tiempo total de ensanchamiento del pulso en un sistema de comunicaciones ópticas, como un enlace DWDM (Multiplexación por División de Longitud de Onda Densa), es crucial para determinar la calidad de la transmisión del sistema. Esta estimación se realiza mediante una fórmula que integra los efectos acumulativos de diversas fuentes de dispersión, así como el tiempo de subida de los equipos involucrados, como el transmisor y el receptor.

En este caso específico, no se considera la dispersión modal en la fórmula debido al uso de fibra monomodo. Las fibras monomodo están diseñadas para eliminar prácticamente la dispersión modal, que es significativa en fibras multimodo donde diferentes modos de luz se propagan a diferentes velocidades. Al utilizar fibra monomodo, se asegura que la dispersión modal no afecte el rendimiento de nuestra red, permitiendo una transmisión de señales más

limpia y con menor ensanchamiento del pulso, lo cual es vital para mantener la alta calidad y eficiencia en las transmisiones de alta velocidad que caracterizan a las redes FTTH.

$$T_{\text{sys}} = \sqrt{T_{\text{Tx}}^2 + T_{\text{Rx}}^2 + \Delta t_{\text{PMD}}^2 + \Delta t_{\text{crom}}^2} \quad (3.11)$$

Donde:

- T_{sys} es el tiempo total de subida del sistema.
- T_{Tx} es el tiempo máximo de subida del transmisor.
- T_{Rx} es el tiempo máximo de subida del receptor.
- Δt_{PMD} es la dispersión por modo de polarización.
- Δt_{crom} es la dispersión cromática.

A continuación, se realiza el cálculo del tiempo de subida (rise time) tanto para el canal descendente como para el ascendente de la red propuesta. Este cálculo se lleva a cabo considerando los valores previamente obtenidos de dispersión cromática y dispersión por modo de polarización, según se especifica en las ecuaciones (3.2), (3.3) y (3.4), así como los tiempos máximos de subida del transmisor y del receptor, que fueron extraídos de las fichas técnicas de los equipos, detallados en los Anexos 3 y 7.

Para la longitud de onda de 1490 nm:

$$T_{\text{sys}, 1490\text{nm}} = \sqrt{(150)^2 + (150)^2 + (0,24)^2 + (20,61)^2} = 213,13 \text{ ps} \quad (3.12)$$

Donde:

- $T_{\text{sys}, 1490\text{nm}}$ es el tiempo total de subida del sistema.
- $T_{\text{Tx}} = 150 \text{ ps}$ es el tiempo máximo de subida del transmisor.
- $T_{\text{Rx}} = 150 \text{ ps}$ es el tiempo máximo de subida del receptor.
- $\Delta t_{\text{PMD}} = 0,24 \text{ ps}$ es la dispersión por modo de polarización.

- $\Delta t_{\text{crom}} = 20,61$ ps es la dispersión cromática.

Para la longitud de onda de 1310 nm:

$$T_{\text{sys}, 1310\text{nm}} = \sqrt{(150)^2 + (1,50)^2 + (0,24)^2 + (1,32)^2} = 212,13 \text{ ps} \quad (3.13)$$

Donde:

- $T_{\text{sys}, 1310\text{nm}}$ es el tiempo total de subida del sistema.
- $T_{\text{Tx}} = 150$ ps es el tiempo máximo de subida del transmisor.
- $T_{\text{Rx}} = 150$ ps es el tiempo máximo de subida del receptor.
- $\Delta t_{\text{PMD}} = 0,24$ ps es la dispersión por modo de polarización.
- $\Delta t_{\text{crom}} = 1,32$ ps.

3.5.3.1. Análisis de tiempo de subida en código de línea NRZ

En código de línea NRZ, es fundamental mantener el tiempo de subida del sistema por debajo del 70% del tiempo de bit. Esto garantiza que no haya interferencia entre bits consecutivos y se mantenga la integridad de la señal.

Cálculo del tiempo de Bit:

- Para la longitud de onda de 1490 nm (canal descendente), operando a 2.5 Gbps:

$$\text{Tiempo de bit}_{1490} = \frac{1}{2,5 \text{ Gbps}} = 0,4 \text{ ns} \quad (3.14)$$

- Para la longitud de onda de 1310 nm (canal ascendente), operando a 1.2 Gbps:

$$\text{Tiempo de bit}_{1310} = \frac{1}{1,2 \text{ Gbps}} \approx 0,8333 \text{ ns} \quad (3.15)$$

Cálculo del tiempo de subida total permitido:

- Para 1490 nm:

$$\text{Tiempo total permitido}_{1490} = 0,7 \times 0,4 \text{ ns} = 0,28 \text{ ns} \quad (3.16)$$

- Para 1310 nm:

$$\text{Tiempo de subida total permitido}_{1310} = 0,7 \times 0,8 \text{ ns} \approx 0,56 \text{ ns} \quad (3.17)$$

Comparación del tiempo de subida del sistema con el tiempo de bit según especificaciones NRZ:

Como se describió anteriormente, en sistemas de códigos de línea NRZ, es crucial que el tiempo de subida del sistema T_{sys} sea menor que el 70% del tiempo de bit T_{bit} , lo cual se puede expresar como $T_{\text{sys}} < 0,7 \times T_{\text{bit}}$. Los resultados de las longitudes de onda de 1490 nm y 1310 nm son evaluados a continuación:

- Para 1490 nm: Con un tiempo de subida de aproximadamente 0,22 ns y un tiempo de bit de 0,4 ns, se verifica:

$$T_{\text{sys}, 1490\text{nm}} \approx 0,213 \text{ ns} < 0,28 \text{ ns} (0,7 \times 0,4 \text{ ns}) \quad (3.18)$$

- Para 1310 nm: Con un tiempo de subida de aproximadamente 0,22 ns y un tiempo de bit de 0,8 ns, se verifica:

$$T_{\text{sys}, 1310\text{nm}} \approx 0,212 \text{ ns} < 0,56 \text{ ns} (0,7 \times 0,8 \text{ ns}) \quad (3.19)$$

Estos cálculos confirman que ambos canales operan con un margen por debajo del umbral recomendado para NRZ, aun considerando los tiempos de subida máximos, indicando un diseño de sistema óptico altamente eficiente y con una baja probabilidad de interferencia entre bits.

3.5.4. Aspectos clave para la estimación de Potencia y Presupuesto Óptico

En el diseño específico de esta red, basándonos en la información técnica de los dispositivos elegidos que están en conformidad con las regulaciones ITU G.984.x, y apoyándonos específicamente en las definiciones provistas por las normas G.984.1 y G.984.2, se han determinado los siguientes criterios esenciales:

Longitud de onda asignada para el tráfico descendente (Downstream)	1490 nm
Longitud de onda asignada para el tráfico ascendente (Upstream)	1310 nm
Pérdida promedio por kilómetro para el tráfico descendente en la fibra óptica.	0.25 dB

Tabla 3.11: Criterios esenciales, G.984.1 y G.984.2.

Conforme a la estrategia adoptada y detallada en secciones previas, se ha optado por la incorporación de una OLT de clase C+ y ONTs de clase B+ en la arquitectura de nuestra red GPON. Esta decisión, alineada con las recomendaciones de la ITU G. 984.2, implica que el empleo de un láser de clase C+ en la longitud de onda de 1490 nm nos conduce a un límite de atenuación de 33 dB. De manera análoga, el uso de ONTs de clase B+ para la longitud de onda de 1310 nm establece una atenuación máxima de 28 dB. Tal disposición asegura que la red opera dentro de los límites de compatibilidad y eficacia dictados por la normativa ITU G. 984.2, garantizando así el rendimiento óptimo de todo el sistema [58].

			Potencia de emisión (dBm)	Degradación (dB)	Sensibilidad (dBm) OLT/ONT	Atenuación Máxima (dB)
ONT (B+)	1310 nm	Mínima	0,5	0,5	-28	28
		Máxima	5	0,5	-28	32,50
		Media	2,75	0,5	-28	30,25
OLT (C+)	1490 nm	Mínima	3	1	-27	29
		Máxima	7	1	-27	33
		Media	5	1	-27	31

Tabla 3.12: Parámetros de potencia óptica entre OLT-ONT.

3.5.4.1. Presupuesto óptico

El cálculo del presupuesto óptico es vital para asegurar que la potencia óptica se mantenga dentro de los rangos aceptables en toda la red de fibra hasta el hogar (FTTH). Para dimensionar correctamente la red, es esencial considerar cinco aspectos clave relacionados con la atenuación: la pérdida de inserción máxima permitida en el sistema, la atenuación inherente a la fibra óptica, la pérdida ocasionada por los divisores ópticos, la pérdida en los conectores, y la pérdida en los empalmes. A continuación se fundamentarán los cálculos en la información proporcionada por las fichas técnicas de las fibras ópticas seleccionadas

- Para la Red Troncal o Principal: Se ha optado por la fibra óptica de tipo G.657, la cual garantiza compatibilidad con la especificación G.652.D. Esta selección destaca por ofrecer una atenuación máxima de 0.35 dB en longitudes de onda de 1310 nm y de 0.21 dB en 1550 nm.
- Para la Red Secundaria: Se ha seleccionado el cable MPO, perteneciente a la categoría G.657.A1. Este cable se caracteriza por una atenuación máxima de 0.35 dB a 1310 nm y de 0.22 dB a 1550 nm, con conectores que presentan una atenuación de 0.35 dB.
- Para la Red de Distribución: La selección ha recaído en el cable dual categorizado como G.657.A2, el cual muestra una atenuación de 0.35 dB a 1310 nm y de 0.21 dB a 1550 nm. Los conectores de este cable tienen una atenuación máxima de 0.3 dB.

Seguidamente se proporciona una tabla que detalla los valores de atenuación para cada componente de la red:

Elementos	Atenuaciones (dB)
FAT 1: 15/85	Puerto 1: 9.60 Puerto 2: 1
FAT 2: 20/80	Puerto 1: 7.90 Puerto 2: 1 40
FAT 3: 25/75	Puerto 1: 6.95 Puerto 2: 1 70
FAT 4: 30/70	Puerto 1: 6.00 Puerto 2: 1 90
FAT 5: 60/40	Puerto 1: 4.70 Puerto 2: 2 70
FAT 6: 1/8	10.5
Splitter 1x2	3.8
Empalme por fusión	0.2
Empalme por conectores	0.3- 0.5
Cable MPO Preconectorizado	0.35
Cable dual core	0.3
Cable de Fibra óptica	0.35 dB/km (1310)/ 0.22 dB/km (1550)

Tabla 3.13: Valores de atenuación para cada componente de la red.

Por consiguiente:

Componentes	Atenuación o Pérdida(P)
XBOX (Punto de empalme)	$P_e + P_{mpo} = 0.2 + 0.35 = 0.55$
Hub Box(Caja de distribución)	$P_{splitter} + P_{mpo} = 3.8 + 0.35 = 4.15$

Tabla 3.14: Valores de atenuación XBOX, HubBox.

En la representación esquemática de la red FTTH, mostrada en la figura 3.40, se detallan los componentes esenciales que la constituyen, incluidos el X Box, Hub Box, los Terminales de Acceso a Fibra (FATs), empalmes, conectores, rosetas ópticas, ONT y OLT. Este diagrama facilita una comprensión profunda de la estructura de la red, permitiendo una visión global de la ubicación y función de cada elemento dentro del sistema, lo que es crucial para la efectiva gestión del presupuesto óptico.

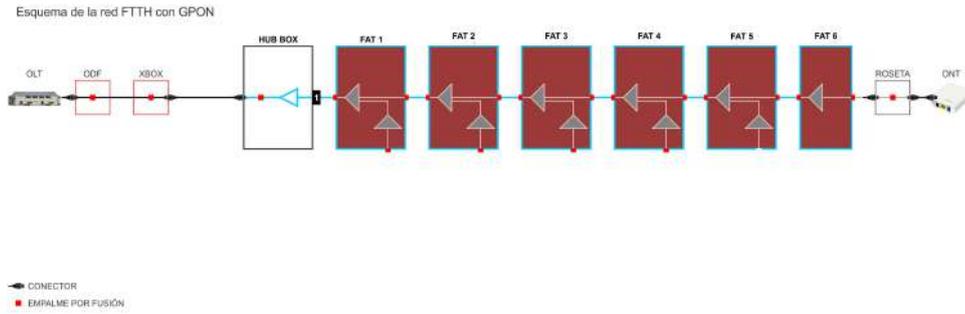


Figura 3.40: Esquema de la red FTTH con GPON. Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 3.15 presenta un resumen de la atenuación correspondiente a cada elemento considerado para el cálculo de la atenuación total.

Elemento	Atenuación (dB)
X Box	0.55
Hub Box	4.15
Splitter 1x8	10.6
Cable de fibra óptica -1490 nm (dB/km)	0.25
Conectores	0.3
Empalmes por fusión (1)	0.2
Margen de seguridad	3

Tabla 3.15: Atenuación específica de cada componente.

3.5.4.2. Cálculo del presupuesto óptico

En el presente análisis, se lleva a cabo la estimación del presupuesto de pérdidas ópticas, destacando que el presupuesto calculado se aplica de manera uniforme a los seis FATs ubicados en la primera fila. Esta consistencia se justifica porque estos seis FATs comparten características ópticas idénticas con las de las filas posteriores, permitiendo así que el cálculo del presupuesto se realice una sola vez para representar a todos ellos de forma efectiva. Este cálculo se basa en la premisa de que la distancia máxima entre el usuario final y la ubicación de cada FAT no supera los 100 metros.

Para determinar la pérdida total de una red de fibra óptica, se emplea la fórmula 2.2 la cual se detalla en el marco teórico.

Estimación del presupuesto de potencia óptica destinado a los usuarios que estarán empleando el terminal de acceso óptico 15/85:

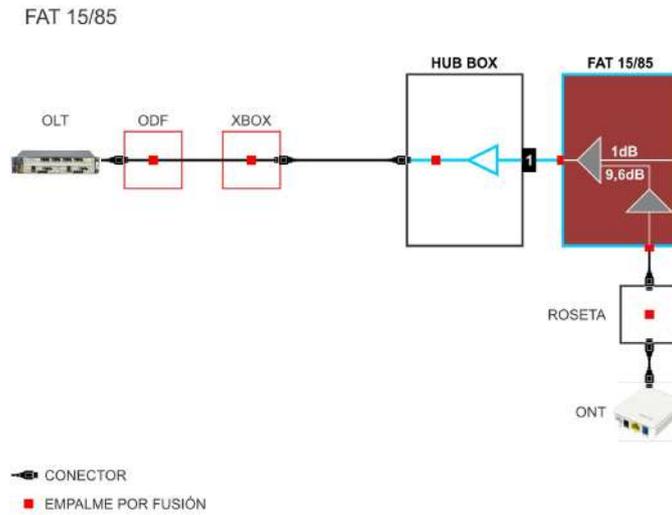


Figura 3.41: Esquema del presupuesto óptico, FAT 15/85. Fuente: Elaboración propia.

Presupuesto óptico - FAT 15/85		
Distancia total (km)	0.71	
Atenuación en FAT 15/85 (dB)	9.6	1
Número de conectores	7	
Atenuación total (dB)	29.477	

Tabla 3.16: Presupuesto óptico - FAT 15/85.

Estimación del presupuesto de potencia óptica destinado a los usuarios que estarán empleando el terminal de acceso óptico 20/80:

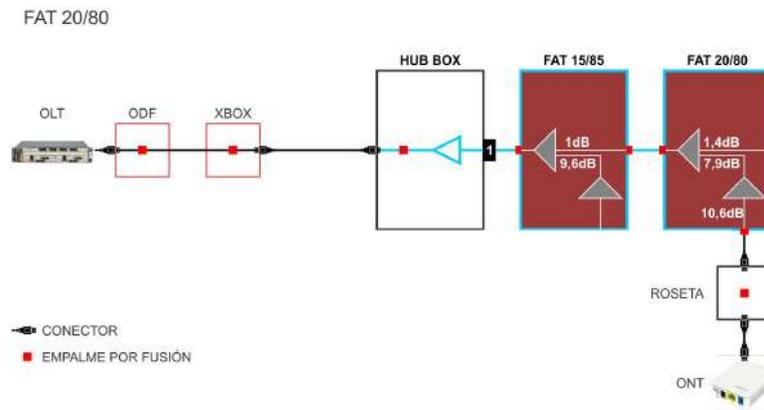


Figura 3.42: Esquema del presupuesto óptico, FAT 20/80. Fuente: Elaboración propia.

Presupuesto óptico - FAT 20/80		
Distancia total (km)	0.81	
Atenuación en FAT 15/85 (dB)	9.6	1
Atenuación en FAT 20/80 (dB)	7.9	1.4
Número de conectores	8	
Atenuación total (dB)	29.102	

Tabla 3.17: Presupuesto óptico - FAT 20/80

Estimación del presupuesto de potencia óptica destinado a los usuarios que estarán empleando el terminal de acceso óptico 25/75:

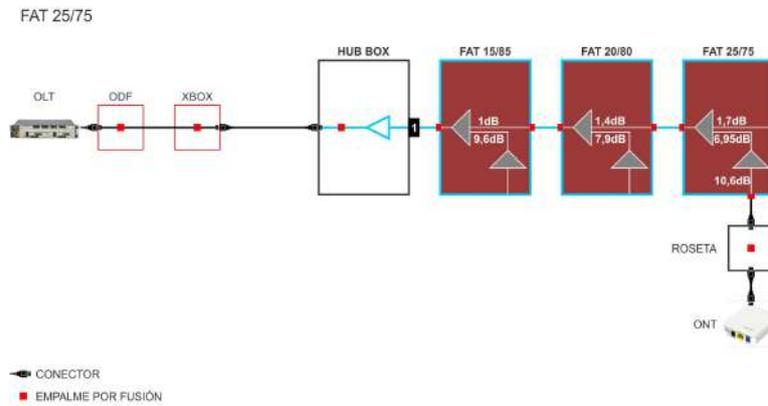


Figura 3.43: Esquema del presupuesto óptico, FAT 25/75. Fuente: Elaboración propia.

Presupuesto óptico - FAT 25/75		
Distancia total (km)	0.91	
Atenuación en FAT 15/85 (dB)	9.6	1
Atenuación en FAT 20/80 (dB)	7.9	1.4
Atenuación en FAT 25/75 (dB)	6.95	1.7
Número de conectores	9	
Atenuación total (dB)	29.877	

Tabla 3.18: Presupuesto óptico - FAT 25/75

Estimación del presupuesto de potencia óptica destinado a los usuarios que estarán empleando el terminal de acceso óptico 30/70:

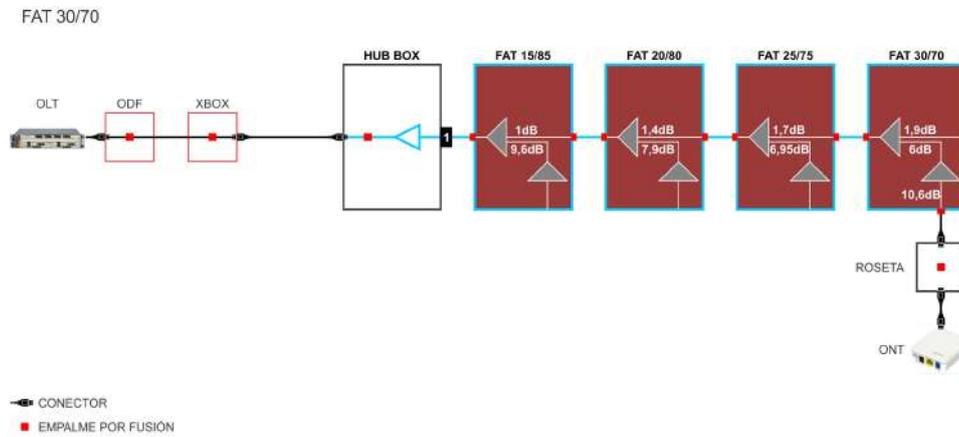


Figura 3.44: Esquema del presupuesto óptico, FAT 30/70. Fuente: Elaboración propia.

Presupuesto óptico - FAT 30/70		
Distancia total (km)	1.06	
Atenuación en FAT 15/85 (dB)	9.6	1
Atenuación en FAT 20/80 (dB)	7.9	1.4
Atenuación en FAT 25/75 (dB)	6.95	1.7
Atenuación en FAT 30/70 (dB)	6	1.9
Número de conectores	10	
Atenuación total (dB)	30.965	

Tabla 3.19: Presupuesto óptico - FAT 30/70

Estimación del presupuesto de potencia óptica destinado a los usuarios que estarán empleando el terminal de acceso óptico 40/60:

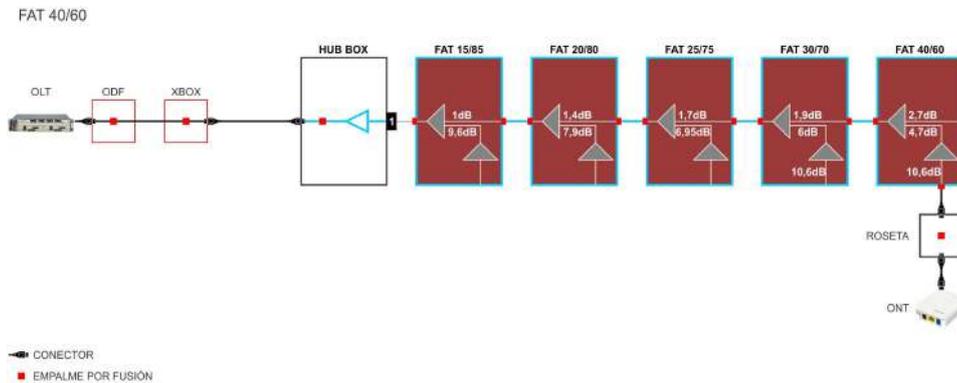


Figura 3.45: Esquema del presupuesto óptico, FAT 40/60. Fuente: Elaboración propia.

Presupuesto óptico - FAT 40/60		
Distancia total (km)	1.18	
Atenuación en FAT 15/85 (dB)	9.6	1
Atenuación en FAT 20/80 (dB)	7.9	1.4
Atenuación en FAT 25/75 (dB)	6.95	1.7
Atenuación en FAT 30/70 (dB)	6	1.9
Atenuación en FAT 40/60 (dB)	4.7	2.7
Número de conectores	11	
Atenuación total (dB)	31.895	

Tabla 3.20: Presupuesto óptico - FAT 40/60

Estimación del presupuesto de potencia óptica destinado a los usuarios que estarán empleando el terminal de acceso óptico 1/8:

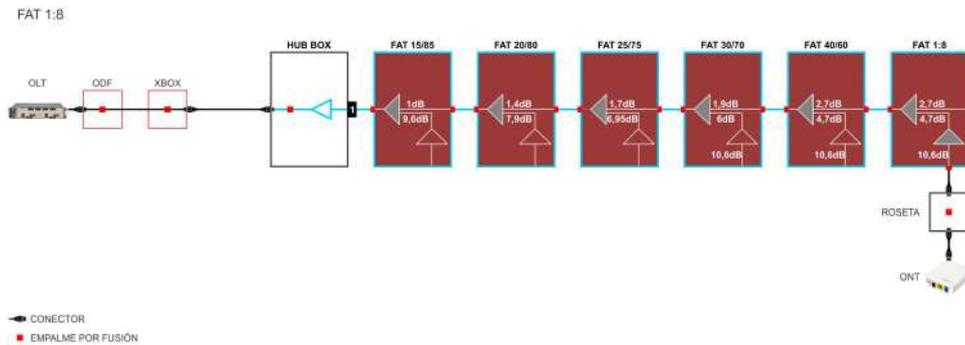


Figura 3.46: Esquema del presupuesto óptico, FAT 1/8. Fuente: Elaboración propia.

Presupuesto óptico - FAT 1X8		
Distancia total (km)	1.43	
Atenuación en FAT 15/85 (dB)	9.6	1
Atenuación en FAT 20/80 (dB)	7.9	1.4
Atenuación en FAT 25/75 (dB)	6.95	1.7
Atenuación en FAT 30/70 (dB)	6	1.9
Atenuación en FAT 40/60 (dB)	4.7	2.7
Número de conectores	12	
Atenuación total (dB)	30.232	

Tabla 3.21: Presupuesto óptico - FAT 1X8

Basándonos en los cálculos efectuados para cada zona, se ha confirmado que las cifras de pérdida en el segmento se encuentran en un intervalo de 29 a 32dB. Estos valores se encuentran en el intervalo establecido por la clase C+ para asegurar el correcto funcionamiento de la conexión entre la OLT y la ONT [58].

De acuerdo con la sugerencia de la normativa G984.2 en relación al presupuesto óptico, es fundamental considerar que la pérdida en el tramo debe ser inferior a los niveles de sensibilidad del equipo receptor.

$$Prx \leq Ptx - \infty_{total} \quad (3.20)$$

Donde:

Prx : Potencia mínima de sensibilidad de recepción del equipo.

Ptx : Máxima potencia emitida por el transmisor óptico.

∞_{total} = Total de pérdidas acumuladas.

FIBER ACCESS TERMINAL (FAT)	Ptx (dBm)	TOTAL DE PERDIDAS (dB)	Prx (dBm)	Ptx- TOTAL DE PERDIDAS
FAT 1: 15/85	7	29.477	-28	-22.477
FAT 2: 20/80	7	29.102	-28	-22.102
FAT 3: 25/75	7	29.877	-28	-22.877
FAT 4: 30/70	7	30.965	-28	-23.965
FAT 5: 40/60	7	31.895	-28	-24.895
FAT 6: 1/8	7	30.232	-28	-23.232

Tabla 3.22: Análisis de Prx vs. Atenuaciones

Según el análisis llevado a cabo en el escenario considerado, se evidencia que los resultados alcanzados no exceden los valores definidos en la desigualdad ni los límites de sensibilidad proporcionados por el productor de los equipos, los cuales están en línea con las instrucciones de la ITU-T G.984.2.

Capítulo 4

Estudio de Factibilidad

En este capítulo se llevará a cabo la valoración de las implicaciones económicas al implementar la herramienta tecnológica de la red PON, con el objetivo de verificar la viabilidad del proyecto. Se definen los gastos y los beneficios en su totalidad considerando todos los componentes de inversión, junto con las expectativas económicas de ganancias en un período específico.

4.1. Cálculo proyectado de la inversión

Para realizar una estimación precisa de la inversión necesaria en la implementación de la red FTTH en el distrito de Huayllabamba, se procedió a recopilar datos sobre los costos de los equipos y materiales requeridos. Esta recopilación de información se llevó a cabo mediante consultas detalladas a una variedad de especialistas en el suministro de soluciones de telecomunicaciones, asegurando así que los precios reflejen las condiciones actuales del mercado y las especificaciones técnicas necesarias para nuestro proyecto.

Las tablas 4.1, 4.2 y 4.3 presentan un resumen de los costos proyectados, organizados meticulosamente en categorías que reflejan las principales áreas de inversión para la infraestructura de la red FTTH: planta interna, planta externa, y cliente o acometida. Cada categoría incluye, pero no se limita a, los siguientes componentes:

- **Planta Interna:** Equipos de red activos y pasivos, sistemas de gestión de red, y hardware de servidores necesarios para el funcionamiento central de la red.
- **Planta Externa:** Costos asociados con la infraestructura física de la red, incluyendo cableado de fibra óptica, postes, conductos, y elementos de protección y seguridad.
- **Cliente o Acometida:** Equipos terminales del usuario (ONTs - Optical Network Terminals), cableado interior, y otros dispositivos necesarios para conectar al cliente final con la red.

Para complementar el análisis de inversión, se ha incorporado una evaluación de los costos operativos y de mantenimiento proyectados, proporcionando una visión completa del gasto total a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

PLANTA INTERNA-CENTRAL NOC	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	SUBTOTAL
CABLES				
CABLE PIGTAIL-SC/APC SM G.657A2-0.9MM-1M	UNIDAD	5.4	50	270
PATCHCORDS FO 2H	UNIDAD	20	2	40
				310
EQUIPOS				
OLT GPON/ 8-12-16PUERTOS/C+	UNIDAD	10294.2	1	10294.2
MODULO SFP C++	UNIDAD	149	2	298
GESTION DE RED (ROUTERS)	UNIDAD	5000	2	10000
				20592.2
DISPOSITIVOS				
BANDEJA DE DISTRIBUCION (ODF)/ 12PUERTOS	UNIDAD	141	1	141
GABINETE 24 RU	UNIDAD	800	1	800
PDU	UNIDAD	150	1	150
ARREGLO DE ENERGIA (ESTABILIZADOR, TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO)	UNIDAD	5000	1	5000
				6091
INSTALACION				
MONTAJE DE UN TERMINAL DE EMPALME	UNIDAD	30	1	30
INGRESO Y FUSION DE LA FO DE 12H EN ODF	UNIDAD	111.2	1	111.2
POZO A TIERRA	UNIDAD	1000	1	1000
				1141.2

Tabla 4.1: Planta interna, costo estimado

PLANTA EXTERNA	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	SUBTOTAL
MATERIALES DE SOPORTE				
CINTILLO DE NYLON NEGRO DE 10 CM X 0.5 CM CON PROTECCIÓN UV	METRO	3.2	100	320
HERRAJE DE MONTAJE POSTE FAT HUB BOX	UNIDAD	17.98	8	143.84
HERRAJE PASANTE ADSS	UNIDAD	10.8	2	21.6
HERRAJE DE INICIO FIN ADSS	UNIDAD	59.2	2	118.4
HERRAJE ORDENADOR DE RESERVA PARA FAT	UNIDAD	32.07	24	769.68
HERRAJE DE TENSIÓN TIPO TRÉBOL	UNIDAD	6.11	50	305.5
TEMPLADORES	UNIDAD	2	190	380
				2059.02
CABLES				
CABLE ADSS 4000N (69186) 24 HILOS F.O.SM	METRO	2.83	300	849
MPO, 12HILOS,300M	UNIDAD	639.31	1	639.31
FIBRA OPTICA PRECONECTORIZADA DE 2H, 100M	UNIDAD	276.82	17	4705.94
FIBRA OPTICA PRECONECTORIZADA DE 2H, 150M	UNIDAD	357.04	7	2499.28
CABLE DE FO MENSAJERO	METRO	1.3	2750	3575
				12268.53
DISPOSITIVOS				
CIERRE DE EMPALME XBOX SSC2807-FX-12-B	UNIDAD	368.18	1	368.18
CIERRE DE EMPALME HUBBOX SSC2823-SH-16	UNIDAD	523.18	1	523.18
CIERRE EMPALME FAT UNEVEN 1 ENTRA 9 SALI	UNIDAD	189.97	20	3799.4
CIERRE DE EMPALME FAT EVEN 8 SALIDAS	UNIDAD	149.53	4	598.12
ORDENADOR DE FIBRA HUBBOX ITC2101-W	UNIDAD	34.22	1	34.22
ORDENADOR DE FIBRA FAT ITC3105	UNIDAD	27.38	24	657.12
				5980.22
INSTALACION				
TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS 24 HILOS	METRO	1.3	300	390
TENDIDO DE CABLE MPO 12 HILOS	UNIDAD	14.4	1	14.4
INSTALACION DE XBOX (CAJA DE EMPALME O MUFA)	UNIDAD	56.48	1	56.48
(MAINIPULACION CAJA DE EMPALME)	UNIDAD	24.69	1	24.69
INSTALACION DE HUB BOX	UNIDAD	42.76	1	42.76
INSTALACION DE FAT	UNIDAD	42.76	24	1026.24
CONECTORIZACION FAT (INSTALAR FO PRECO DE 1H)	UNIDAD	1.2	24	28.8
INSTALACION CABLE MENSAJERO Y ACCESORIOS	METRO	1.65	2750	4537.5
				6120.87
DESARROLLO				
DISEÑO PLANIFICACION	UNIDAD	1296.4	1	1296.4
				1296.4

Tabla 4.2: Planta externa, costo estimado

ACOMETIDA	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	SUBTOTAL
MATERIALES DE SOPORTE				
TENSOR PARA CABLE DROP	UNIDAD	3.7	175	647.5
GRAPA PARA ACOMETIDA FTTH	UNIDAD	0.11	175	19.25
				666.75
CABLES				
FASTCONNECT DROP CABLE 100MTS	UNIDAD	124.15	175	21726.25
				21726.25
EQUIPOS				
ONT	UNIDAD	166.68	175	29169
ROSETA ÓPTICA	UNIDAD	45	175	7875
				37044
INSTALACION				
MONTAJE ACOMETIDA	UNIDAD	30.87	175	5402.25
				5402.25

Tabla 4.3: Acometida, costo estimado

TOTAL	
PLANTA INTERNA	28134.4
PLANTA EXTERNA	27725.04
ACOMETIDA	64839.25
TOTAL RED FTTH	120698.69

Tabla 4.4: Red FTTH, costo total estimado

La inversión total requerida para implementar la red de fibra óptica hasta el hogar (FTTH) en el distrito de Huayllabamba asciende a 120,698.69 nuevos soles.

4.1.1. Cálculo de los posibles ingresos

Las proyecciones de ingresos para la implementación de la red FTTH en el distrito de Huayllabamba se basan fundamentalmente en la prestación del servicio de conexión a internet de alta velocidad a los suscriptores. Se ha propuesto una tarifa mensual de 70 soles, la cual ha sido estratégicamente calculada para competir con las tarifas de los servicios de internet, tanto alámbricos como inalámbricos, disponibles actualmente en áreas cercanas al distrito.

La tarifa de 70 soles mensuales ha sido determinada tras un análisis exhaustivo del mercado, teniendo en cuenta la necesidad de establecer un precio que sea accesible para la población de Huayllabamba, sin comprometer la calidad del servicio. Este precio no solo refleja un equilibrio entre la accesibilidad y la sostenibilidad económica del proyecto, sino que también considera el valor agregado que la red FTTH ofrece en términos de velocidad, estabilidad y capacidad de la conexión a internet comparada con las opciones existentes. Este enfoque asegura que el proyecto sea viable desde una perspectiva financiera, fomentando su crecimiento y expansión.

Para el análisis financiero del proyecto de red FTTH en Huayllabamba, se ha establecido un horizonte temporal de 5 años, orientado a evaluar la recuperación del capital invertido y la generación de beneficios económicos.

Asimismo, para evaluar la factibilidad económica del proyecto de manera rigurosa, se utilizarán dos indicadores financieros fundamentales: el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Estos indicadores son esenciales para comprender la rentabilidad del proyecto y su capacidad para generar valor a lo largo del tiempo. Mediante el cálculo del VAN, se busca determinar el valor presente de los flujos de efectivo futuros del proyecto, considerando una tasa de descuento que refleje el costo de oportunidad del capital. Por su parte, la TIR se empleará para identificar el rendimiento porcentual esperado del proyecto, ofreciendo una medida de su atractivo relativo en comparación con otras inversiones potenciales.

Para llevar a cabo estos cálculos, es fundamental identificar y proyectar el flujo de efectivo del proyecto, incluyendo tanto los ingresos por la prestación de servicios como los costos operativos y de mantenimiento asociados.

4.2. Flujo de caja

Para evaluar la viabilidad a largo plazo del diseño propuesto, este análisis financiero contempla todos los aspectos clave, incluidos los gastos operativos y de mantenimiento. De acuerdo con un estudio meticuloso sobre iniciativas similares, se ha estipulado que el 10% de los ingresos anuales totales será destinado a cubrir los gastos asociados con la operación y mantenimiento de la infraestructura de la red durante un lapso de 5 años.

La proyección del flujo de caja abarca este período de cinco años, basándose en un supuesto realista de que, en el primer año, captaremos el 41.7% de la demanda potencial estimada para el proyecto, equivalente a 80 suscriptores. Este porcentaje de penetración se ha adoptado tomando como referencia la tasa de penetración de internet fijo en áreas similares a la del distrito de Huayllabamba, que actualmente se sitúa en el 41.7%, según datos del Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTTEL) [4].

Para los años siguientes, desde el segundo hasta el quinto, se anticipa un crecimiento anual constante del 5.1%. Esta tasa de crecimiento es congruente con las cifras proporcionadas por compañías de telecomunicaciones y refleja la tendencia de crecimiento anual del sector, según lo reportado por OSIPTTEL. Tal proyección indica que alcanzaremos un total de 120 suscriptores al final del quinto año.

Este modelo de crecimiento no solo se basa en datos sectoriales y comparativas regionales, sino que también considera la expansión esperada del servicio y la adopción tecnológica en la comunidad. Al proyectar un incremento gradual en el número de suscriptores, este análisis financiero subraya la solidez del proyecto de red FTTH en Huayllabamba, destacando su potencial para satisfacer las necesidades de conectividad de la población y contribuir al desarrollo socioeconómico de la región.

Aunque la infraestructura de la red está prevista para cubrir hasta 192 hogares, la adopción de una estrategia de crecimiento escalonado demuestra un enfoque pragmático y reflexivo. Esta metodología está diseñada para alinear las proyecciones de crecimiento del proyecto con las tendencias de adopción tecnológica observadas en mercados similares, así como con las expectativas y la capacidad de adopción de la comunidad local en Huayllabamba. Tal enfoque asegura que el proyecto satisfaga las demandas actuales y futuras por servicios de conectividad avanzada en la región, y además mantenga una viabilidad financiera, optimizando el período de retorno de la inversión a través de un aumento gradual y sostenible en el número de suscriptores.

Para proporcionar una base sólida para estas afirmaciones, se ha elaborado un detallado modelo financiero que abarca las proyecciones de flujos de efectivo para los primeros cinco años de operación. Este modelo integra los ingresos esperados por la prestación de servicios, los gastos operativos asociados y la amortización de la inversión inicial, ofreciendo una visión clara del punto de equilibrio y las expectativas de rentabilidad a lo largo del tiempo.

AÑO	CLIENTES	INGRESO MENSUAL	INGRESO ANUAL	EGRESO(10% DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO)	FLUJO DE CAJA(INGRESO-EGRESO)
0	0	0	0	120698.69	-120698.69
1	80	5600	67200	12069.869	55130.131
2	90	6300	75600	12069.869	63530.131
3	100	7000	84000	12069.869	71930.131
4	110	7700	92400	12069.869	80330.131
5	120	8400	100800	12069.869	88730.131

Tabla 4.5: Flujo de caja

Este análisis del flujo de caja demuestra que, incluso bajo supuestos conservadores de adopción y crecimiento, el proyecto presenta una viabilidad financiera prometedora, con potencial para generar beneficios sustanciales tanto para los operadores de la red como para la comunidad de Huayllabamba, respaldando así el argumento a favor de su implementación.

En el estudio del flujo de caja, presentado en la Tabla 4.5, se considera una inversión inicial de 120,698.69 nuevos soles, necesaria para el desarrollo de la red FTTH en el distrito de Huayllabamba. Para evaluar la viabilidad financiera de esta inversión, se ha adoptado una

tasa de interés del 16.29 %, determinada conforme a la tasa de descuento privada. Esta tasa refleja el costo de oportunidad, la cual es sugerida para los inversionistas en el sector de Telecomunicaciones y ha sido calculada en varios estudios financieros empleando metodologías financieras avanzadas, específicamente el Modelo de Valoración de Activos de Capital (Capital Asset Pricing Model, CAPM) y el Costo Promedio Ponderado de Capital (Weighted Average Cost of Capital, WACC) [59]. Estas metodologías proporcionan un marco robusto para determinar una tasa de descuento que refleje adecuadamente el riesgo y el retorno esperado de la inversión en el contexto específico de proyectos privados en telecomunicaciones. El CAPM considera el riesgo sistemático del mercado para calcular el retorno esperado de una inversión, mientras que el WACC ofrece una visión comprensiva del costo promedio de los fondos, combinando tanto el costo de la deuda como el costo del capital propio [60].

Seguidamente se efectúa el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y se determina la Tasa Interna de Retorno (TIR), en la práctica, estos cálculos se efectúan frecuentemente utilizando herramientas financieras avanzadas, como calculadoras financieras especializadas o software como Microsoft Excel, que ofrecen funciones financieras integradas. Estas funciones permiten calcular de manera precisa el valor presente de los flujos de efectivo futuros, ajustados por la tasa de interés, proporcionando así una base sólida para la toma de decisiones de inversión.

En el contexto de este proyecto, se optará por Microsoft Excel, es importante aclarar que el término "VNA" (Valor Neto Actualizado) se utiliza específicamente para referirse al Valor Actual Neto excluyendo la inversión inicial. Esta distinción es crucial para entender que el VNA refleja el retorno neto del proyecto, descontando el coste inicial de la inversión. Los resultados obtenidos de estos cálculos, que evidencian la rentabilidad y el período de recuperación de la inversión, se presentan detalladamente en la Tabla 4.6.

Estos indicadores financieros son esenciales para confirmar la viabilidad financiera del proyecto y para demostrar su potencial de generar valor económico a largo plazo. Un VAN positivo indica que el proyecto está generando un retorno neto sobre la inversión inicial, después de considerar el costo del capital. Por otro lado, una TIR superior a la tasa de interés adoptada señala que el proyecto ofrece un rendimiento atractivo en comparación con otras oportunidades de inversión, justificando así su ejecución desde una perspectiva financiera.

VNA:	S/ 225770.36
VAN:	S/ 225770.36 - S/ 120698,69 = S/ 105071.67
TIR:	46%

Tabla 4.6: Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno

La Tabla 4.7 presenta un análisis detallado del tiempo proyectado para alcanzar el retorno de la inversión en el proyecto de red FTTH en Huayllabamba. Este análisis se fundamenta en una serie de supuestos realistas respecto a las tasas de adopción del servicio, las tarifas mensuales aplicadas, y los costos operativos anuales, proporcionando así una estimación precisa del tiempo necesario para que la inversión inicial de 120,698.69 nuevos soles genere beneficios netos positivos. Es importante señalar que el período de recuperación de la inversión refleja la solidez financiera del proyecto, asimismo proporciona una métrica valiosa para comparar la rentabilidad de esta iniciativa con otras opciones de inversión disponibles en el sector de las telecomunicaciones. Un PRI más corto indica una recuperación más rápida del capital invertido, lo que es especialmente relevante en un entorno tecnológico en constante evolución, donde la capacidad para adaptarse y reinvertir en innovaciones futuras es clave para el éxito a largo plazo.

AÑO	FLUJO DE CAJA(INGRESO-EGRESO)	FACTOR	VALOR ACTUAL	ACUMULADO
0	-120698.69	1	-120698.69	-120698.69
1	55130.131	1.16	47525.975	-73172.715
2	63530.131	1.34	47410.54552	-25762.16948
3	71930.131	1.56	46109.05833	20346.88886
4	80330.131	1.81	44381.28785	64728.1767
5	88730.131	2.1	42252.44333	106980.62

Tabla 4.7: Cálculo del Período de Recuperación de la Inversión

Determinar el Período de Recuperación de la Inversión (PRI) es crucial para evaluar la viabilidad financiera del proyecto, y se logra identificando el momento en que el flujo de caja acumulado transiciona de un valor negativo a uno positivo. De acuerdo con nuestras proyecciones, este punto de inflexión ocurre entre el segundo y tercer año de operación, marcando el período en que se espera que la inversión comience a generar retornos positivos.

Para calcular el PRI con mayor precisión, es recomendable aplicar un método de interpolación lineal entre estos dos años [61]. Este enfoque matemático permite estimar el momento exacto dentro de este intervalo en el que se logra el equilibrio financiero. La fórmula general para la interpolación lineal se expresa como:

$$PRI = t_1 + \frac{(0 - AC_{t_1})}{(AC_{t_2} - AC_{t_1})} \quad (4.1)$$

Donde:

- t_1 es el último período con un valor acumulado negativo (año 2).
- AC_{t_1} es el valor acumulado al final del período t_1 (año 2).
- AC_{t_2} es el valor acumulado al final del período siguiente donde el valor acumulado es positivo por primera vez (año 3).

Reemplazando:

$$PRI = 2 + \frac{20346,89 - (-25762,17)}{-(-25762,17)} \quad (4.2)$$

PRI:	2.5587
-------------	--------

Tabla 4.8: Período de Recuperación de la Inversión

El PRI del proyecto es de aproximadamente 2.5587 años. Esto indica que se espera que el proyecto logre recuperar su inversión inicial en algún punto durante el tercer año de

operación. Para expresar este período de recuperación más detalladamente en términos de meses, se procede a convertir la fracción decimal a meses, multiplicando por 12, el número de meses en un año.

Por consiguiente, la parte decimal 0.5587, que representa la fracción del año después de completar los dos años completos, se convierte en meses de la siguiente manera:

$$0,5587 \text{ años} \times 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}} = 6,70 \text{ meses} \quad (4.3)$$

En consecuencia, el PRI de 2.5587 años se interpreta como aproximadamente 2 años y 7 meses. Este cálculo revela que, basado en las proyecciones del flujo de caja y la tasa de descuento aplicada, la inversión inicial en el proyecto de red FTTH se recuperará alrededor de los dos años y siete meses tras la puesta en marcha.

Adicionalmente, se ha incorporado al análisis una proyección cautelar para considerar las posibles fluctuaciones en la adopción inicial del servicio. En este escenario adverso, se estima que el número de suscriptores durante el primer año alcanza solo el 20% de la demanda calculada, proporcionando una perspectiva conservadora sobre la captación de mercado. Este enfoque permite evaluar la resiliencia financiera del proyecto ante condiciones menos favorables de lo esperado, asegurando una comprensión completa de los riesgos y oportunidades. Para fortalecer nuestro análisis de viabilidad y garantizar una comprensión exhaustiva del proyecto, se ha incluido una proyección cautelar. Este escenario adverso tiene en cuenta las posibles variaciones en la adopción temprana del servicio de FTTH en el distrito de Huayllabamba.

AÑO	CLIENTES	INGRESO MENSUAL	INGRESO ANUAL	EGRESO(10% DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO)	FLUJO DE CAJA(INGRESO-EGRESO)
0	0	0	0	120698.69	-120698.69
1	50	3500	42000	12069.869	29930.131
2	60	4200	50400	12069.869	38330.131
3	70	4900	58800	12069.869	46730.131
4	80	5600	67200	12069.869	55130.131
5	90	6300	75600	12069.869	63530.131

Tabla 4.9: Flujo de caja

VNA:	S/ 143851.25
VAN:	S/ 143851.25 - S/ 120698,69 = S/ 23152.56
TIR:	23 %

Tabla 4.10: Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno

AÑO	FLUJO DE CAJA(INGRESO-EGRESO)	FACTOR	VALOR ACTUAL	ACUMULADO
0	-120698.69	1	-120698.69	-120698.69
1	29930.131	1.16	25801.83707	-94896.85293
2	38330.131	1.34	28604.57537	-66292.27756
3	46730.131	1.56	29955.21218	-36337.06538
4	55130.131	1.81	30458.63591	-5878.429467
5	63530.131	2.1	30252.44333	24374.01387

Tabla 4.11: Cálculo del Período de Recuperación de la Inversión

PRI:	4.1943
-------------	--------

Tabla 4.12: Período de Recuperación de la Inversión

La inclusión de este escenario adverso es fundamental para validar la solidez del proyecto bajo diversas condiciones de mercado, ofreciendo una visión más matizada de su viabilidad económica. Esta metodología refleja una planificación cuidadosa y una estrategia de mitigación de riesgos, elementos esenciales para convencer a los lectores académicos y potenciales inversores de la robustez y el valor estratégico del proyecto de red FTTH en Huayllabamba.

4.3. Valor Actual Neto (VAN)

Este concepto abarca los beneficios netos que un proyecto produce durante un período estimado después de haber recobrado la inversión inicial. La generación de este elemento financiero en el largo plazo implica la agregación de los flujos de efectivo netos proyectados, los cuales han sido ajustados mediante una reducción basada en una tasa de interés específica[38].

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FNE}{(1+i)^t} \quad (4.4)$$

Donde:

VAN = Valor actual neto.

I_0 = Es la cantidad inicial invertida en el proyecto.

t = Representa cada periodo de tiempo, generalmente años.

FNE = Indica el flujo neto de efectivo durante el periodo.

i = Es la tasa de interés anual.

Como se detalló en el capítulo 2 de esta tesis, se presentan tres escenarios de análisis del Valor Actual Neto (VAN):

- $VAN > 0$: Proyecto rentable.
- $VAN < 0$: Proyecto no rentable.
- $VAN = 0$: Sin ganancias ni pérdidas

A continuación, se procede a realizar el cálculo del Valor Actual Neto (VAN), empleando la fórmula financiera establecida. Para este análisis, se conservan inalteradas las condiciones iniciales, que comprenden una tasa de descuento del 16.29%, un período de análisis de 5 años, y gastos de funcionamiento y conservación de la red que representan el 10% de los costos totales.

$$VAN = -120698,690 + \frac{55130,131}{1,16^1} + \frac{63530,131}{1,16^2} + \frac{71930,131}{1,16^3} + \frac{80330,131}{1,16^4} + \frac{88730,131}{1,16^5}$$

$$VAN = -120698,690 + \frac{55130,131}{1,16} + \frac{63530,131}{1,34} + \frac{71930,131}{1,56} + \frac{80330,131}{1,81} + \frac{88730,131}{2,1}$$

$$VAN = -120698,690 + 47525,975 + 47410,545 + 47410,545 + 44381,287 + 42252,443$$

$$VAN = -120698,690 + 225770,36$$

$$VAN = 105071,67$$

El cálculo del Valor Actual Neto (VAN), que asciende a 105,071.67 nuevos soles, confirma de manera concluyente la viabilidad financiera del proyecto propuesto para implementar una red FTTH en el distrito de Huayllabamba. La obtención de un VAN positivo es un indicador fundamental de que los beneficios financieros proyectados del proyecto superan con creces el costo inicial de la inversión. Este resultado justifica la realización del proyecto desde una perspectiva económica.

4.4. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR se determina como la tasa de interés en la que el Valor Actual Neto (VAN) de una inversión se equilibra en cero.

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FNE}{(1 + TIR)^t} \quad (4.5)$$

Para la Tasa Interna de Retorno (TIR), también existen tres escenarios de interpretación, que señala el potencial de ganancia económica del proyecto[38]:

- Si la tasa de interés es menor que la TIR, es recomendable invertir en el proyecto.

- Si la tasa de interés es mayor que la TIR, la inversión resultará en pérdidas. La decisión es negativa y se debe rechazar el proyecto.
- Si la tasa de interés es igual a la TIR, la inversión no generará ni ganancias ni pérdidas.

Para el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR), se identifica la tasa de interés i que resulta en un VAN de cero. Dado que la TIR emerge de una ecuación polinómica basada en los flujos de efectivo proyectados y carece de una solución directa, su determinación generalmente se realiza a través de métodos iterativos.

$$0 = -120698,690 + \frac{55130,131}{(1+i)^1} + \frac{63530,131}{(1+i)^2} + \frac{71930,131}{(1+i)^3} + \frac{80330,131}{(1+i)^4} + \frac{88730,131}{(1+i)^5}$$

La utilización de la función TIR en Excel, tal como se ha realizado anteriormente, facilita la entrada de una serie de flujos de caja proyectados, computando automáticamente la tasa de interés para la cual el VAN del proyecto se iguala a cero.

Otra manera para encontrar el valor de i que satisface esta ecuación, a través de métodos numéricos dado que la ecuación no puede ser resuelta analíticamente debido a su naturaleza no lineal. Es utilizando el método de Brent, una combinación de bisección, secante y método inverso de interpolación cuadrática, es particularmente eficaz para encontrar raíces de funciones no lineales [62].

Dado que la Tasa Interna de Retorno (TIR) es mayor que el 16.28% de tasa de interés, se confirma la factibilidad financiera de la inversión en el proyecto. A lo largo del período previsto, se estima que los saldos serán positivos, lo que conducirá a la generación de rentabilidad y la sostenibilidad a largo plazo del proyecto, respaldando su viabilidad, en línea con las tres alternativas detalladas anteriormente en la sección 2.10 del indicador financiero (TIR).

Con el objetivo de adquirir una comprensión más detallada de los cálculos realizados, se recomienda examinar detalladamente el Anexo 11. Este anexo contiene una exposición detallada de los procedimientos utilizados para determinar el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), ofreciendo una visión completa de la metodología financiera aplicada.

Capítulo 5

Simulación y Resultados

5.1. Simulación de la red GPON-FTTH

Este capítulo describe minuciosamente el diseño y configuración de la red FTTH GPON simulada, detallando la topología adoptada, los componentes esenciales integrados y los parámetros críticos ajustados durante la simulación. Este análisis tiene como finalidad confirmar la viabilidad técnica del diseño propuesto. Al someter la configuración de red a una serie de simulaciones detalladas, se pretende verificar que cada aspecto de la arquitectura diseñada se alinea con las expectativas teóricas.

5.1.1. Selección de la herramienta de simulación: OptiSystem

Se introduce OptiSystem versión 7 desarrollado por la empresa Optiwave, como la herramienta elegida para llevar a cabo las simulaciones del proyecto de red diseñada para el distrito de Huayllabamba. OptiSystem se destaca por su capacidad para ofrecer una representación detallada de la propagación de señales ópticas a través de diversos medios, la interacción con una amplia gama de dispositivos ópticos y la evaluación de indicadores de rendimiento esenciales. Las razones específicas por las que OptiSystem se adapta particularmente al presente proyecto incluyen:

- **Capacidad de simulación de redes PON:** OptiSystem proporciona un entorno brindando un arsenal de funcionalidades que facilitan una modelación detallada de estas redes, permitiendo ajustar detalladamente cada elemento de la red, desde el Terminal de Línea Óptica (OLT) hasta el Terminal de Red Óptica (ONT), incluyendo los splitters ópticos y otros componentes pasivos.
- **Flexibilidad en la configuración de componentes:** La plataforma permite una personalización profunda de los parámetros de los componentes, lo que facilita la adaptación del modelo de simulación a las condiciones específicas y los requerimientos del proyecto. Esta flexibilidad es clave para explorar diferentes configuraciones de red y optimizar el diseño para un rendimiento óptimo.
- **Análisis de rendimiento detallado:** OptiSystem posibilita la evaluación de métricas críticas como el factor Q y la Tasa de Error de Bit (BER), proporcionando una visión clara de la calidad de la transmisión y la eficiencia del sistema. Esto es esencial para asegurar que la red propuesta cumpla con los estándares de calidad y fiabilidad requeridos.
- **Visualización e interpretación de resultados:** La herramienta ofrece capacidades avanzadas de visualización que permiten interpretar los resultados de las simulaciones de manera intuitiva, facilitando la identificación de posibles mejoras o ajustes en el diseño de la red.

5.1.2. Características del entorno de simulación

Para representar de manera aproximada el diseño propuesto y sus especificaciones de funcionamiento, se ajustaron meticulosamente diversos parámetros clave dentro de la plataforma de simulación OptiSystem. Este enfoque detallado permite una modelización precisa de la red FTTH propuesta, asegurando que las simulaciones reflejen de cerca las condiciones reales de operación y las expectativas de rendimiento.

- **Método de transmisión:**

El sistema de comunicación utiliza la tecnología de multiplexación por división de longitud de onda (WDM, Wavelength Division Multiplexing) en una única fibra óptica.

- **Longitudes de onda de operación:** Longitudes de onda de operación: Se eligieron 1490 nm para la transmisión descendente (downstream) y 1310 nm para la transmisión ascendente (upstream), alineadas con los estándares GPON y las especificaciones técnicas de los equipos seleccionados.

- **Código de línea:** Tanto en la dirección ascendente como descendente, se aplicará la codificación sin retorno a cero (NRZ, Non Return to Zero).

- **Atenuaciones esperadas:** Se calcularon las atenuaciones a lo largo de la red, considerando tanto la fibra óptica G.652.D y G.657.A1 como las inherentes a cada componente (splitters, empalmes, conectores), y se ajustaron según las pérdidas específicas esperadas para cada tipo de splitter. En la simulación, se emplearon atenuadores y amplificadores ópticos para simular de manera efectiva los splitters desbalanceados y sus efectos en la distribución de la potencia.

- **BER y Factor Q:** Se priorizaron dos parámetros clave para evaluar adecuadamente la eficiencia del sistema de transmisión: la Tasa de Error de Bit (BER) mínima y el Factor de Calidad (Factor Q).

La Tasa de Error de Bit (BER) mínima, conforme a las directrices de la norma ITU G984.2, debe ser igual o inferior a 1×10^{-10} . Esto significa que se permite un error por cada diez mil millones de bits enviados. El Factor de Calidad (Factor Q), también siguiendo la normativa ITU G984.2, requiere ser igual o superior a 6, asegurando así la integridad y la calidad de la señal en la red de transmisión.

- En el modelado de la simulación, se destaca una tasa de transferencia de 2.5 gigabits por segundo (Gbps), un intervalo temporal fijado en $0.41 \mu s$, y una tasa de muestreo establecida en 80 GHz. Se trabaja con secuencias de 1024 bits, aplicando 32 muestras para cada bit, para una representación detallada y precisa de la señal en el análisis.

Seguidamente, se presenta una concisa explicación de los componentes que se emplearon en la herramienta de simulación para comprender la representación gráfica.

5.1.2.1. WDM Transmitter (OLT)

Se optó por utilizar el WDM Transmitter para representar la funcionalidad de la OLT, en lugar del Optical Transmitter más genérico. Esta elección se basa en la capacidad del WDM Transmitter para simular el envío de múltiples longitudes de onda a lo largo de un solo canal óptico, una característica esencial de las redes GPON que operan bajo el estándar ITU G.984.x.

La utilización del WDM Transmitter refleja la intención de diseñar una red que sea capaz de escalar y adaptarse a futuras demandas de servicios, asegurando la compatibilidad con tecnologías emergentes y la expansión de la capacidad sin necesidad de cambios radicales en la infraestructura existente. Por tanto, esta decisión no solo atiende a las necesidades actuales de simulación sino que también prepara el terreno para la evolución futura de la red.

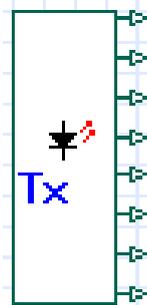


Figura 5.1: Terminal de Línea Óptica . Fuente: Optisystem versión 7.

Parámetros configurados:

- Frecuencia: 1490 nm, crucial para simular el tráfico de bajada en la red.
- Espaciado de frecuencia: 100 GHz, para representar el rango de longitudes de onda utilizadas en transmisiones GPON.
- Relación de extinción: 15 dB. Este valor es crucial para mantener una clara distinción entre los niveles lógicos alto y bajo en las transmisiones digitales, contribuyendo directamente a la reducción de errores en la detección de la señal y mejorando la calidad global de la transmisión.
- Anchura de línea: 10 MHz. Refleja la consistencia y exactitud de la frecuencia de la señal láser emitida, aspectos fundamentales para una transmisión efectiva a través de largas distancias y múltiples divisiones de señal. Una anchura de línea estrecha mejora la coherencia temporal de la luz y es clave para contrarrestar los efectos de dispersión y otras formas de degradación de la señal en la red.

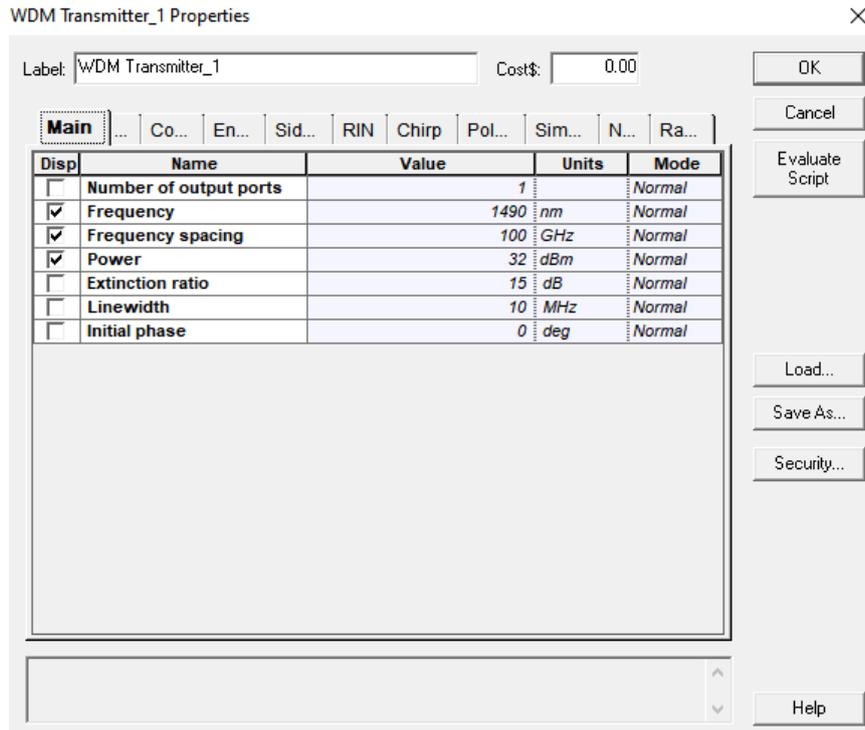


Figura 5.2: Configuración del WDM Transmitter. Fuente: Optisystem versión 7.

5.1.2.2. Optical Receiver (ONT)

Este componente es la pieza fundamental que vincula la red de fibra óptica de acceso conectada a la infraestructura interna de comunicación dentro del hogar del usuario. Esta conexión resulta esencial para garantizar el suministro eficaz de servicios de comunicación y conexión a internet al usuario final. Además esta enlazado directamente a los divisores ópticos. Optar por un receptor óptico integrado, en vez de un fotodetector con un filtro externo, simplifica la infraestructura de la red, disminuye la complejidad operativa y mejora la fiabilidad del sistema al reducir los componentes susceptibles a fallos.

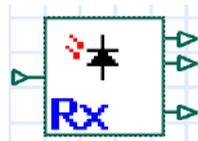


Figura 5.3: Terminal de Red Óptica . Fuente: Optisystem versión 7.

Configuración del receptor óptico:

- **Fotodetector:** Se seleccionó el tipo PIN por su equilibrio entre sensibilidad, ancho de banda y costo, ideal para aplicaciones de alta velocidad y eficiencia en telecomunicaciones, lo que lo hace apto para la recepción de señales en redes FTTH.
- **Ganancia:** Ajustada a 3 para facilitar una conversión efectiva de señales ópticas a eléctricas, manteniendo la claridad de la señal sin distorsiones notables.
- **Relación de ionización:** Fijada en 0.9 para una conversión eficiente de fotones en corriente eléctrica, manteniendo la calidad de la señal detectada.
- **Responsividad:** Establecida en 1 A/W para asegurar una detección efectiva de señales ópticas de baja potencia, contribuyendo a una calidad de servicio uniforme.
- **Corriente oscura:** Mantenido en 10 nA para reducir el ruido en el receptor, mejorando la relación señal-ruido y la calidad de la señal recibida.

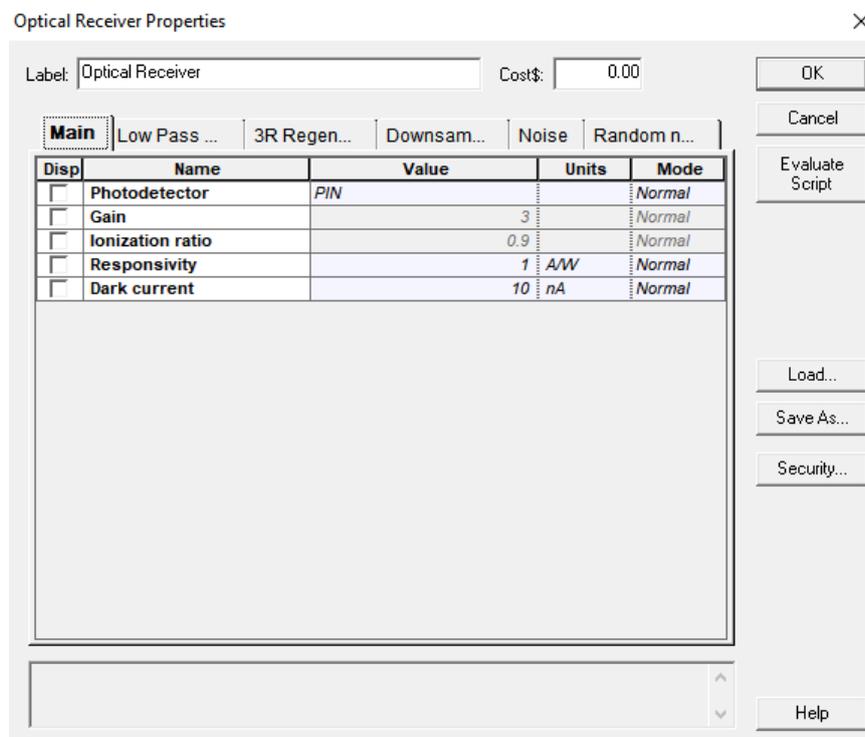


Figura 5.4: Configuración del Optical Receiver. Fuente: Optisystem versión 7.

5.1.2.3. Power Splitter

Esta herramienta es responsable de efectuar la división de la señal óptica, considerando el número de salidas requeridas. Para esta configuración específica, se van a utilizar splitters con relaciones de división de 1:2 y 1:8.

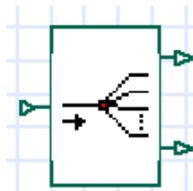


Figura 5.5: Splitter . Fuente: Optisystem versión 7.

5.1.2.4. Optical Attenuator

El atenuador óptico se utiliza como herramienta clave para simular la atenuación específica en diferentes partes de una red de fibra óptica, permitiendo ajustar de manera precisa la pérdida de señal en puntos determinados. En nuestra simulación de la red propuesta, el Optical Attenuator ha jugado un papel crucial para representar la variabilidad en la atenuación introducida por los splitters desbalanceados en cada uno de los FATs, así como para simular las pérdidas inherentes a los empalmes de fibra óptica especificados en el diseño.

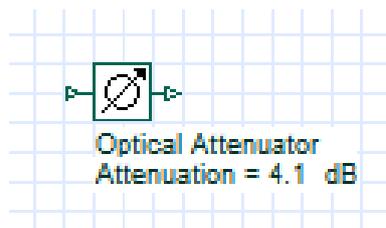


Figura 5.6: Optical Attenuator. Fuente: Optisystem versión 7.

La utilización de Optical Attenuators para ajustar la atenuación en puntos específicos de la red permite una gran flexibilidad en la simulación, habilitando la representación de condiciones de red muy variadas y específicas, tales como las presentadas por los splitters desbalanceados y los empalmes, componentes esenciales en el diseño de nuestra red.

5.1.2.5. Optical Amplifier

El amplificador optico es una herramienta crucial para mejorar la señal óptica a lo largo de la red, compensando las pérdidas inherentes a la transmisión por fibra óptica y manteniendo la calidad de la señal hasta llegar al usuario final. Este componente es especialmente valioso en redes con topologías complejas o extensas, donde la atenuación puede comprometer el rendimiento de la red.

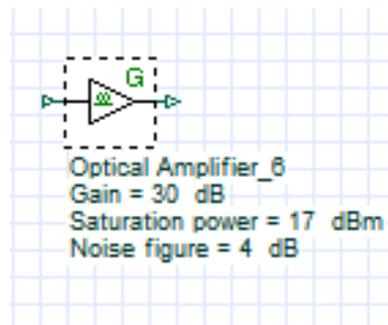


Figura 5.7: Optical Amplifier. Fuente: Optisystem versión 7.

5.1.2.6. Optical Power Meter

Este instrumento de evaluación será fundamental para cuantificar la potencia recibida por nuestro equipo terminal, lo que nos permitirá hacer una comparación precisa con la sensibilidad requerida. El propósito es evaluar la viabilidad del enlace y asegurar que cumple con los criterios esenciales para un rendimiento óptimo.



Figura 5.8: Medidor de Potencia Óptica . Fuente: Optisystem versión 7.

5.1.3. Diseño de la simulación

El diseño de la simulación se estructuró en torno a tres escenarios clave para evaluar la red FTTH: el enfoque en el cliente más cercano, el análisis del cliente más distante y el cliente donde la atenuación es más alta calculada teóricamente. Este enfoque permite una evaluación comprensiva de la red desde dos extremos operacionales críticos, abordando tanto las optimizaciones necesarias para asegurar una conexión eficiente y de alta calidad para usuarios cercanos, como las estrategias requeridas para mantener la integridad de la señal en distancias más largas.

5.1.3.1. Simulación de Splitters Desbalanceados

En la realización de las simulaciones para el diseño, se enfrentó el desafío de la inexistencia de componentes específicos como splitters desbalanceados, esenciales para el modelado preciso de la distribución de señal en la red. Para abordar esta limitación y simular de manera efectiva la funcionalidad de los splitters desbalanceados, se implementaron dos métodos alternativos, sustentados en principios de la tecnología óptica y telecomunicaciones [23].

- **Método 1: Utilización de splitters convencionales y atenuadores**

El primer enfoque consistió en emplear splitters ópticos convencionales disponibles en OptiSystem, complementados con atenuadores, para simular las diferencias en la atenuación entre las salidas de los splitters desbalanceados. Este método se basa en el principio de atenuación óptica, donde los atenuadores ajustan la intensidad de la señal para replicar la distribución desigual de potencia característica de los splitters desbalanceados.

- **Método 2: Combinación de atenuadores y amplificadores ópticos**

El segundo método amplía el anterior incorporando amplificadores ópticos en las salidas de menor atenuación de los splitters para simular una distribución desigual pero controlada de la potencia. Adicionalmente, se añadió un amplificador óptico justo

después del WDM Transmitter para compensar el incremento generalizado de las atenuaciones introducidas por la estrategia de simulación. Este enfoque se sustenta en el concepto de amplificación óptica, un método ampliamente utilizado en telecomunicaciones para fortalecer la señal óptica y mitigar las pérdidas de transmisión a lo largo de la red. La inclusión de un amplificador después del WDM Transmitter es una práctica común en el diseño de redes de telecomunicaciones para asegurar que la potencia de la señal sea suficiente para superar las pérdidas intrínsecas del sistema y mantener la integridad de la transmisión.

La aplicación de estos métodos en la simulación de la red FTTH GPON se fundamenta en teorías y principios de la tecnología óptica y de telecomunicaciones, tales como la gestión de la potencia de la señal, la atenuación y la amplificación en sistemas de comunicaciones ópticas. La utilización de componentes como atenuadores y amplificadores para simular las características de los splitters desbalanceados está en consonancia con las técnicas de modelado y simulación empleadas en la industria para evaluar el comportamiento de las redes ópticas bajo diferentes escenarios operativos.

A. Principio de simulación de Redes Ópticas Pasivas (PON): Las redes FTTH GPON se basan en el uso eficiente de la fibra óptica para distribuir servicios de telecomunicaciones desde un punto central (OLT) a múltiples usuarios finales (ONTs) a través de componentes pasivos, como los splitters. La ausencia de splitters desbalanceados en OptiSystem nos lleva a aplicar principios de adaptabilidad y modelado aproximado para emular su comportamiento mediante la combinación de splitters convencionales, atenuadores y amplificadores ópticos. Esta adaptación se fundamenta en la capacidad de estos elementos para replicar las condiciones de pérdida de señal y distribución de potencia observadas en redes reales [63].

B. Principio de atenuación y distribución de potencia: La atenuación en redes ópticas es un factor crítico que influye directamente en la calidad y el alcance de la señal. Al utilizar atenuadores, simulamos la pérdida intrínseca de los splitters desbalanceados, ajustando así la potencia de la señal para reflejar condiciones realistas de operación. Por otro lado, la inclusión de amplificadores ópticos compensa las pérdidas adicionales, asegurando que la señal mantenga una intensidad adecuada a lo largo de la red [64].

5.1.3.2. Simulación para el cliente más cercano

La configuración específica para el primer escenario se centró en el cliente vinculado a través del FAT con configuración desbalanceada 15/85, buscando examinar las condiciones de transmisión más favorables con atenuaciones reducidas y la calidad de señal óptima. Para emular con precisión la dinámica de un splitter desbalanceado en este contexto, se optó por la implementación de un splitter óptico estándar 1x2. Para acercarnos a la atenuación específica del diseño desbalanceado 15/85, incorporamos un atenuador óptico ajustado a una pérdida de 5.8 dB en la ruta de salida hacia el cliente. Este método permitió replicar la atenuación global de 9.6 dB característica de este modelo de splitter, seguido por la interconexión con un splitter 1x8, simulando así efectivamente la estructura interna del FAT hacia los terminales de los usuarios.

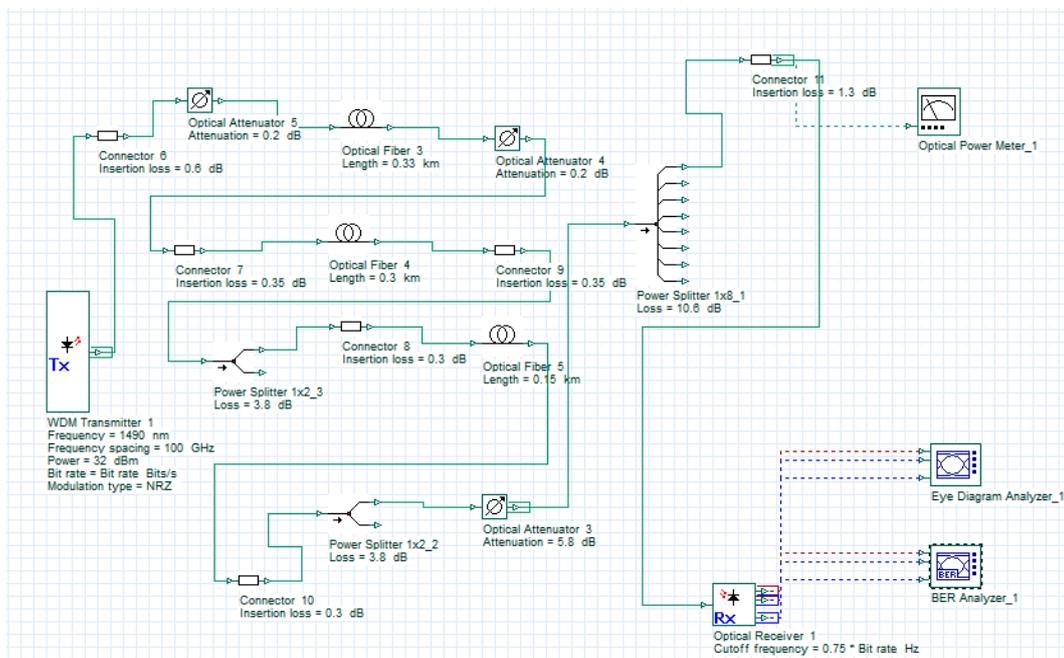


Figura 5.9: Simulación para el cliente más cercano. Fuente: Optisystem versión 7.

5.1.3.3. Simulación para cliente más lejano

En la configuración simulada para este caso particular, con el método 1, se seleccionaron dos splitters ópticos estándar, que en conjunto inducían una atenuación de 7.6 dB. Sin embargo, esta cifra era inferior a la atenuación teórica prevista de 8.7 dB que debía manifestarse en esta sección de la red, de acuerdo con la dinámica de atenuación entre splitters descrita hasta el punto del FAT 1:8. Para corregir esta variación y alcanzar la atenuación específica deseada, se incorporó un atenuador óptico de 1.1 dB de forma directa a la ruta hacia el splitter 1x8, ubicado dentro del FAT 1:8. Esta estrategia permitió alinear la simulación más estrechamente con las expectativas teóricas, ofreciendo un modelo más acertado de la red y mejorando la precisión en la simulación del comportamiento de la señal en la infraestructura propuesta.

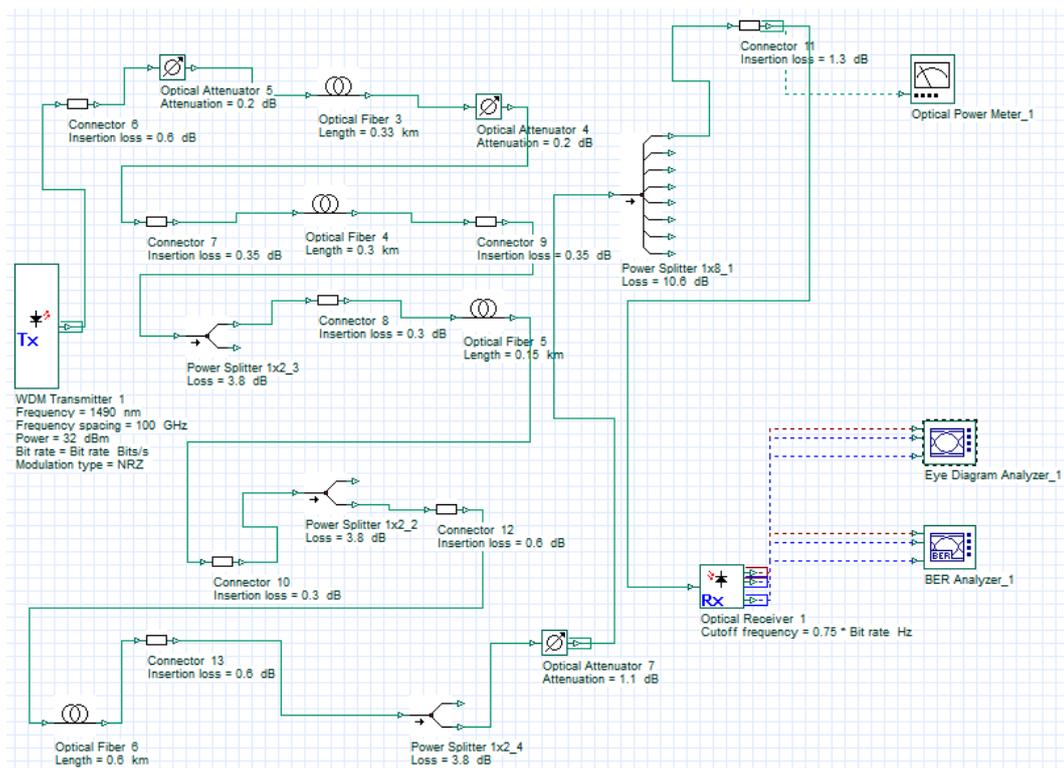


Figura 5.10: Simulación para el cliente más lejano. Fuente: Optisystem versión 7.

Con el método 2 se implementó la inclusión de atenuadores permitiendo simular la atenuación elevada en una de las salidas, mientras que la aplicación de amplificadores en la salida alternativa buscaba replicar la mayor potencia transmitida por este tipo de dispositivos, logrando así un modelo de red que se aproxima fielmente a las condiciones reales de

operación.

Se detalla el procedimiento aplicado para simular cada uno de los splitters desbalanceados integrados en las cajas FAT, ajustando meticulosamente los atenuadores para reflejar la atenuación deseada y los amplificadores para ajustar la potencia en las salidas, replicando así la funcionalidad esperada de un splitter desbalanceado real en la red:

- En el caso del FAT 1, que opera bajo una relación de 15/85, se integró un atenuador de 5.8 dB con el fin de simular una atenuación total de 9.6 dB en la salida con mayor atenuación. Paralelamente, para ajustar la potencia en la salida con menor atenuación a niveles óptimos, se empleó un amplificador con una ganancia de 2.8 dB, logrando así una atenuación efectiva de 1 dB.
- Para el FAT 2, que presenta una configuración de 20/80, se aplicó un atenuador de 4.1 dB para obtener una atenuación de 7.9 dB, mientras que un amplificador con una ganancia de 2.4 dB fue necesario para establecer la atenuación en 1.4 dB, adecuando la distribución de potencia a las necesidades específicas de este segmento.
- Similarmente, en el FAT 3 (25/75), se configuró un atenuador de 3.15 dB para emular una atenuación de 6.95 dB y un amplificador con ganancia de 2.1 dB se utilizó para conseguir una atenuación de 1.7 dB, manteniendo la coherencia en la representación de las diferencias de potencia.
- El FAT 4, bajo una proporción de 30/70, requirió la inclusión de un atenuador de 2.2 dB para simular una atenuación de 6 dB, complementado por un amplificador con ganancia de 1.9 dB para ajustar la atenuación a 1.9 dB, reflejando así la dinámica de distribución de señal deseada.
- Concluyendo con el FAT 5 (40/60), se implementó un atenuador de 0.9 dB para alcanzar una atenuación de 4.7 dB, y se incorporó un amplificador con ganancia de 1.1 dB para lograr 2.7 dB de atenuación en la salida con menor atenuación.

El diseño de la red presentó el desafío de replicar con precisión el comportamiento de los splitters desbalanceados y, al mismo tiempo, gestionar eficazmente la distribución y

atenuación de la señal a lo largo de la red. Para superar estos obstáculos y mejorar la fidelidad de la simulación, se opta por integrar un amplificador óptico inmediatamente después del WDM Transmitter. Esta medida estratégica se enfoca en cuatro áreas clave:

A. Compensación de atenuaciones inducidas: Utiliza atenuadores para simular pérdidas por splitters desbalanceados y un amplificador óptico post-WDM Transmitter para compensar la reducción en la potencia de señal causada por la atenuación natural de la fibra y empalmes, asegurando una adecuada propagación de la señal.

B. Mitigación del ruido y mejora de la calidad de la señal: La amplificación óptica temprana contrarresta el incremento de ruido generado por componentes pasivos y otros factores, mejorando indicadores de calidad como el factor Q y la BER, alineándose con estándares ITU-T G.984.2.

C. Preservación de la integridad de la señal: La inserción de un amplificador óptico en etapas críticas mantiene la integridad de la señal a través del sistema, garantizando la entrega de servicios de telecomunicaciones con la potencia y calidad requeridas, incluso en configuraciones desafiantes.

D. Respuesta a los desafíos de simulación: Ante la ausencia de un componente directo en OptiSystem para simular splitters desbalanceados, se adopta una aproximación innovadora utilizando amplificadores ópticos, atenuadores y splitters convencionales, reflejando una estrategia eficaz para replicar el comportamiento real de la red de manera fidedigna.

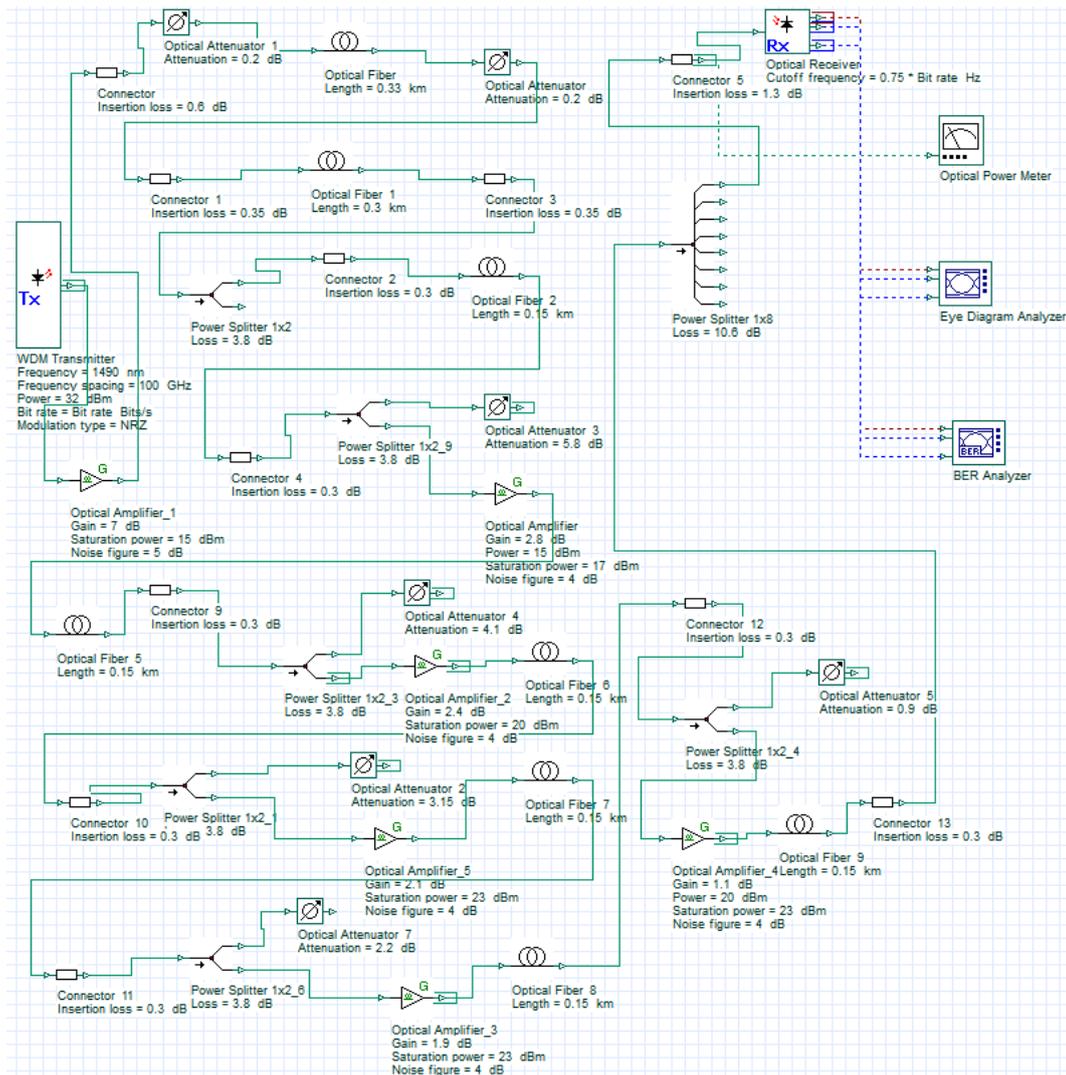


Figura 5.11: Simulación para el cliente más lejano. Fuente: Optisystem versión 7.

5.1.3.4. Simulación para el cliente más crítico

Método 1: Para este caso, se seleccionaron dos splitters ópticos estándar, que en conjunto inducían una atenuación de 7.6 dB. Sin embargo, esta cifra era inferior a la atenuación teórica prevista de 10.7 dB que debía manifestarse en esta sección de la red, de acuerdo con la dinámica de atenuación entre splitters descrita hasta el punto del FAT 40/60. Para corregir esta variación y alcanzar la atenuación específica deseada, se incorporó un atenuador óptico de 3.1 dB de forma directa a la ruta hacia el splitter 1x8, ubicado dentro del FAT 40/60. Esta estrategia permitió alinear la simulación más estrechamente con las expectativas teóricas, ofreciendo un modelo más acertado de la red y mejorando la precisión en la simulación del

comportamiento de la señal en la infraestructura propuesta.

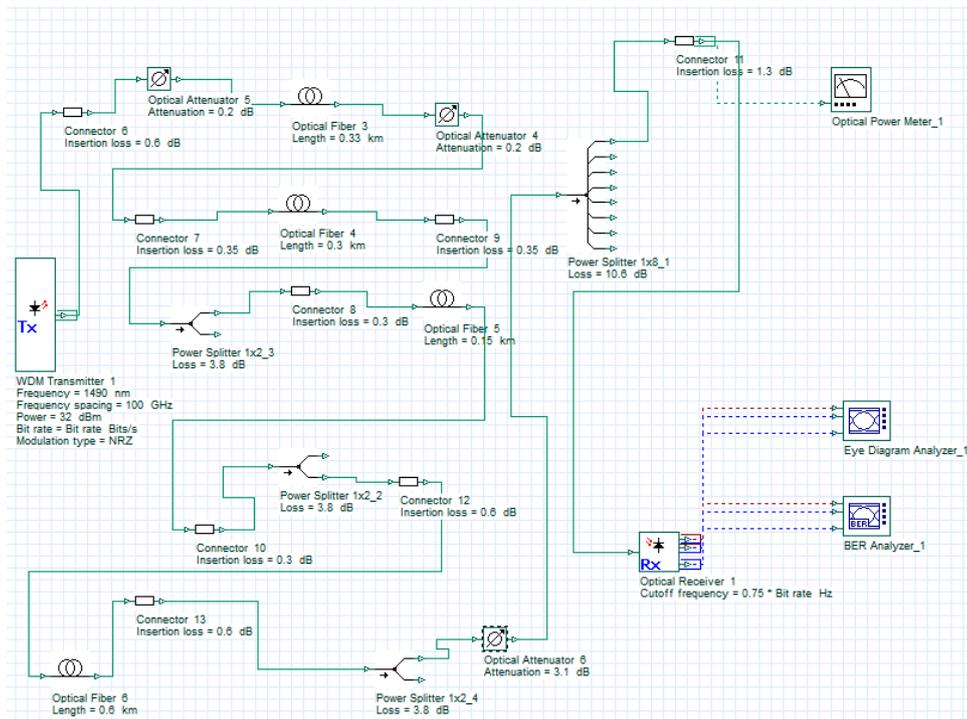


Figura 5.12: Simulación para el cliente más crítico. Fuente: Optisystem versión 7.

También, se realizó una simulación detallada con el Método 2, centrada en el FAT 40/60:

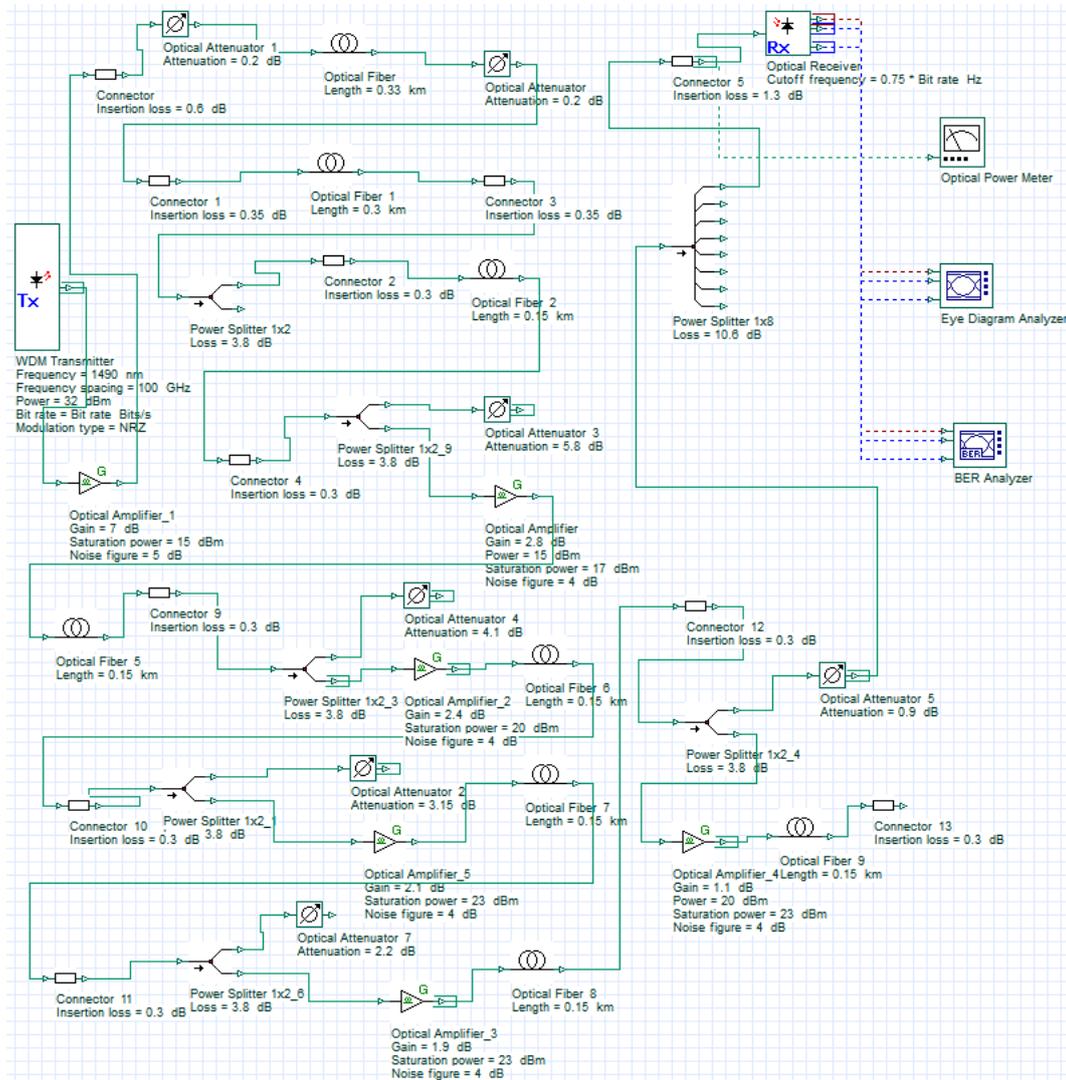


Figura 5.13: Simulación para el cliente más crítico. Fuente: Optisystem versión 7.

Para lograr un entendimiento más detallado de las simulaciones efectuadas en los diversos escenarios presentados, se sugiere revisar el Anexo 12.

5.2. Resultados

Los datos y resultados obtenidos en la simulación, incluyendo el diagrama de ojo y la BER, se analizan con base en los estándares establecidos por la norma ITU G984.2, específicamente para la fase de transmisión downstream.

5.2.1. Análisis cliente más cercano

En la figura 5.14 se presenta la potencia óptica recibida por el cliente más cercano, registrada en -13.730 dBm. Este valor indica una potencia adecuada para el enlace de transmisión de datos, según los parámetros establecidos para la eficacia del sistema.

METODO 1

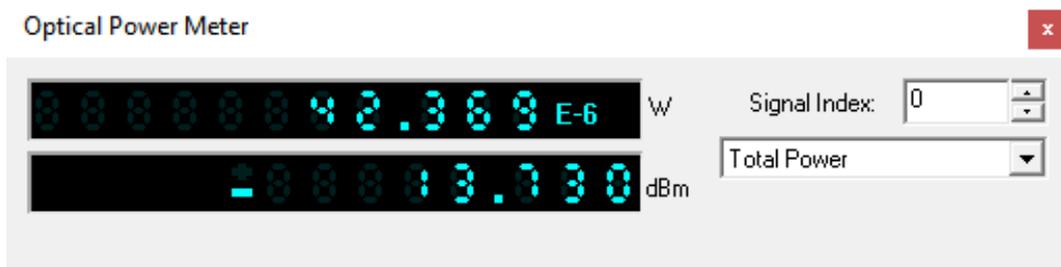


Figura 5.14: Potencia, cliente más cercano. Fuente: Optisystem versión 7.

Siguiendo con el análisis del primer escenario, la figura 5.15 ilustra el Factor de Calidad (Factor Q) correspondiente al cliente más cercano, que alcanza un valor de 60.19. Este resultado satisface ampliamente el criterio establecido por la normativa ITU-G984.2, que exige un Factor Q igual o superior a 6 para garantizar una transmisión de red óptima y eficiente.

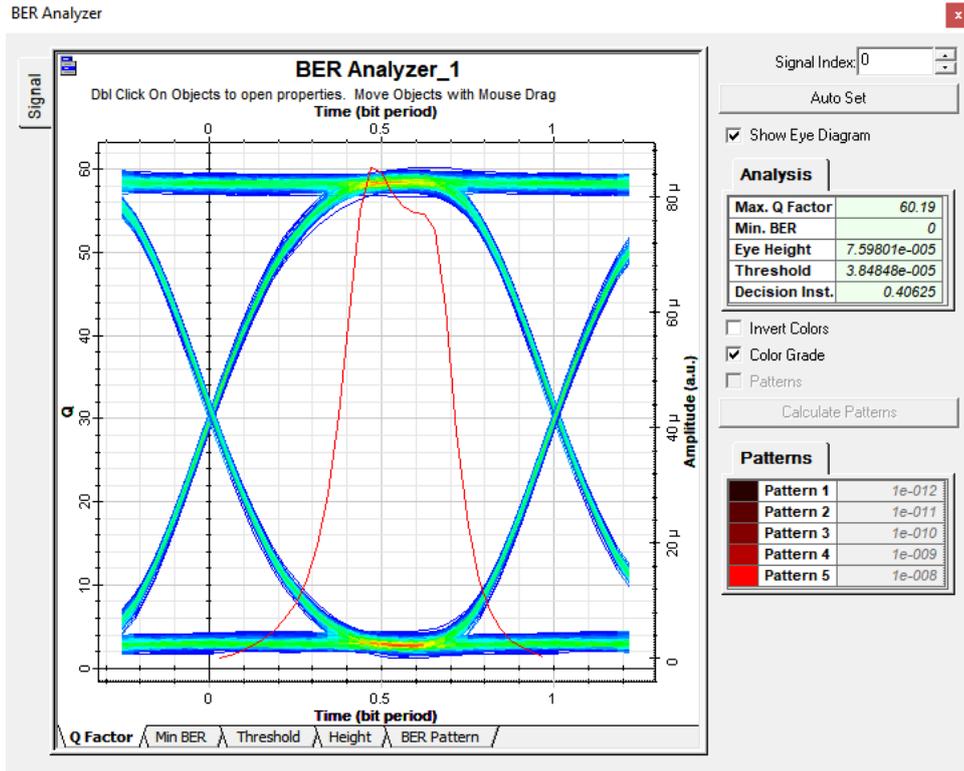


Figura 5.15: Factor de Calidad del cliente más cercano. Fuente: Optisystem versión 7.

La figura 5.16 muestra la tasa mínima de error de bit (Mínimo BER), registrada como 0. Este resultado indica que no se han producido errores en los bits transmitidos, lo cual destaca la excelente calidad y fiabilidad de la transmisión de datos en este escenario.

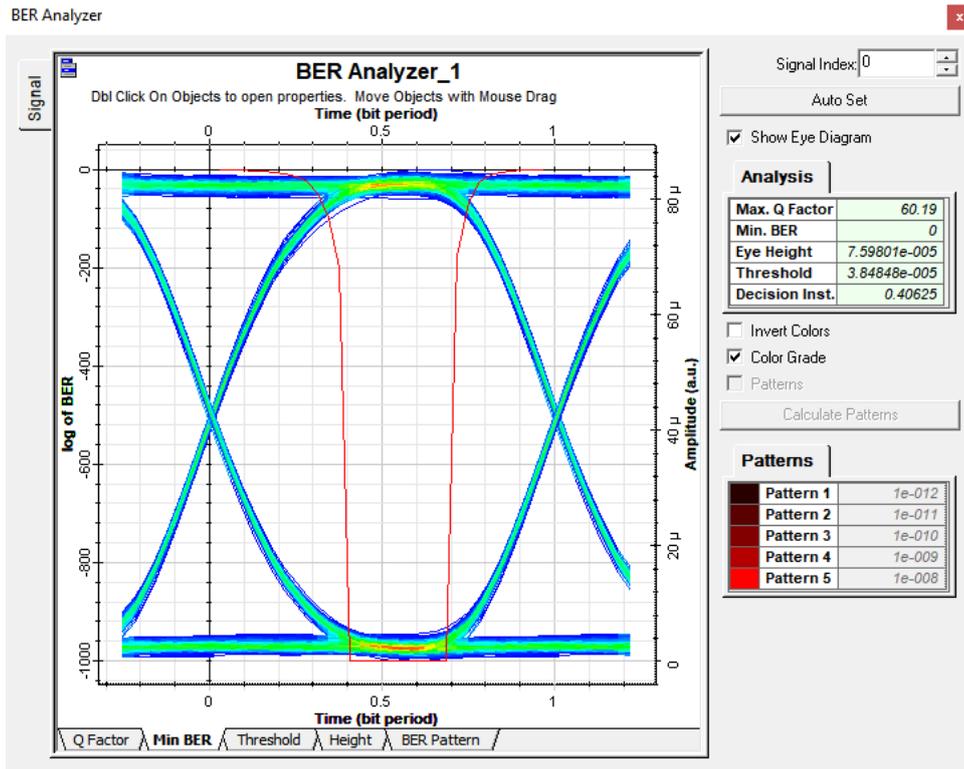


Figura 5.16: Tasa mínima de error de bit (Mínimo BER) del cliente más cercano. Fuente: Optisystem versión 7.

5.2.2. Análisis cliente más lejano

En la figura 5.17 se detallan los resultados del segundo escenario de simulación, identificado como cliente más lejano. La potencia de transmisión que este recibe se mide en -17.190 dBm, lo cual refleja adecuadamente las condiciones de recepción para los usuarios ubicados en los extremos más alejados de la red, y se encuentra dentro de los límites aceptables de transmisión estipulados por las normativas pertinentes.

Método 1

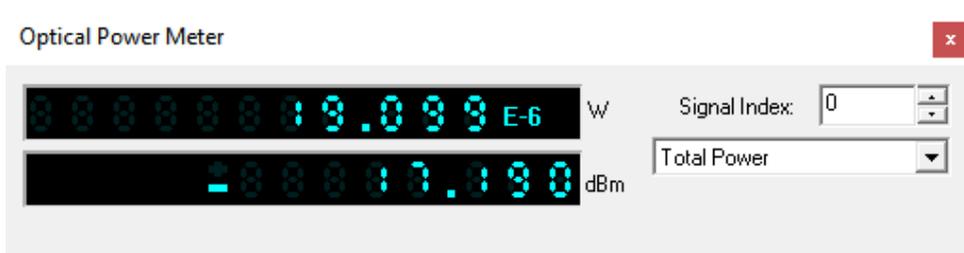


Figura 5.17: Potencia, cliente más lejano. Fuente: Optisystem versión 7.

A continuación, en la figura 5.18 se ilustra el factor de calidad para el cliente más lejano, registrado en 27.6923. Este valor está en conformidad con las especificaciones de la normativa ITU-G984.2, asegurando una transmisión óptima y eficiente en términos de rendimiento para la red.

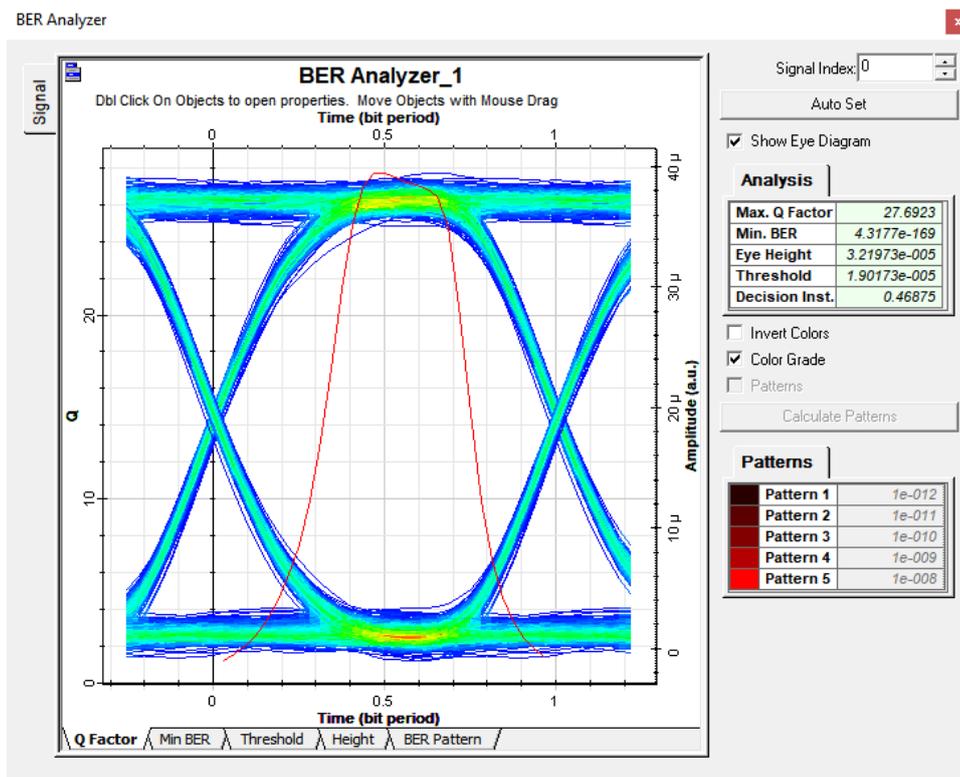


Figura 5.18: Factor de Calidad del cliente más lejano. Fuente: Optisystem versión 7.

En la figura 5.19 se exhiben los datos correspondientes a la tasa mínima de error de bit (BER) para el cliente más lejano, registrando un valor de 4.31771×10^{-169} . Esto implica que, en promedio, se producen aproximadamente 4.3 bits errados por cada 10 mil millones de bits transmitidos. Este resultado está dentro de los límites aceptables establecidos por la normativa ITU-G984.2, lo cual sugiere que el cliente más lejano mantendrá una conexión de servicio a internet estable y libre de anomalías significativas.

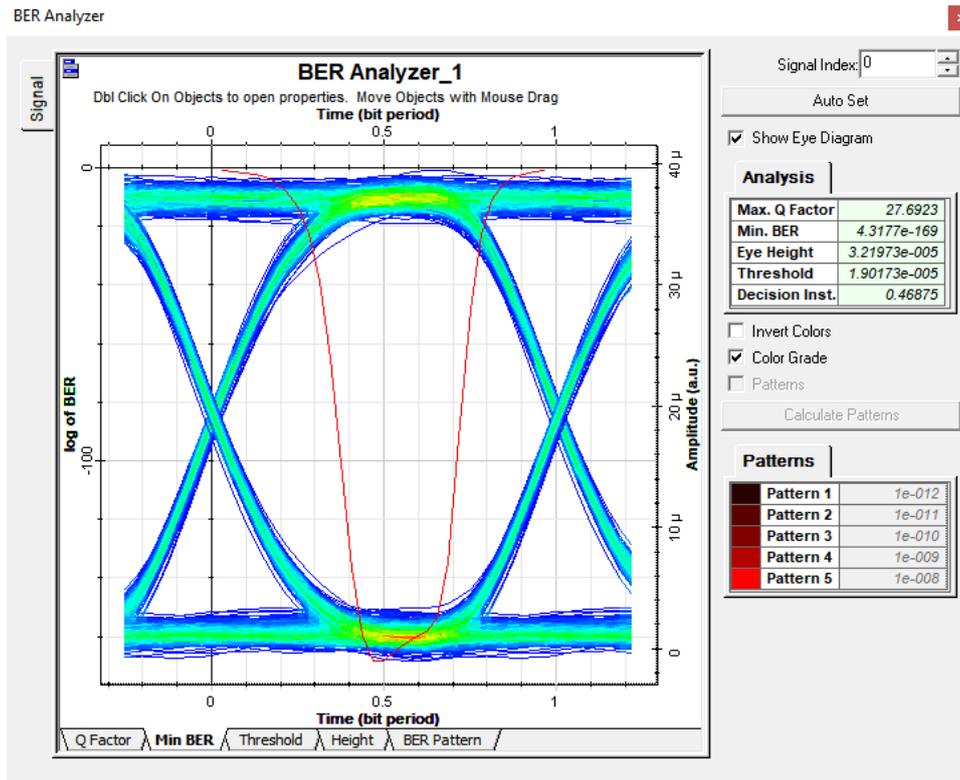


Figura 5.19: Tasa mínima de error de bit (Mínimo BER) del cliente más lejano. Fuente: Optisystem versión 7.

A continuación, se presenta los resultados logrados mediante la ejecución del Método 2. Inicialmente, se analiza el sistema sin la incorporación de un amplificador óptico inmediatamente después del transmisor WDM (Wavelength Division Multiplexing). Posteriormente, se evalúa el impacto en el rendimiento del sistema con la integración del amplificador óptico. Esta comparativa permite discernir el efecto significativo que tiene el amplificador en la eficiencia y calidad de la transmisión de la señal a lo largo de la red.

La figura 5.20 destaca que, previo a la incorporación de un amplificador óptico, la potencia óptica recibida en el extremo más distante de la red se registró en -26.478 dBm, indicando que la señal se mantiene dentro de los umbrales de potencia aceptables para garantizar una transmisión eficaz. Este nivel de potencia, adecuado a pesar de la ausencia de amplificación posterior al transmisor WDM, sugiere que la infraestructura básica de la red posee una sólida capacidad para distribuir la señal óptica a todos los usuarios finales.

Método 2

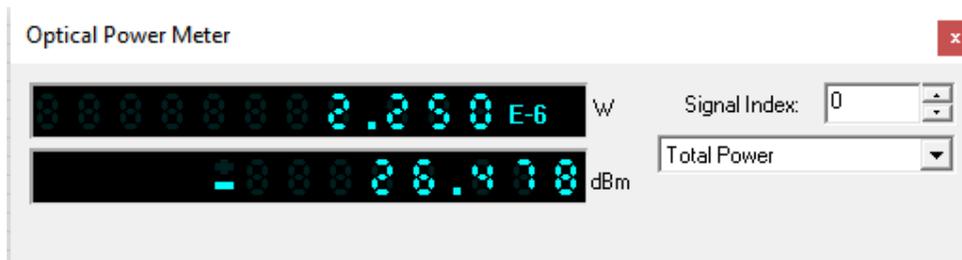


Figura 5.20: Potencia, cliente más lejano. Fuente: Optisystem versión 7.

Aunque se ha logrado un nivel satisfactorio de potencia óptica, un examen más detallado de la red revela que aspectos fundamentales relativos a la calidad de la señal, como el factor Q, registrado en 3.3786, y la tasa de error de bit (BER), que se encuentra en 0.0003, aún no se alinean con los criterios definidos por la ITU. Esta discrepancia resalta un desafío crucial en la correlación entre la intensidad de la señal y su calidad intrínseca, enfatizando la imperiosa necesidad de adoptar medidas correctivas adicionales para afinar el diseño de la red y elevar estos indicadores clave de transmisión a los estándares globales.

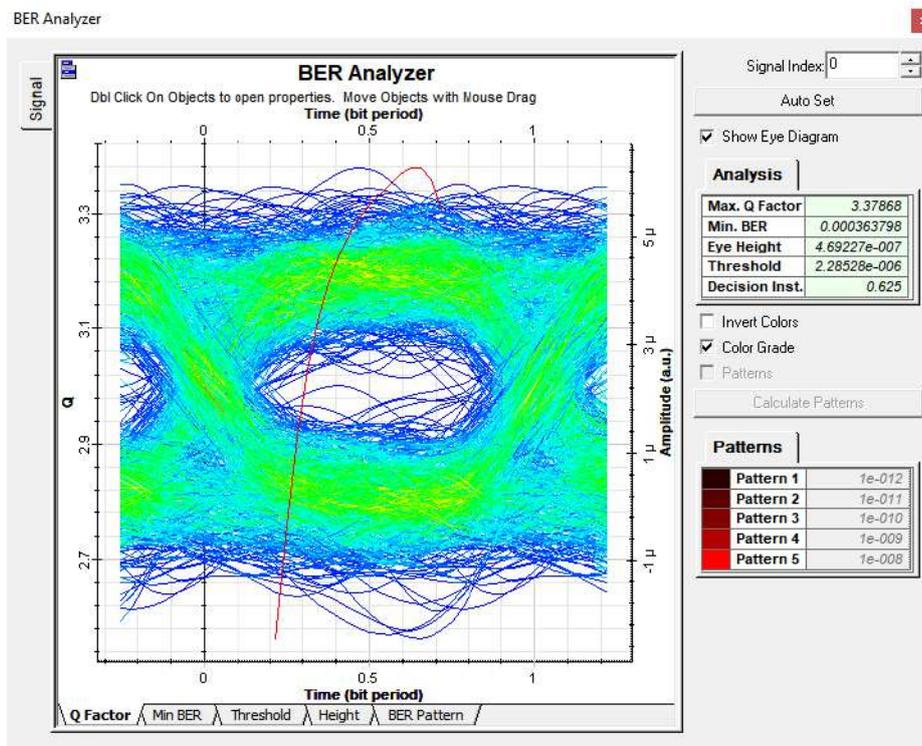


Figura 5.21: Factor de Calidad del cliente más lejano. Fuente: Optisystem versión 7.

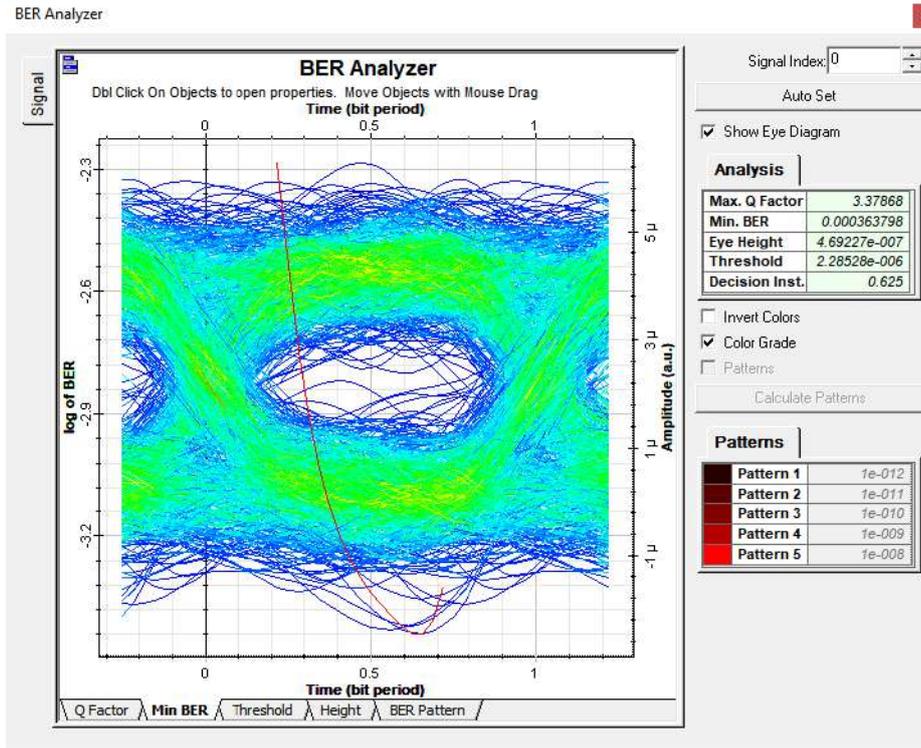


Figura 5.22: BER mínimo del cliente más lejano. Fuente: Optisystem versión 7.

La identificación de estas deficiencias en la calidad de la señal resalta la importancia de considerar una gama más amplia de parámetros al evaluar la eficacia de las redes de telecomunicaciones. Aunque la potencia de la señal se encuentra dentro de los límites aceptables, el rendimiento subóptimo en términos de factor Q y BER enfatiza la necesidad de incorporar soluciones técnicas, como el uso estratégico de amplificadores ópticos, para asegurar que la red no solo sea capaz de entregar la señal a todos los usuarios, sino que también mantenga la integridad y la calidad de la información transmitida a lo largo de todo el sistema.

En la figura 5.23 se presenta los resultados del análisis de la potencia óptica tras incluir el amplificador óptico inmediatamente después del transmisor WDM en la simulación. Se detalla específicamente la potencia óptica recibida en el terminal del cliente más alejado dentro de la red, la cual se registró en -19.542 dBm. Este nivel de potencia es óptimamente adecuado para garantizar la eficiencia del enlace de comunicación.

Método 2



Figura 5.23: Potencia, cliente más lejano. Fuente: Optisystem versión 7.

La adopción de un amplificador óptico, colocado justo después del transmisor WDM, se ha revelado como un elemento transformador en la evolución de nuestra red. Esta adición ha sido clave, reflejándose en significativas mejoras en los parámetros esenciales para evaluar la calidad de la señal: el factor Q y la tasa de error de bits (BER). Ambos indicadores ahora cumplen con los estándares establecidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), lo que resalta el valor crítico de esta medida para afinar el rendimiento de la red.

En las figuras 5.24 y 5.25, se detalla el desempeño de la señal en términos de calidad y fiabilidad. Específicamente, el Factor Q alcanza un valor de 16.554, y la tasa mínima de error de bits (BER) se calcula en 7.4524×10^{-62} . Esto implica la generación de 7.45 bits erróneos por cada $\times 10^{62}$ bits transmitidos. Estos resultados subrayan el excelente rendimiento de la red, asegurando su adecuado funcionamiento y la robustez del enlace de transmisión.

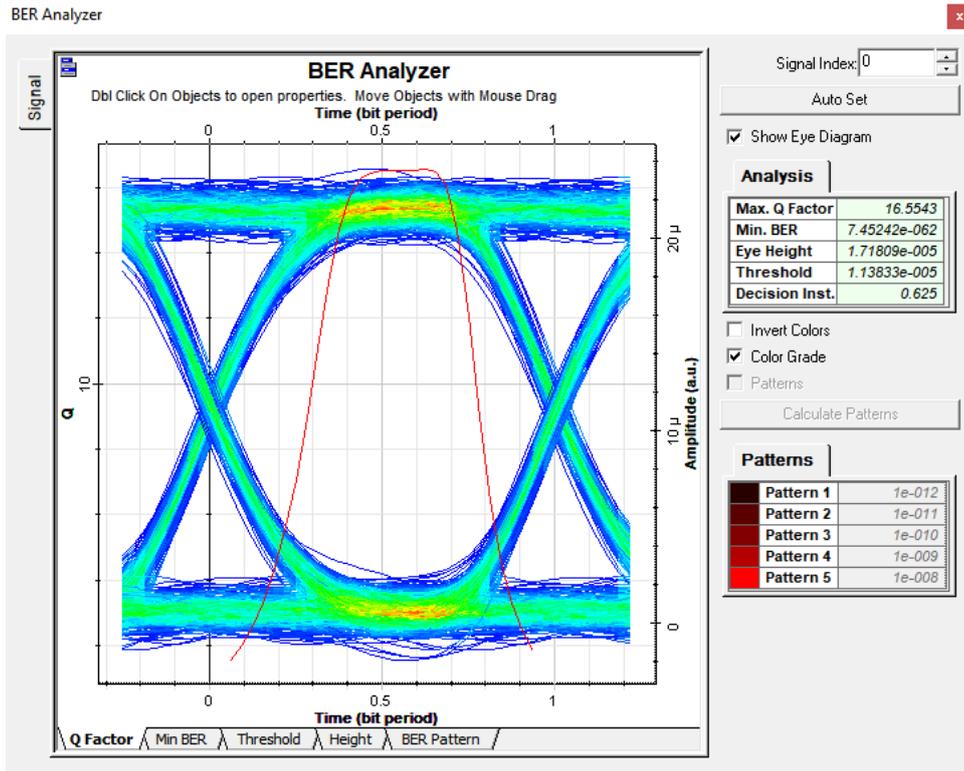


Figura 5.24: Factor de Calidad del cliente más lejano. Fuente: Optisystem versión 7.

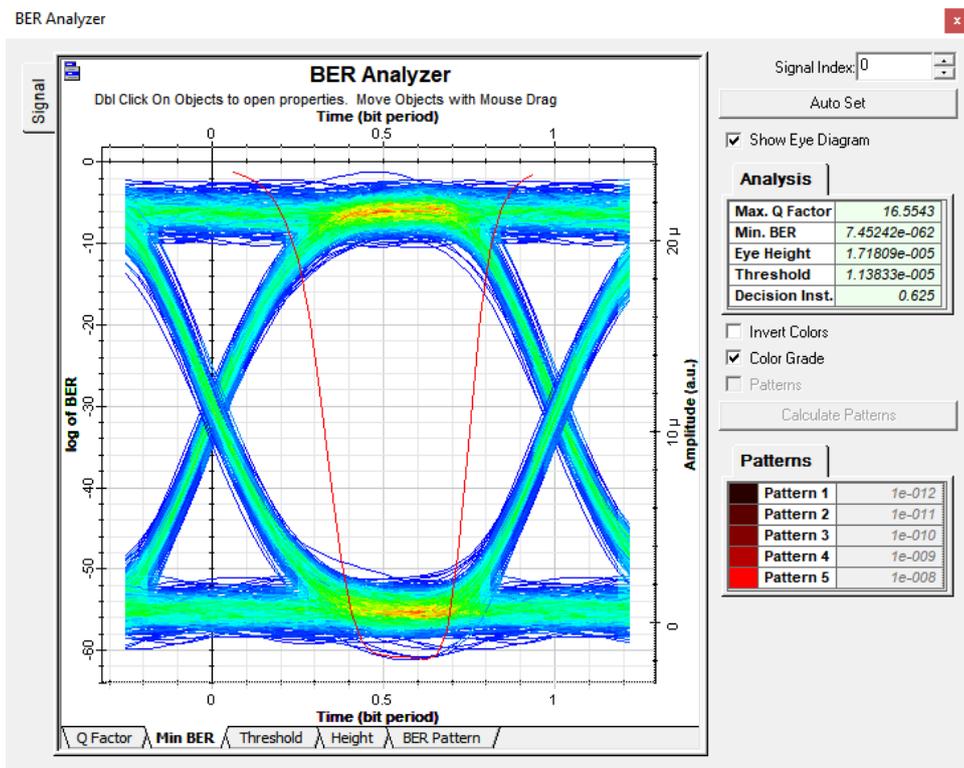


Figura 5.25: BER mínimo del cliente más lejano. Fuente: Optisystem versión 7.

5.2.3. Análisis cliente más crítico

En el análisis del tercer escenario de simulación, nos centramos en el cliente identificado como el más crítico, caracterizado por presentar el nivel de atenuación más elevado, calculado mediante un enfoque teórico. Este análisis se llevó a cabo empleando el Método 1. Los resultados detallados en la figura 5.26 revelan que la potencia de transmisión recibida por este cliente específico es de -19.190 dBm. Este dato es indicativo de que, a pesar de las complejidades inherentes a la posición más desafiante dentro de la red, las condiciones de recepción se mantienen dentro de un rango óptimo.

Método 1

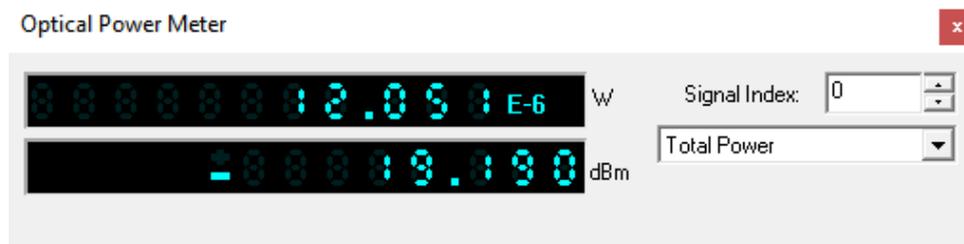


Figura 5.26: Potencia, cliente más crítico. Fuente: Optisystem versión 7.

Continuando el examen del tercer escenario, la figura 5.27 exhibe el Factor Q correspondiente al cliente considerado crítico, aquel que se enfrenta a la mayor atenuación teórica en la red. Se registra un valor de 17.59 para el Factor Q, superando el umbral establecido por la normativa ITU-G984.2, que requiere un Factor Q de al menos 6 para asegurar una eficaz transmisión a través de la red.

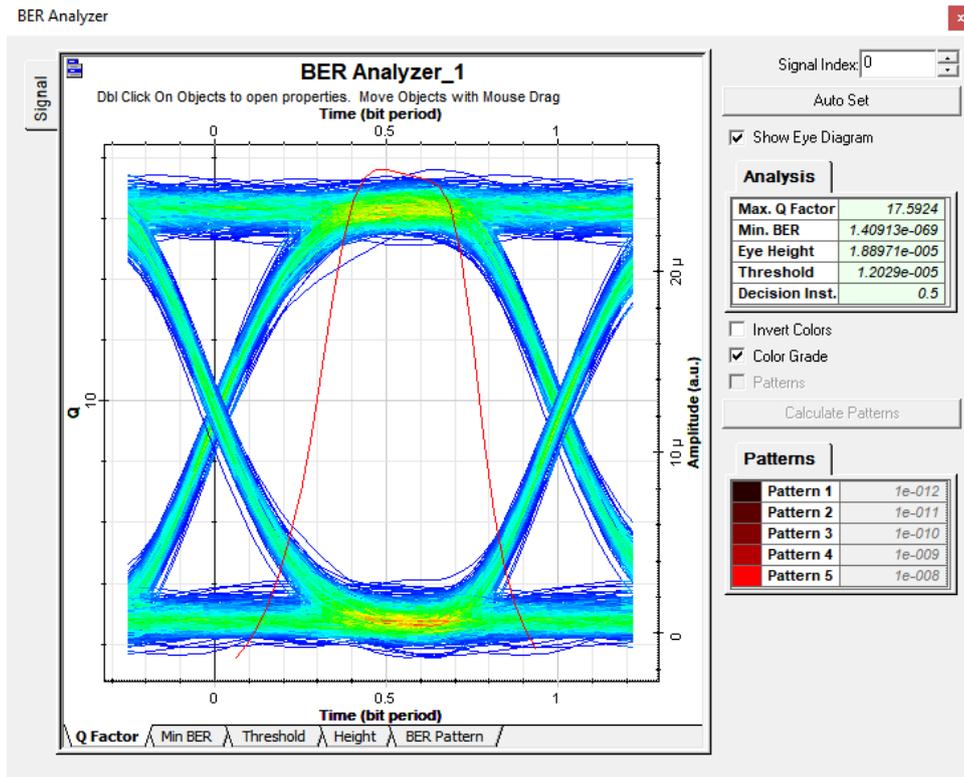


Figura 5.27: Factor de Calidad del cliente más crítico. Fuente: Optisystem versión 7.

Además, en lo que respecta a la fiabilidad de la transmisión, la figura 5.27 revela la tasa mínima de error de bits (BER) en el escenario más crítico de la red, registrando un valor de 1.40911×10^{-69} . Este hallazgo indica una probabilidad muy baja de incidencia de errores en el flujo de datos a través de la red. Tal nivel de precisión sobrepasa los requisitos establecidos por la normativa ITU-G984.2, la cual dictamina que el BER debe mantenerse igual o por debajo de 1×10^{-10} para considerar la red como óptimamente fiable.

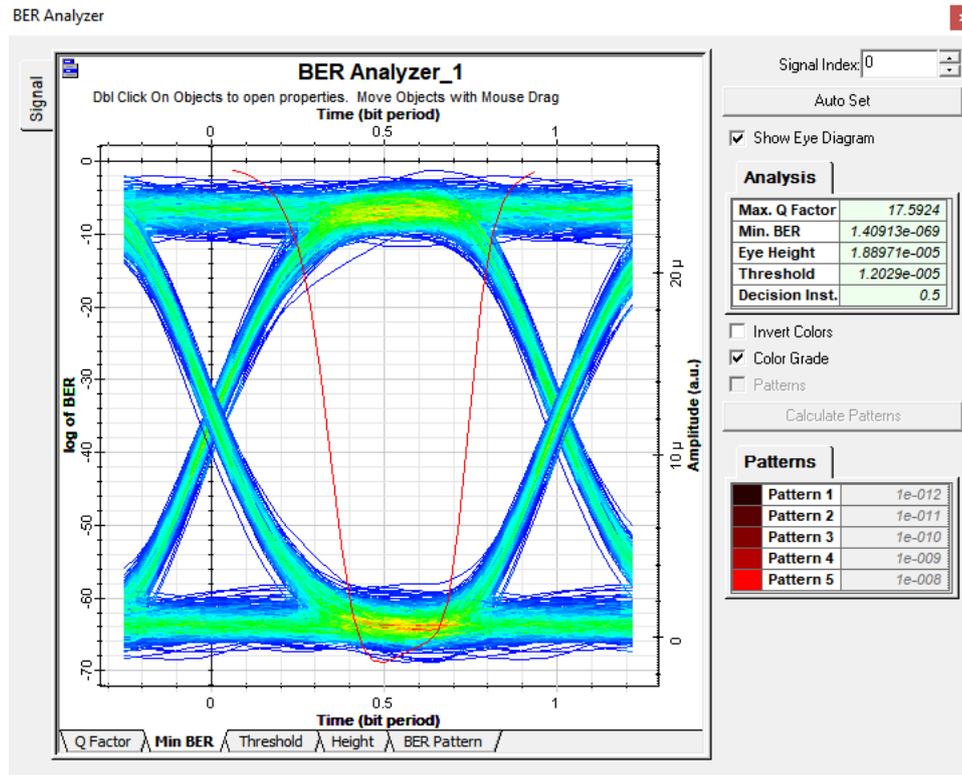


Figura 5.28: Tasa mínima de error de bit (Mínimo BER) del cliente más crítico. Fuente: Optisystem versión 7.

Seguidamente, se expondrán los resultados obtenidos de la simulación correspondiente al cliente más crítico, aquel que presenta la mayor atenuación teórica calculada mediante el método 2. Es importante destacar que, en esta fase de la simulación, no se ha considerado la inclusión del amplificador óptico justo después del transmisor WDM. Esta configuración permite evaluar el rendimiento de la red bajo condiciones extremas de atenuación, proporcionando una visión integral de las capacidades y limitaciones del sistema antes de aplicar medidas correctivas como la amplificación óptica.

La Figura 5.29 ilustra la medición de la potencia óptica recibida en el terminal del cliente considerado como el más vulnerable dentro de la red, registrando una potencia de -28.195 dBm. Este nivel se mantiene dentro de los límites operativos permitidos por la configuración de los equipos utilizados y cumple con los estándares definidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) G984.2.

Método 2

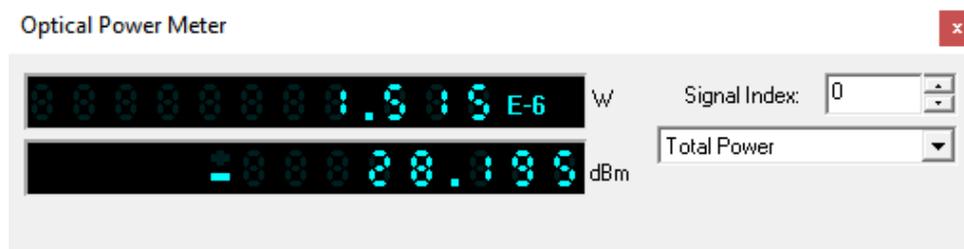


Figura 5.29: Potencia, cliente más crítico. Fuente: Optisystem versión 7.

Sin embargo, a pesar de que la potencia óptica se mantiene dentro de los umbrales aceptables, los resultados para el factor Q, con un valor de 0, y para la tasa de error de bit (BER), alcanzando un valor de 1, no se alinean con los estándares de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU).

Es importante entender que los retos identificados en términos del factor Q y la BER no reflejan directamente limitaciones inherentes al diseño original de la red. Más bien, estas dificultades surgen como consecuencia de intentar simular condiciones específicas, como los splitters desbalanceados, mediante el uso de atenuadores y amplificadores a lo largo del

enlace, introduciendo así pérdida y ruido adicionales.

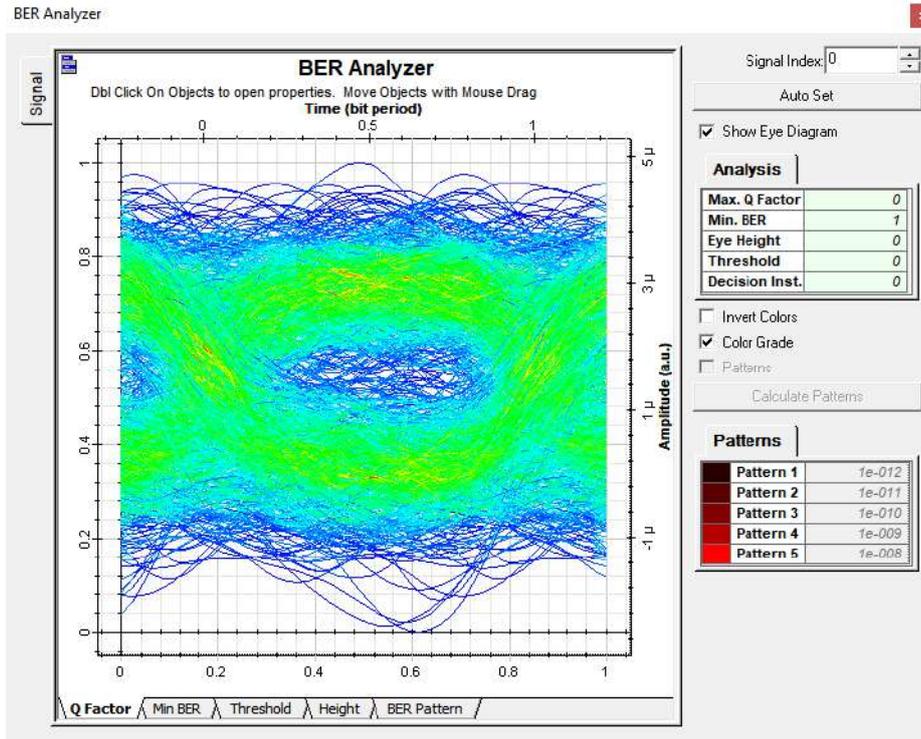


Figura 5.30: Factor de Calidad del cliente más crítico. Fuente: Optisystem versión 7.

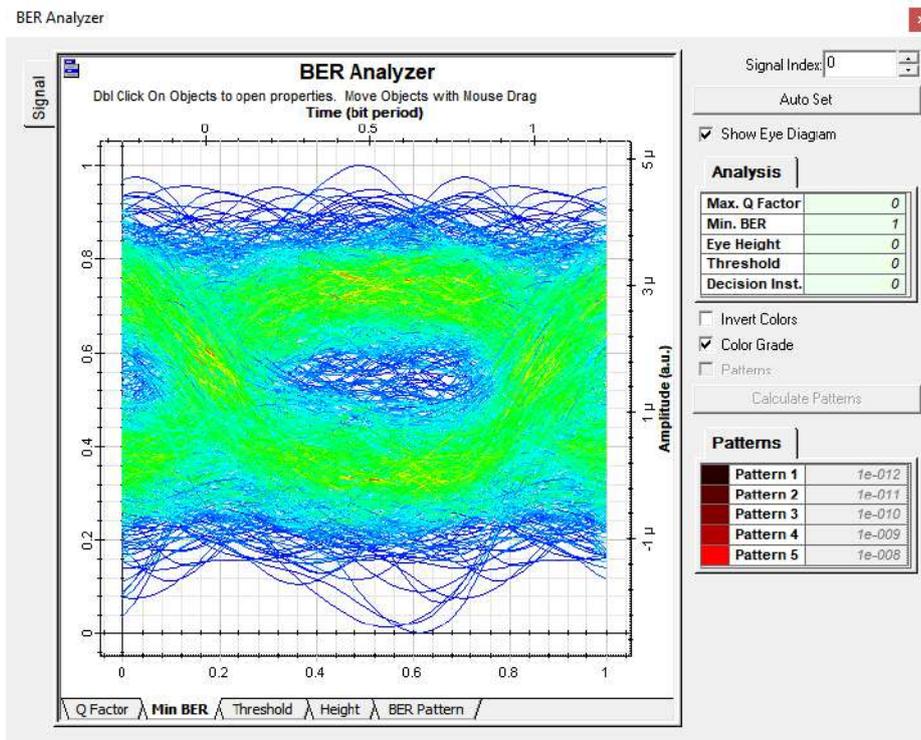


Figura 5.31: Mínimo BER del cliente más crítico. Fuente: Optisystem versión 7.

Este hallazgo destaca la importancia de no limitar nuestra evaluación al rendimiento indicado por la potencia de la señal. La iniciativa de replicar el comportamiento de splitters desbalanceados condujo a la generación inadvertida de pérdidas y ruido, lo que resalta aún más la necesidad de considerar detenidamente una variedad de parámetros críticos de calidad. Estos parámetros influyen directamente en la experiencia del usuario final y en la eficacia global del sistema. Identificar este desajuste es vital para canalizar los esfuerzos de optimización hacia las áreas de mayor necesidad, con el objetivo de desarrollar una red que no sólo sea robusta en términos de potencia sino también en precisión y fiabilidad, cumpliendo con los estándares internacionales, especialmente en este contexto de simulación

En las siguientes secciones, se presentarán los resultados de la simulación centrada en el cliente más afectado por la atenuación, que, de acuerdo con nuestras proyecciones teóricas, sufre el mayor nivel de pérdida de señal. Es relevante mencionar que, para esta etapa de la simulación, ya se ha implementado una modificación crítica al incluir un amplificador óptico directamente después del transmisor WDM.

La figura 5.29 presenta la medición de la potencia óptica recibida por el cliente identificado como el más crítico de la red, obteniendo un valor de -21.216 dBm. Este resultado, derivado de la simulación realizada mediante el método 2, destaca por garantizar la viabilidad del enlace de comunicación en las condiciones más desafiantes.



Figura 5.32: Potencia, cliente más crítico. Fuente: Optisystem versión 7.

Las figuras 5.33 y 5.34 presentan los indicadores de desempeño de la señal para el escenario más crítico de la red, evaluado mediante el Método 2. Se observa que el Factor Q registra un valor de 11.3991, lo que sugiere una calidad de señal. La tasa mínima de error de bits (BER), por su parte, se establece en 2.11×10^{-30} , indicando un nivel bajo de errores en la transmisión, con 2.11 bits erróneos detectados por cada 1×10^{-30} bits enviados.

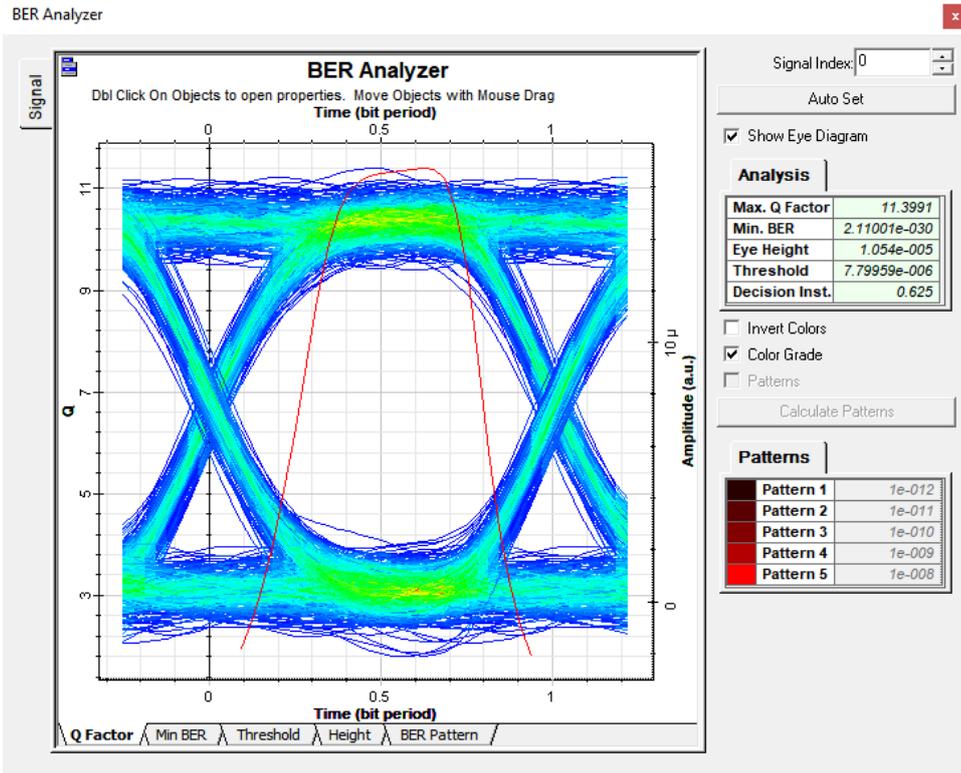


Figura 5.33: Factor de Calidad del cliente más crítico. Fuente: Optisystem versión 7.

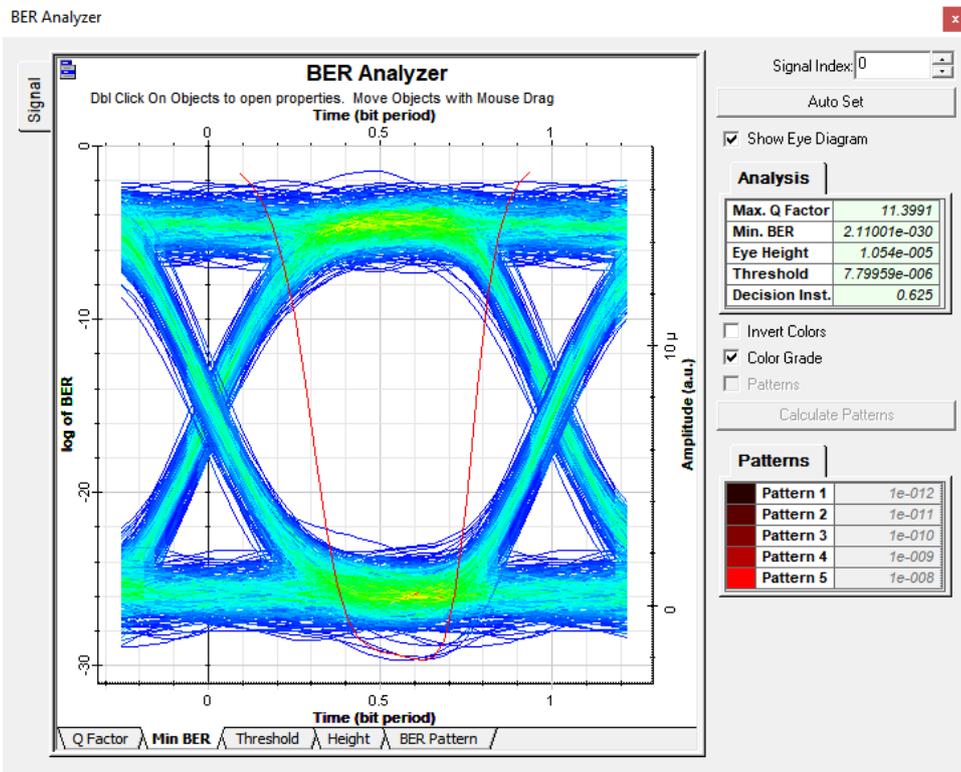


Figura 5.34: Mínimo BER del cliente más crítico. Fuente: Optisystem versión 7.

La integración de un amplificador generó una mejora significativa en la claridad de la señal, evidente en la reducción de la tasa de error de bit (BER), el aumento del factor Q, y el fortalecimiento general de la integridad de la señal a lo largo de la red. Este ajuste abordó de manera efectiva el ruido, no directamente generado por splitters desbalanceados, sino por una combinación de splitters convencionales y otros componentes diseñados para simular o acercarse al comportamiento de aquellos en la red. Esta estrategia destacó la importancia de una selección cuidadosa y estratégica de componentes en el diseño de redes asimétricas, y también subrayó la necesidad de asegurar una transmisión de datos óptima, incluso bajo condiciones que intentan replicar escenarios desfavorables.

Conclusiones

- Tras haber llevado a cabo el análisis y diseño de una red con tecnología FTTH, respaldada por un exhaustivo estudio de viabilidad técnico-económica, se confirma su capacidad para mejorar significativamente los servicios de comunicaciones en el distrito de Huayllabamba.
- El análisis detallado de la tecnología FTTH en Huayllabamba ha confirmado su viabilidad técnica y económica para áreas de baja densidad poblacional. La implementación de una arquitectura desbalanceada y un sistema preconectorizado resultó ser efectiva, mejorando significativamente la conectividad y comunicaciones del distrito con fundamentos técnicos y económicos robustos.
- Se seleccionó la tecnología GPON como la más adecuada para Huayllabamba debido a su alta capacidad, eficiencia energética y compatibilidad con arquitecturas asimétricas, lo que la hace ideal para adaptarse a las necesidades de crecimiento futuro del distrito.
- El diseño de la red FTTH en Huayllabamba se llevó a cabo con rigurosidad utilizando la metodología Top-Down y una evaluación socioeconómica, garantizando su alineación con las necesidades comunitarias. Esta solución de conectividad sólida y adaptable promete mejorar el acceso a internet y contribuir al desarrollo socioeconómico local.
- El análisis técnico-económico robusto valida la viabilidad de la red FTTH propuesta, con indicadores financieros positivos que pronostican una recuperación efectiva de la inversión y beneficios económicos sustanciales para el distrito.
- Las simulaciones en OptiSystem verifican que el factor de calidad, la BER (Bit Error Rate) y la potencia de la red cumplen con la normativa ITU G.984.2, tanto para los

clientes críticos y lejanos como para los cercanos, garantizando la viabilidad de la configuración propuesta.

Recomendaciones

- Se recomienda incorporar un plan de monitoreo y actualización periódica de la red FTTH en el diseño propuesto, asegurando su eficiencia a lo largo del tiempo y su adaptación a las necesidades cambiantes del distrito de Huayllabamba.
- Es recomendable diseñar e implementar programas de capacitación y concientización dirigidos a los residentes de Huayllabamba, para maximizar los beneficios de la nueva infraestructura de comunicaciones y promover su uso responsable.
- Se recomienda buscar oportunidades de colaboración con instituciones locales y organizaciones para enriquecer el diseño de la red FTTH y desarrollar proyectos conjuntos que impulsen el desarrollo socioeconómico de la comunidad.
- Es recomendable establecer un sistema de seguimiento para evaluar el impacto del diseño de la red FTTH en Huayllabamba a lo largo del tiempo, proporcionando datos que respalden la efectividad de la inversión en infraestructura de comunicaciones y orienten futuras decisiones en el ámbito de las telecomunicaciones.

Bibliografía

- [1] OSIPTEL, “Perú contaría con 4 millones de conexiones de internet fijo al 2024 de los cuales 1,6 millones serían de fibra óptica,” 2022.
- [2] J. A. Carmona, “Bluevía en los pueblos más pequeños,” *Telefónica bluevía, Xatakahome*, 2022.
- [3] OSIPTEL, “Encuesta residencial de servicios de telecomunicaciones,” tech. rep., 2021.
- [4] OSIPTEL, “Erestel: 9 de cada 10 hogares peruanos cuentan con acceso a internet fijo o móvil,” 2023.
- [5] ERESTEL, “Los servicios de telecomunicaciones en los hogares peruanos,” 2022.
- [6] MINEDU, “Encuesta Nacional a Docentes, ENDO,” 2020.
- [7] R. Hernandez, *Metodología de la Investigación*. McGRAW-HILL / Interamericana Editores, 6 ed., 2014.
- [8] S. R. Fernández, “Análisis de factibilidad y propuesta de implementación de una red FTTH basado en el estándar XGPON en beneficio de las comunidades altas de la parroquia Tabacundo.” 2022.
- [9] J. O. Rojas, “Diseño de una red de fibra óptica FTTH para mejorar la calidad de acceso a internet en el centro poblado Tomaque distrito de Bagua carretera Bagua Copallin región Amazonas.” 2022.
- [10] J. E. Ordinola, “Diseño de una red de FTTH utilizando tecnología GPON para el acceso de banda ancha en el distrito de Morropón.” 2021.

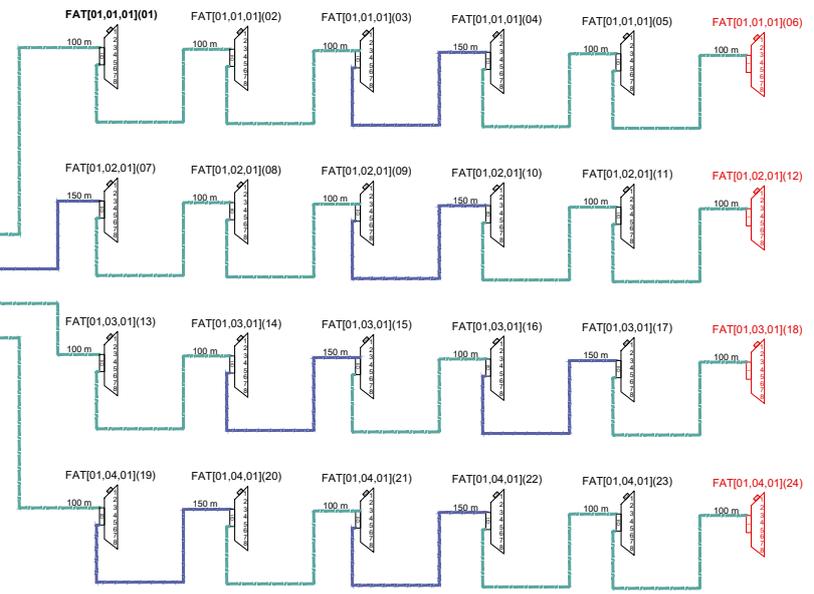
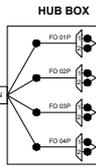
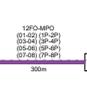
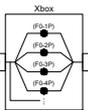
- [11] J. E. Sani, “Diseño, evaluación de una red FTTH utilizando Optisystem y estrategia para la obtención de concesión que permita brindar servicios triple play.” 2022.
- [12] D. I. Pardo, “Estudio para el diseño de una red de acceso GPON, para la ciudad de Loreto en la provincia de Orellana. caso de estudio la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP.” 2021.
- [13] H. O. Grazzini, *Conceptos teóricos y aplicaciones prácticas*. J. Sarmiento, 4 ed., 2020.
- [14] A. García Juárez, “Introducción a la optoelectrónica fibras ópticas (dispersión en fibras ópticas),” n.d.
- [15] L. M. . R. Alustiza, “Introducción a los sensores de fibra óptica para el monitoreo de salud de estructuras civiles,” *Ingenio Tecnológico*, 2022.
- [16] J. M. Millán, “Técnicas y procesos en infraestructuras de telecomunicaciones,” 2018.
- [17] S. de los Profesionales de las Telecomunicaciones, “Parametros de transmisión.”
- [18] W. Tomasi, *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Pearson Education, 4 ed., 2003.
- [19] International Telecommunication Union, “G.651.1: Characteristics of a 50/125 μm multimode graded index optical fibre cable for the optical access network,” tech. rep., International Telecommunication Union, 2016.
- [20] International Telecommunication Union, “G.652: Characteristics of a single-mode optical fibre and cable,” tech. rep., International Telecommunication Union, 2016.
- [21] International Telecommunication Union, “G.657: Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable for the access network,” tech. rep., International Telecommunication Union, 2016.
- [22] E. Quisnancela, “Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x.” 2016.
- [23] J. M. Senior, *Optical Fiber Communications, Principles and Practice*. Pearson Education Limited 2009, 3 ed., 2009.
- [24] S. C. Ibeas, “Planificación y diseño de redes ópticas.” 2017.

- [25] Fibermall, “Cuatro tipos de tecnología de multiplexación por división de longitud de onda (WDM),” 2016.
- [26] R. Max, “Tecnología WDM: CWDM-DWDM,” 2019.
- [27] S. R. and S. Román, “Redes de acceso y transmisión de fibra óptica: Alternativas de políticas y regulaciones,” *Círculo de Derecho Administrativo*, 2017.
- [28] B. ELECTROSON, “Diseño red FTTH punto-multipunto sin fusiones en red de distribución,” tech. rep., ELECTROSON Telecomunicación, S.A., 2019.
- [29] Telefónica, *Red y Tecnología FTTH*.
- [30] INICTEL-UNI, “Comunicaciones ópticas – FTTH, estándares y topologías para redes de acceso FTTH,.”
- [31] IPTEL, “Qué es FTTH o fibra hasta el hogar,” 2016.
- [32] CONETRONICA, “Conetronica, FTTH y FTTx Qué es?,” 2015.
- [33] *Diseño de ODNFTTH, (Optical Distribution Network - Fiber To The Home*, 2021.
- [34] V. Solutions, “Desmintificando redes FTTH desbalanceadas,” 2021.
- [35] D. Acevedo, “Análisis y evaluación de modelos de despliegue de una red FTTH con tecnología GPON para solución con splitter balanceado vs. solución preconectorizada con splitter desbalanceado.” 2023.
- [36] R. I.-T. G.984.2, “Series G: Transmission systems and media, digital systems and networks, Recommendation ITU G.984.2,” tech. rep., Telecommunication standardization sector of ITU, 2019.
- [37] F. Hermosillo, “Redes FTTx, ¿cuándo elegir una red balanceada o una desbalanceada?,” 2022.
- [38] P. Simisterra Quiñonez, R. A. Rosa Monserrate, and S. C. Suárez López, “La viabilidad de un proyecto, el valor actual neto (van) y la tasa interna de retorno (tir),” *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, vol. 2, no. 17, pp. 9–15, 2018.

- [39] W. B. S. League, “Worldwide broadband speed league,” 2023.
- [40] ERETEL, “Los servicios públicos de telecomunicaciones en los hogares peruanos,” tech. rep., 2022.
- [41] PUNKU, “Conexiones de internet fijo y penetración por hogares,” 2023.
- [42] OSIPTEL, “Conexiones al servicio de acceso a internet fijo creció 5.1 % al cierre del primer semestre de 2023,” tech. rep., 2023.
- [43] I. N. de Estadística e Informática (INEI), “Cusco resultados definitivos,” tech. rep., Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018.
- [44] M. D. de Huayllabamba, “Huayllabamba,” 2023. Datos históricos y geográficos.
- [45] M. distrital de Huayllabamba, “Plan de prevención y reducción del riesgo de desastres del distrito de Huayllabamba al 2025,” tech. rep., Municipalidad distrital de Huayllabamba, 2021.
- [46] S. dirección de Análisis Regulatorio de DPRC –OSIPTEL, “Programa integrado de progreso para el distrito de huayllabamba,” tech. rep., DPRC –OSIPTEL, 2021.
- [47] A. P. de Empresas de Investigación de Mercados (APEIM), “Niveles socioeconómicos 2021,” tech. rep., DPRC –OSIPTEL, 2021.
- [48] M. distrital de Huayllabamba, “Plan de desarrollo concertado del distrito de Huayllabamba, provincia de Urubamba, departamento de Cusco al 2021,” tech. rep., Municipalidad distrital de Huayllabamba, 2018.
- [49] ENAHO, “Perú: Participación de la población en la actividad económica, 2017,” 2021.
- [50] Censos Nacionales XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, “Perfil Sociodemográfico del Perú,” tech. rep., Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2017.
- [51] TELECOM Academy Peru, *Evento sobre Redes FTTH desbalanceadas*, 2022.

- [52] Oficina de Comunicaciones y Relaciones Institucionales, “Nota de Prensa N° 085-2021, OSIPTEL adecúa reglamento de calidad para garantizar el 70% de velocidad mínima en servicio de Internet de banda ancha,” tech. rep., Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL), 2021.
- [53] Huawei, “Echolife hg8245,” tech. rep., Huawei, 2022.
- [54] Huawei Technologies, “SSC2807-FX-12-B Datasheet 01,” tech. rep., Huawei Technologies Co., Ltd., 2021.
- [55] L. Huawei Technologies Co., *Guía de instalación, proyecto FTTH*, 2018.
- [56] L. Huawei Technologies Co., “Dual-end fastconnect distribution cable datasheet,” tech. rep., Huawei, 2020.
- [57] M. Telecomunicaciones, *Suministro de infraestructura coaxial y óptica para redes HFC y FTTH (GPON)*, 2023.
- [58] International Telecommunication Union, “Series G: Transmission systems and media, digital systems and networks,” tech. rep., International Telecommunication Union, 2019.
- [59] S. D. Philippon, “¿Cómo se determina el costo de capital de las empresas sujetas a regulación tarifaria en el Perú?,” *Círculo de Derecho Administrativo*.
- [60] C. ESAN, “Evaluación económica y financiera de proyectos,” 2016.
- [61] R. P. C. Steven C. Chapra, *Numerical Methods for Engineers*. McGraw-Hill Education, 7 ed., 2015.
- [62] R. D., “Método de Brent e implementación en Python,” 2023.
- [63] Optiwave, “Fiber Optic Communication.”
- [64] Optiwave, “Optical Amplifiers – Erbium Doped Fibers.”

ANEXO I



DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA
CENTRAL DE OPERACIONES		FAT DESBALANCEADO	
FAT DESBALANCEADO		FAT BALANCEADO	
FAT BALANCEADO		HUB BOX	
HUB BOX		X-BOX	
X-BOX			

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO

PROYECTO DE TÍTULO: "ESTUDIO Y PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RED FTTH EN EL DISTRITO DE HUAYLLABAMBA - URUBAMBA"

FECHA: INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, INFORMÁTICA Y MECÁNICA

ESCUELA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TÍTULO: DIAGRAMA UNIFILAR DE LA RED FTTH EN EL DISTRITO DE HUAYLLABAMBA

FECHA: CHOQUE ARAMBURU YNDHYRA BETH

FECHA: S/E

RD-02

ANEXO II

ANEXO III



For more information,
please scan this code:



V1600G2-B

Layer3 GPON OLT

The V1600G2-B is a pizza-box GPON OLT with 16 GPON ports that meets flexible and fast FTTx access, suiting the scenarios such as sparse/ remote/cost-sensitive area, smart industrial park, commercial building and FTTM, etc.

Highlights

- **Compact design, meets various application scenarios**

Supports the deployment in diverse scenarios including low density areas, remote areas, sparsely-populated areas and industry parks.

Supports FTTM and sharing site/rack with wireless base stations.

- **Small size and lightweight, easier to delivery and install**

Small size and lightweight, easy to transport and install.

Supports multiple installation modes, like limited room space, basement, low-voltage room and small rack or cabinet.

- **Carrier-class security protection, support dynamic routing protocol RIP&OSPF, ensure the safe operation of network**

Supports uplink redundancy protection including LACP STP, RSTP and MSTP, and support RIP&OSPF protocol. Supports link protection.

- **Lower TCO**

Dramatically saves on investment fees in trunk fibers, pipe engineering, and facilities. Effectively reduce CapEx and OpEx.



Technical Specifications

Item	V1600G2-B	
Chassis	Rack	1U 19Inch Standard Box
Uplink Port	QTY	8
	RJ45(GE)	4
	SFP(GE)/SFP+(10GE)	4
GPON Port	QTY	16
	Physical Interface	SFP Slots
	Max splitting ratio	1:128
Management Ports	1*10/100/1000BASE-T out-band port, 1*CONSOLE port, 1*USB2.0, 1*Type-C USB (for console)	
Backplane Bandwidth (Gbps)	208	
Port Forwarding Rate(Mpps)	124.992	
PON Port Specification	Transmission Distance	20KM
	GPON port speed	Upstream 1.244Gbps, Downstream 2.488Gbps
	Wavelength	TX 1490nm, RX 1310nm
	Connector	SC/UJPC
	Fiber Type	9/125μm SMF
Supported PON module level	Class B+, C, C+, C++, C+++	
Management Mode	EMS, WEB, SNMP, Telnet , CLI	

Management Function

- SNMP,Telnet,CLI,WEB,SSH v2;
- Fan Group Control
- Port Status monitoring and configuration management
- Online ONTconfiguration and management
- User management
- Alarm management

Layer2 Switch

- 32K Mac address
- Support 4096 VLANs
- Support port VLAN and protocol VLAN
- Support VLAN tag/Un-tag, VLAN transparent transmission
- Support VLAN translation and QinQ
- Support storm control based on port
- Support port isolation
- Support port rate limitation
- Support 802.1D and 802.1W
- Support static LACP,Dynamic LACP
- QoS based on port, VID, TOS and MAC address
- Access control list
- IEEE802.x flowcontrol
- Port stability statistic and monitoring

Multicast

- IGMP snooping
- 2048 IP Multicast Groups;

DHCP

- DHCP server,DHCP relay,DHCP snooping
- DHCP option82

Layer 3 Route

- ARP proxy
- 4096 hardware Host Routes,512 hardware Subnet Routes
- Support 802.1X,RADIUS,Tacacs+
- Support IP source guard
- Support static route ,dynamic route RIP v1/v2,RIPng and OSPF v2/v3;

IPv6

- Support NDP;
- Support IPv6 Ping,IPv6 Telnet,IPv6 routing;
- Support ACL based on source IPv6 address, destination IPv6 address, L4 port, protocol type, etc;
- Support MLD v1/v2 snooping(Multicast Listener Discovery snooping)

GPON Function

- Tcont DBA
- Gempport traffic
- In compliant with ITU-T984.x standard
- Up to 20KM transmission Distance
- Support data encryption, multi-cast, port VLAN, separation, RSTP, etc
- Support ONT auto-discovery/link detection/remote upgrade of software

- Support VLAN division and user separation to avoid broadcast storm
- Support power-off alarm function, easy for link problem detection
- Support broadcasting storm resistance function
- Support port isolation between different ports
- Support ACL and SNMP to configure data packet filter flexibly
- Specialized design for system breakdown prevention to maintain stable system
- Support RSTP,IGMP Proxy

Dimension (L*W*H)

- 442mm*319mm*43.6mm

Weight

- Net weight of single power: 4.80kg
- Gross weight of single power: 6.40kg

Power Consumption

- 85W

Working Temperature

- 0°C ~+50°C

Storage Temperature

- -40~+85°C

Relative Humidity

- 5~90% (non-condensing)

Ordering Information:

Product Name	Product Description	Power Configuration	Accessories
V1600G2-B	16*GPON,4*RJ45+4*SFP/SFP+	1*AC power 2*AC power 2*DC power 1*AC power + 1* DC power	GPON SFP C++ module GPON SFP C+++ module 1G SFP module 10G SFP+ module

MA5608T Datasheet

Get a Quote



Overview

The MA5608T is the Huawei SmartAX MA5600T model, providing 5 slots. Huawei SmartAX MA5600T is the global first OLT which integrates the functionality of aggregation switch and edge router. It can provide high-density GPON, 10GPON and Ethernet P2P optical access, triple play service, TDM/ATM/Ethernet leased line services for business customers and high precision clock, and high-density GE/10GE interfaces for cascading remote access equipments. MA5600T helps to simplify network architecture, to improve network reliability and lower TCO essentially.

Quick Spec

Table 1 shows the quick spec.

Model	MA5608T
(W/D/H) mm	442×233.5×88
Cabinet	Indoor: N63E-22 Outdoor: F01S200
Configuration	control board: 2 Service board: 2 Power interface board: 1
MTBF	≈45 years
Switching Capacity of the Backplane Bus	720Gbit/s
Switching Capacity of the Control Board	N/A
Access Capacity	• 8*10G GPON • 32*GPON • 96*GE
Maximum uplink port (GIU)	-

Product Details

The Huawei SmartAX 5600T provide these features:

- ★ Convergence and access integration
 - Provides super large convergence switching capacity. Specifically, an MA5600T series device supports 3.2 Tbit/s backplane capacity, 1,920 Gbit/s switching capacity, and 512,000 MAC addresses.
 - Provides super high-density cascading capability. Specifically, an MA5600T series device supports a maximum of 46 x 10GE or 768 GE services, with no additional convergence switches.
- ★ High reliability
 - Provides highly reliable networking capabilities and ensures dual-OLT hot backup, remote disaster tolerance, and service upgrades without interruption.
 - Provides comprehensive Quality of Service (QoS) functions and supports traffic classification management, priority control, and bandwidth control. The Hierarchical Quality of Service (H-QoS) function meets various Service Level Agreement (SLA) requirements of commercial customers.
 - Provides an End-to-End (E2E) highly reliable design, enabling Bidirectional Forwarding Detection (BFD), Smart Link, Link Aggregation Control Protocol (LACP) redundancy protection and GPON type B/type C line protection in the upstream direction.
- ★ Multi-scenario access
 - Supports access of multiple E1 private line services, and Native Time-Division Multiplexing (TDM) or Circuit Emulation Services over Packet (CESoP)/ Structure-Agnostic TDM over Packet (SAToP) function.
 - Supports the Emulated Local Area Network (ELAN) function and Virtual Local Area Network (VLAN)-based internal traffic exchange, satisfying enterprise and community network application requirements.
 - Supports non-convergence access of Internet Protocol television (IPTV) users. One subrack supports 8,000 multicast users and 4,000 multicast channels.

- ★ Smooth evolution
 - Supports GPON, 10G Passive Optical Network (PON), and 40G PON on a platform, enabling smooth evolution and achieving ultra-bandwidth access.
 - Supports IPv4/IPv6 dual stacks and IPv6 multicast, enabling smooth evolution from IPv4 to IPv6.
- ★ Energy saving
 - Uses special chips for conserving power. Specifically, 16 ports on a GPON board consume less than 73 W of power.
 - Supports idle board automatic power-off and intelligent fan speed adjustment, effectively lowering idle board power consumption.

Supported Boards

Table 2 shows the recommended boards of this model.

Category	Model	Description
Control Boards	H801SCUH	Huawei SmartAX MA5600 Super Control Unit Board
	H801SCUV	Huawei SmartAX MA5600 Super Control Unit Board
	H801SCUN	Huawei SmartAX MA5600 Super Control Unit Board
	H801MCUD	Huawei SmartAX MA5600 Control Unit Board (GE Uplink)
	H801MCUD1	Huawei SmartAX MA5600 Control Unit Board (GE/10GE Uplink)
	H801SCUK	Huawei SmartAX MA5600 Super Control Unit Board
Services Boards	H806GPBH	Huawei SmartAX MA5600 8-port Advanced GPON OLT Interface Board
	H807GPBH	Huawei SmartAX MA5600 8-port Advanced GPON OLT Interface Board
	H801GPMD	Huawei SmartAX MA5600 8-port Advanced GPON OLT Interface Board
	H805GPFD	Huawei SmartAX MA5600 16-port GPON OLT Interface board
	H801XGBD	Huawei SmartAX MA5600 8-port XG-PON OLT Interface board
	H802XGBC	Huawei SmartAX MA5600 4-port XG-PON OLT Interface Board
	H801SPUF	Huawei SmartAX MA5600 Multifunctional Service Process Board
	H801ETHB	Huawei SmartAX MA5600 Ethernet Service Access Board
Power Boards	H801PRTA	Huawei SmartAX MA5600 Power Transfer Board
	H801PRTE	Huawei SmartAX MA5600 Power Transfer Board
	H801PRTG	Huawei SmartAX MA5600 Power Transfer Board
Fan Boards	H831FCBB0	Huawei SmartAX MA5600 MA5608T fan tray

Compare to Similar Items

Table 3 shows the comparison.

Model	MA5600T-ETSI	MA5600T-IEC	MA5603T	MA5608T
Configuration	control board: 2 Service board: 16 Universal Interface board: 1 Upstream interface board: 2 Power interface board: 2	control board: 2 Service board: 14 Universal Interface board: 1 Upstream interface board: 2 Power interface board: 2	control board: 2 Service board: 6 Universal Interface board: 1 Upstream interface board: 2 Power interface board: 2	control board: 2 Service board: 2 Power interface board: 1
Switching Capacity of the Backplane Bus	3.2Tbit/s	-	1.5Tbit/s (H801MABO) 2Tbit/s (H802MABO)	720Gbit/s
Access Capacity	• 128*10G GPON • 256*GPON • 768*GE/FE	• 112*10G GPON • 224*GPON • 672*GE/FE	• 48*10G GPON • 96*GPON • 288*GE	• 8*10G GPON • 32*GPON • 96*GE

Maximum uplink port (GIU)	• 4*GE • 4*10GE	• 4*GE • 4*10GE	• 4*GE • 4*10GE	-
---------------------------	--------------------	--------------------	--------------------	---

Get More Information

Do you have any question about the MA5608T?

Contact us now via [Live Chat](#) or sales@router-switch.com.

Specification

MA5608T Specification	
(W/D/H) mm	442×233.5×88
Operating Environment	Temperature: -40°C to +65°C RH: 5% to 95%
Power Parameter	Supports DC and AC power supply modes, and dual-power supply protection. Provides battery for power backup when AC power is used.
Cabinet	Indoor: N63E-22 Outdoor: F01S200
Configuration	control board: 2 Service board: 2 Power interface board: 1
MTBF	≈45 years
Switching Capacity of the Backplane Bus	720Gbit/s
Switching Capacity of the Control Board	N/A
Access Capacity	• 8*10G GPON • 32*GPON • 96*GE
Maximum uplink port (GIU)	-

Want to Buy

Order Now

Get a Quote

Why Router-switch.com

As a leading network hardware supplier, Router-switch.com focuses on original new ICT equipment of [Cisco](#), [Huawei](#), [HPE](#), [Dell](#), [Hikvision](#), [Juniper](#), [Fortinet](#), etc.



200+

Countries we Sold



18,000+

Customers Trusted



\$20,000,000

Inventory Available



50%-98%

Off Global List Price



100%

Safe Online Shopping

Contact Us

- Tel: +1-626-655-0998 (USA) +852-3050-1066 / +852-3174-6166
- Fax: +852-3050-1066 (Hong Kong)
- Email: sales@router-switch.com



CHASIS CONCENTRADOR OPTICO LIGHTDRIVE GPON FK-OLT-G2500

Tipo del producto	Equipo GPON FBS
Descripción	La OLT (Optical Line Terminal) es un equipo <i>carrier class</i> utilizado en redes FTTx (Fiber To The X) como concentrador de clientes. Su función es distribuir el acceso a cada usuario de la red y realizar tareas de gestión, tales como control de acceso, gestión de banda, configuración de servicios, etc. Chasis GPON con altura de 7RU (unidades de rack).
Características Generales	<ul style="list-style-type: none"> • 10 slots para módulos de servicio: <ul style="list-style-type: none"> • Cada módulo de servicio soporta hasta 4 interfaces GPON SFP, para atendimento a 128 abonados cada uno, totalizando 5120 abonados por chasis; • Opción de módulos de servicio con interfaces GPON redundantes; • 2 slots para módulos de uplink: <ul style="list-style-type: none"> • El módulo de uplink presenta 2 puertos 10GbE XFP y 4 puertos GbE SFP; • 2 slots para módulo de control y gerenciamiento (switching): <ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de instalación de 2 módulos de switching para que operen en régimen de redundancia; • 296 Gbps de capacidad de switching y 220Mpps de throughput;
Gerencia	<ul style="list-style-type: none"> • Serial/Telnet (CLI); • SNMP v1/v2/v3; • DHCP server, client y relay con opción 82; • Single IP management; • RMON; • Syslog; • Link Layer Discovery Protocol (LLDP).
GPON	<ul style="list-style-type: none"> • Soporta ITU-T G.984.4 para gestión y control de la Interface de la ONT (OMCI); • Gestión remota de la ONT; • Descubierta y ranging automático de la ONT; • Soporta NSR (Non-Status Reporting) y SR (Status Reporting) DBA (Dynamic Bandwidth Allocation) – G.984.3; • Múltiples T-CONTs por ONT; • Hasta 128 ONTs por interface GPON; • Velocidad de 2.5Gbps en downstream y 1.25Gbps en upstream; • 20km de rango de transmisión (60km de alcance lógico); • Longitud de onda de transmisión: 1490nm; • Longitud de onda de recepción: 1310nm;

- Potencia Óptica de Transmisión: 1,5dBm ~ +5dBm
- Potencia Óptica de Recepción: -8dBm ~ -28dBm

Layer 2

- Standard Ethernet Bridging;
- Hasta 32K direcciones MACs;
- Hasta 4K VLANs, 802.1q;
- Port/Subnet/Protocol-based VLAN;
- VLAN stacking (QinQ) / translation;
- Spanning Tree (STP, RSTP e MSTP);
- Link Aggregation (802.3ad);
- Jumbo frame de hasta 9K;

Layer 3

- Enrutamiento IPv4 y IPv6;
- Enrutamiento estático;
- Routing Information Protocol (RIP) v1,v2 y RIPng;
- Open Shortest Path First (OSPF) v2, v3;
- Border Gateway Protocol (BGP) v4;
- Intermediate System to Intermediate System (IS-IS);
- Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP);

Qos

- Traffic scheduling (SP, WRR e DRR);
- 8 colas por puerta;
- Limitación condicional de tasa;
- Mapeo de colas de acuerdo con ingress/egress port, MAC, 802.1q, 802.1p, ToS/DSCP, IP SA/DA, TCP/UDP;
- Listas de control de acceso basadas en puertas, direcciones MAC, EtherType, IP SA/DA, dirección IP de multicast, TCP/UDP;

Multicast

- IGMP v1/v2/v3;
- IGMP Snooping;
- IGMP Proxy;
- IGMP Static Join;
- Multicast Vlan Registration (MVR);
- PIM-SM, SSM;

Seguridad

- Autenticación basada en MAC ou porta (802.1x);
- Storm Control para broadcast;
- Bloqueo de tráfico multicast y unicast desconocidos;
- Protección DoS;
- Gerenciamiento Out-of-Band;
- IP Source Guard;

- Secure Shell (SSH) v1/v2;

Características Constructivas

Dimensiones [mm]	Ancho	Alto	Profundidad
		444	310
	Min	Máx	OBS
Temperatura de operación	0	50	°C
Temperatura de almacenamiento	-40	70	
Humedad relativa de operación	0%	90%	Sin condensación
Consumo de Energía		390	Watts
Alimentación		-48/60	Volts
Alimentación	Dos fuentes DC en régimen de redundancia y balanceo de carga		

- Fuentes y ventiladores hot-swappable;
- LEDs indicativos de alarma;

Garantía

- Garantía de 1 año.
- Validez Técnica del Software: 365 días.

Para asegurar el correcto funcionamiento del sistema, solamente se garantiza la compatibilidad del equipo con la familia de OLTs GPON de Furukawa, siendo la actividad de soporte técnico por parte de Furukawa condicionada a este escenario.

Accesorios Incluidos Elementos incluidos con la fuente DC:

- 1 Cable de alimentación DC;
- 1 Cable Serie (DB9 – RJ45).

Nota

Los siguientes elementos se deben adquirir por separado:

- **35510182** - Panel Ciego - Fuente DC para chasis concentrador óptico GPON 7U
- **35510184** - Panel Ciego - Módulo de conmutador y gestión para chasis concentrador óptico GPON 7U
- **35510186** - Panel Ciego - Módulo de uplink para chasis concentrador óptico GPON 7U
- **35510189** - Panel Ciego - Módulo de servicio para chasis concentrador óptico GPON 7U

[Codificación](#)

ZTE ZXA10 C320

COMPACT GPON OPTICAL ACCESS PLATFORM

With the requirements of communication services increasing, the value-added services (VAS) including 3D network games, video conference/phone, Video on Demand (VoD) and IPTV are key means for operators to provide differential services to attract more subscribers, and gain income growth.



ZTE ZXA10 C320, a small size, full-service optical access convergent platform, provides carrier class QoS and reliable network to meet the requirements for small-scale implementation of FTTx services.

- Unified platform for GPON, XG-PON1 and P2P
- Small size and compact design, flexible network and fast deployment
- 2U frame with 2 service slots, compatible with ZXA10 C300 line cards
- Abundant service support capability: IPTV, VoIP, HSI, VPN, mobile backhaul, etc
- Higher security assurance: ONT authentication, user ID identification, port isolation, address binding, packet filtering, and broadcast packet suppression.
- High reliability: key parts redundancy; support Type B and Type C protection for PON downlink and LACP/ UAPS/STP/ERPS for uplink
- Service differentiation: Comprehensive QoS mechanisms for voice, video and high speed Internet services.
- Support DC input redundancy
- Support AC power supply
- Support 1:1 protection for PON interfaces
- Support 1:1 protection for SW (core card) card
- Support 1588V2 and Synchronous Ethernet
- Support embedded OTDR in SFP

SYSTEM ARCHITECTURE	L3 ROUTING:
CAPACITY	12K IPv4 Routing Forwarding Entries
GPON up to 32 Ports	IPv4 and IPv6 statistic Routing
Uplink Interfaces up to 4*GE (Optical)+2*GE(Electronic) or 2*10GE(Optical)+2*GE(Optical)+2*GE(Electronic)	MULTICAST –IPTV
CHASSIS CONFIGURATION (19")	1K Multicast Groups
Total five Slots	IGMP Snooping and proxy (v1/v2/3)
Two Slots for Universal Line Cards	MLD V1/ V2, snooping/proxy
Two Slots for Switch&Control Cards	MVLAN: 256
One Slot for Fan Module	Channel Access Control (CAC), Preview (PRV) and Call Detail Record (CDR) for IPTV
SUBSCRIBER CARD DENSITY	Less than 50ms Channel Zapping Delay
GPON Card: 8/16 Ports per Card	QOS
XG-PON1 card: Eight Ports per Card	Eight Queues per Port
P2P Card: 24/48 Ports per Card	Queue & Scheduling Mechanism: SP, WRR, SP+WRR
UPLINK INTERFACE CARD	IPv4 DSCP Diffserv
1*10GE optical Port (Configurable 1*GE optical Port)	Stream Classification, Rate Limiting, Shaping and Priority Setting
1*GE optical Port	Traffic Statistics
1*10 M/100 M/1000 M electrical Ethernet Port	WRED and triple Color
COMMON INTERFACES	SLA: CIR, PIR, EIR
1*Environment detecting Interface	SECURITY
1*Management Interface	L2-L4 ACL
1*Maintenance Serial Interface	IP and MAC Source Guard

PON FEATURES	Resistance against DOS Attacks
GPON compliant with ITU G.984.x	MAC/IP Anti Spoofing (MAC Binding, IP Binding, DHCP Snooping)
P2P compliant with ITU G.985/G.986	Anti Flooding: Broadcast Packet Suppression, IGMP Packet Suppression, DHCP Packet Suppression
XG-PON1 compliant with ITU G.987.x and G.988	MAC Address Number Limit based on VLAN or GEM Port
Support 1:128 optical Split Ratio for xPON	Port Mirroring
Support OLS (Optical Laser Supervising)	User Port Identification such as PPPOE+ and DHCP Option 82
Max logical Reach: 60km	O&M
Max physical Reach: 20km	Operator Security, Multi privileged Operator, SSH, FTP/TFTP, ACL
Max Link Difference: 20km	Management Protocol and Interface: CLI, Telnet ,SNMP V1/V2C/V3, MIBII
High efficient DBA: NSR-DBA,SR-DBA	Remote Firmware Download and Upgrade
Synchronous Ethernet	Environment Detecting, Control and Alarm
GPON Transceiver Power: Class B+ or class C+	ENVIRONMENT
XG PON1 Transceiver Power: Class N1 and N2a	Operating Temperature: -40°C ~65°C
Type B and type C optical Uplink Protection	Operating Humidity: 5% ~ 95%
Support FEC	Air Pressure: 70 kPa-106 kPa
Support AES128	POWER SUPPLY
Support SCB	DC: -48V+/-20%, -60V+/-20%
GPON MCM(Multi Copy Multicast)	AC: 100V~240V
Support 1550nm for third Party CATV Broadcasting	DIMENSIONS
L2/L3FEATURES	
4K VLAN	86.1mm (H)* 482.6mm (W)* 270mm (D)(19 Inch Shelf)
1:1/N:1 VLAN	
802.1ad, SVLAN, Selective QinQ, VLAN Stacking	
Line Rate forwarding	2200 mm (H)x600 mm (W)x300 mm ((D) (Rack)
STP/RSTP/MSTP compliant to IEEE 802.1d/802.1w/802.1s	
UAPS/EAPS/LACP Protection	1035 mm(H) x 770 mm(W) x 460 mm(D) (Outdoor Cabinet)
Link Aggregation IEEE 802.3ad	



For more information, please scan this code:



V1600G1WEO-B

Outdoor GPON OLT



Introduction:

V-SOL Outdoor GPON OLT V1600G1WEO-B It is composed of preamplifier EDFA module, OLT module and optical splitter, etc. It is an optical node device that organically combines CATV optical amplifier module and OLT module. Its modular design can be flexibly deployed in floor boxes, corridors, poles and other scenarios, simplifying network design and reducing engineering costs.

Highlights



Modular Design
GPON OLT+EDFA+Splitter

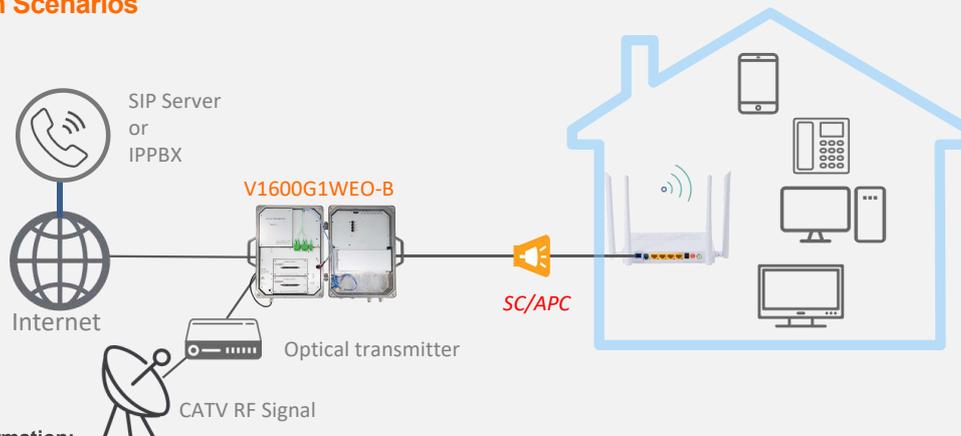


Metal Case, Natural Heat Dissipation
IP65 Dust & Water Proof



Dual Power Redundancy

Application Scenarios



Ordering Information:

Product Name	Product Description	Power Configuration	Accessories
V1600G1WEO-B	8*GPON+2*SFP +2*(SFP+)+8*22 EDFA	2*AC power	GPON SFP C++ module GPON SFP C+++ module 1G SFP module 10G SFP+ module

Technical Specifications



Item		V1600G1WEO-B
Backplane Bandwidth (Gbps)		104
Port Forwarding Rate(Mpps)		65.472
GPON Module		
Chassis	Rack	1U 19Inch Standard Box
Uplink Port	QTY	4
	SFP(GE)	2
	SFP+(10GE)	2
GPON Port	QTY	8
	Physical Interface	SFP Slots
	Max splitting ratio	1:128
Management Ports		1*10/100BASE-T out-band port, 1*CONSOLE port
PON Port Specification	Transmission Distance	20KM
	GPON port speed	Upstream 1.244Gbps, Downstream 2.488Gbps
	Wavelength	TX 1490nm, RX 1310nm
	Connector	SC/UPC
	Fiber Type	9/125μm SMF
Supported PON module level		Class B+, C, C+, C++, C+++
EDFA Optical Amplifier Module		
Working wavelength		1535nm - 1565nm
Input optical power		-3dBm - +10dBm(ACC Mode) / -6dBm - +10dBm(APC Mode)
Output optical power		13 dBm -22dBm
Output optical power stability		≤±0.25dB
Noise figure		≤5.0dB(@Input optical power is +3dBm)
Input /output reflection loss		≥45dB
Input/output pump light leakage		≤-30dBm
C/CTB	≥63dB	EDFA input optical power is 3dBm, and the optical link composed of optical transmitter and receiver is tested.
C/CSO	≥62dB	
C/N	≥50dB	
V1600G1WEO-PWR		AC:90~264V, 47/63Hz, 24V DC output, Dual Power Module Supply
Management Mode		WEB/SNMP/Telnet/CLI/SSHv2

Management Function

- SNMP,Telnet,CLI,WEB,SSH v1/v2;
- Fan Group Control
- Port Status monitoring and configuration management
- Online ONTconfiguration and management
- User management
- Alarm management

Layer2Switch

- 16K Macaddress
- Support 4096 VLANs
- Support port VLAN and protocol VLAN
- Support VLAN tag/Un-tag, VLAN transparent transmission
- Support VLAN translation and QinQ
- Support storm control based on port
- Support port isolation
- Support port rate limitation
- Support 802.1D and 802.1W
- Support static LACP,Dynamic LACP
- QoS based on port, VID, TOS and MAC address
- Access control list
- IEEE802.x flow control
- Port stability statistic and monitoring

Multicast

- IGMP snooping
- 1024 IP Multicast Groups

DHCP

- DHCP server,DHCP relay,DHCP snooping
- DHCP option82

Layer3 Route

- ARP proxy,2048 hardware Host Routes,2048 hardware Subnet Routes
- Support 802.1X,Radius,Tacacs+
- Support IP source guard; RIP/OSPF/BGP
- 1024 hardware Host Routes
- 512 hardware Subnet Routes

IPv6

- Support NDP;
- Support IPv6 Ping,IPv6 Telnet,IPv6 routing;
- Support ACL based on source IPv6 address, destination IPv6 address, L4 port, protocol type, etc;
- Support MLD v1/v2 snooping(Multicast Listener Discovery snooping);

GPON Function

- Tcont DBA
- Gempport traffic
- In compliant with ITU-T984.x standard
- Up to 20KM transmission Distance
- Support VLAN division and user separation to avoid broadcast storm

- Support power-off alarm function, easy for link problem detection
- Support broadcasting storm resistance function
- Support port isolation between different ports
- Support ACL and SNMP to configure data packet filter flexibly
- Specialized design for system breakdown prevention to maintain stable system
- Support RSTP,IGMP Proxy

Dimension (L*W*H)

- 384mm*180mm*180mm

Weight

- Net weight of single power: 16.1kg
- Gross weight of single power: 18.3kg

Water Proof Level

- IP65

Power Consumption

- 45W

Working Temperature

- -40 ~ +70°C

Storage Temperature

- -40 ~ +85°C

Relative Humidity

- 5~90% (non-condensing)

GPON OLT SFP Transceiver Class B+/ C+/ C++ ZL54320A9-KCSx

Product Features

- SC BIDI SFP Single Mode Transceiver
 - 1490nm Continuous Mode 2.488 Gbps DFB Transmitter
 - 1310nm Burst Mode 1.244 Gbps APD-TIA Receiver
- Single +3.3 Power Supply, Hot-pluggable
- LVTTTL receiver Fast Burst Packet Detect indication
- Burst mode received signal strength indication (RSSI) function
- Complies with Telcordia (Bellcore) GR-468-CORE
- Class I laser safety standard IEC-60825 compliant
- Compliant with SFP MSA and SFF-8472
- Complies with ITU-T G.984.2 Class B+/ C+/ C++

Product Applications

- GPON OLT For P2MP Application

General

The Z-Quick ZL54320A9-KCSx transceiver with supports data rate of typical 2.488 Gbps for GPON OLT application up to 20km transmission distance, it's designed meeting with ITU-T G.984.2 Class B+/ C+/ C++ specifications. SC receptacle is for optical interface.

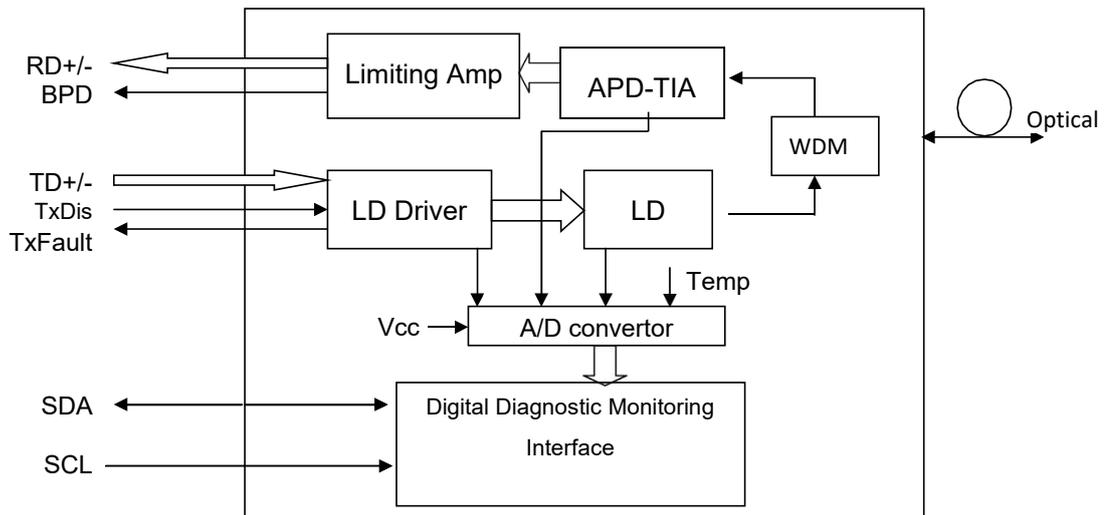


Fig 1 Transceiver Block Diagram

The module provides digital diagnostic information of its operating conditions and status, including transmitting power, laser bias, receiver input optical power, module temperature, and supply voltage. Calibration and alarm/warning threshold data are written and stored in internal memory (EEPROM). The memory map is compatible with SFF-8472, as shown in Fig. 2. The diagnostic data are raw A/D values and must be converted to real world units using calibration constants stored in EEPROM locations 56 – 95 in A2h.

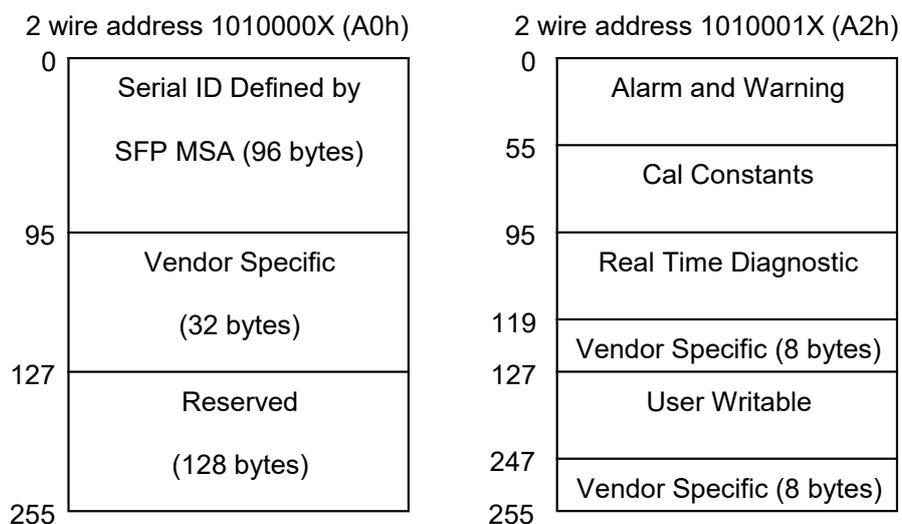


Fig 2 EEPROM Information

Performance Specifications

Absolute Maximum Ratings						
Parameter	Symbol	Min.	Max.	Unit	Note	
Storage Temperature	Tst	-40	+85	°C		
Operating Case Temperature	Tc	0	70	°C		
Input Voltage	-	GND	Vcc	V		
Power Supply Voltage	Vcc-Vee	-0.5	+3.6	V		
Recommended Operating Conditions						
Parameter	Symbol	Min.	Typical	Max.	Unit	Note
Power Supply Voltage	Vcc	3.135	3.3	3.465	V	
Operating Case Temperature	Tc	0	-	70	°C	
Data Rate	TX	-	2.488	-	Gbps	
	RX	-	1.244	-		

Total Supply Current	-	-	-	400	mA	
Damage Threshold For Receiver	-	-	-	4	dBm	

Optical Specification						
Transmitter						
Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Note
Optical Central Wavelength	λ	1480	1490	1500	nm	-
Spectral Width (-20dB)	$\Delta\lambda$	-	-	1	nm	-
Side Mode Suppression Ratio	SMSR	30	-	-	dB	-
Average Optical Output Power	P_o	+2.5	+4	+6	dBm	ZL54320A9-KCS
		+3.5	+5	+7		ZL54320A9-KCSF
		+5	+7	+10		ZL54320A9-KCSP
Extinction Ratio	E_r	8.2	-	-	dB	-
Rise/Fall Time	T_r/T_f	-	-	150	ps	-
Transmitter Total Jitter	J_{p-p}	-	-	0.1	UI	
Transmitter Reflectance	RFL	-	-	-12	dB	
Average Launched Power of Off Transmitter	P_{off}	-	-	-39	dBm	-
Differential Input Voltage	V_{IN-DIF}	300	-	1600	mV	-
Tx Disable Input Voltage-Low	V_{IL}	0	-	0.8	V	-
Tx Disable Input Voltage-High	V_{IH}	2.0	-	V_{cc}	V	-
Output Eye	Compliant with ITU-T G.984.2					
Receiver						
Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Note
Operate Wavelength	-	1260	1310	1360	nm	-
Sensitivity	P_r	-	-	-28	dBm	ZL54320A9-KCS
		-	-	-30		ZL54320A9-KCSF/KCSP
Saturation	P_s	-8	-	-	dBm	ZL54320A9-KCS
		-10	-	-		ZL54320A9-KCSF/KCSP
LOS assert Level	-	-45	-	-	dBm	-

LOS De-Assert Level	-	-	-	-30	dBm	-
LOS Hysteresis	-	0.5	-	5	dB	-
Receiver Optical Reflectance	-	-	-	-12	dB	-
Data Output Low	Vol	-2	-	-1.58	V	-
Data Output High	Voh	-1.1	-	-0.74	V	-
LOS Output Voltage-Low	VSD-L	0	-	0.8	V	-
LOS Output Voltage-High	VSD-H	2.0	-	Vcc	V	

Note:

1. Minimum Sensitivity and saturation levels for an NRZ 2²³-1 PRBS. BER≤10⁻¹⁰, 1.244Gbps, ER=9dB

EEPROM Information

EEPROM Serial ID Memory Contents (A0h)

Addr. (decimal)	Field Size (Bytes)	Name of Field	Content (Hex)	Content (Decimal)	Description
0	1	Identifier	03	3	SFP
1	1	Ext. Identifier	04	4	MOD4
2	1	Connector	01	1	SC
3-10	8	Transceiver	00 00 00 80 00 00 00 00	00 00 00 128 00 00 00 00	
11	1	Encoding	03	3	NRZ
12	1	BR, nominal	19	25	2.488Gbps
13	1	Reserved	00	0	-
14	1	Length (9um)-km	14	20	20/km
15	1	Length (9um)	C8	200	20km
16	1	Length (50um)	00	0	-
17	1	Length (62.5um)	00	0	-
18	1	Length (copper)	00	0	-
19	1	Reserved	00	0	-
20-35	16	Vendor name	5A 2D 51 55 49 43 4B 20 20 20 20 20 20 20 20 20	90 45 81 85 73 67 75 32 32 32 32 32 32 32 32 32	'Z-QUICK' (ASCII)
36	1	Reserved	00	0	-
37-39	3	Vendor OUI	00 00 00	0 0 0	-
40-55	16	Vendor PN	5A 4C 35 34 33 32 30 41 39 2D 4B 43 53 xx 20 20	90 76 53 52 51 50 48 65 57 45 75 67 83 xx 32 32	'ZL54320A9-KCSx' (ASCII)

56-59	4	Vendor rev	30 30 30 20	48 48 48 32	"000" (ASCII)
60-61	2	Wavelength	05 D2	05 210	1490
62	1	Reserved	00	0	-
63	1	CC BASE	-	-	Check sum of bytes 0 - 62
64	1	Reserved	00	0	
65	1	Options	1C	28	
66	1	BR, max	00	0	-
67	1	BR, min	00	0	-
68-83	16	Vendor SN	-	-	ASCII
84-91	8	Vendor date	-	-	Year (2 bytes), Month (2 bytes), Day (2 bytes)
92	1	DDM Type	60	96	Internal Calibrated
93	1	Enhanced Option	80	128	LOS, TX_FAULT and Alarm/warning flags implemented
94	1	SFF-8472 Compliance	02	2	SFF-8472 Rev 10.3
95	1	CC EXT	-	-	Check sum of bytes 64 - 94
96-255	160	Vendor spec			

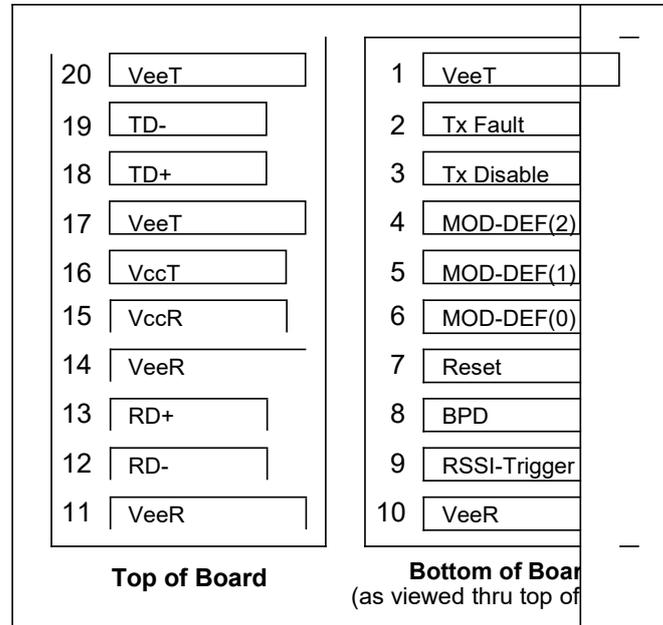
Alarm and Warning Thresholds (Serial ID A2H)

Parameter(Unit)	C Temp (°C)	Voltage (V)	Bias (mA)	TX Power (dBm)			RX Power (dBm)		
				+5	+8	+8	-8	-10	-10
High Alarm	100	3.6	90	+5	+8	+8	-8	-10	-10
Low Alarm	-10	3	1	+1.5	+3	+4	-28	-30	-30
High Warning	95	3.5	70	+4.5	+7.5	+7.5	-9	-11	-11
Low Warning	0	3.1	2	+2	+4	+5	-27	-29	-29

Digital Diagnostic Monitor Accuracy

Parameter	Unit	Accuracy	Range	Calibration
Tx Optical Power	dB	±3	Po: -Pomin~Pomax dBm, Recommended operation conditions	External/Internal
Rx Optical Power	dB	±3	Pi: Ps~Pr dBm, Recommended operation conditions	External/Internal
Bias Current	%	±10	Id: 1-100mA, Recommended operating conditions	External/Internal
Power Supply Voltage	%	±3	Recommended operating conditions	External/Internal
Internal Temperature	°C	±3	Recommended operating conditions	External/Internal

PIN Diagram



PIN Description

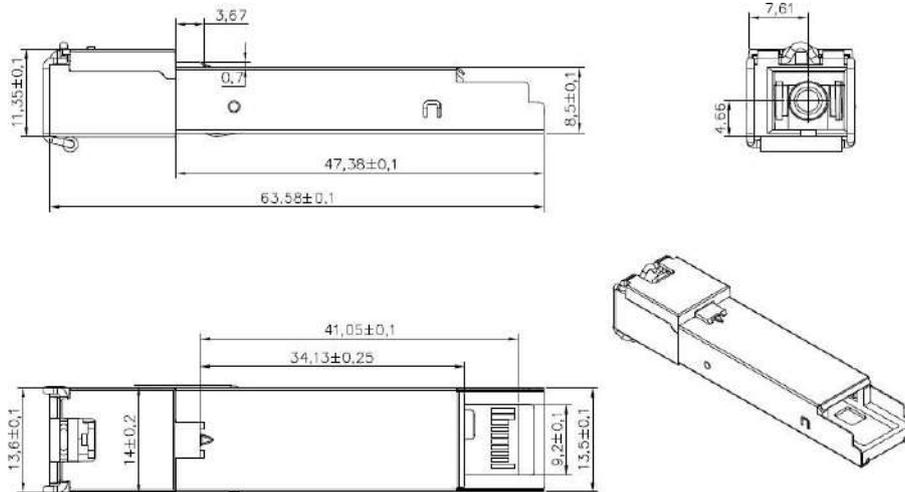
Pin No.	Name	Function	Plug Seq.	Notes
1	VeeT	Transmitter Ground	1	
2	Tx Fault	Transmitter Fault Indication	3	Note 1
3	Tx Disable	Transmitter Disable	3	Note 2
4	MOD-DEF2	Module Definition 2	3	Note 3
5	MOD-DEF1	Module Definition 1	3	Note 3
6	MOD-DEF0	Module Definition 0	3	Note 3
7	Reset	Reset signal input	3	
8	BPD	Burst Power Detect (active HIGH)	3	Note 4
9	RSSI-Trigger	Receiver Signal Strength Indication	1	
10	VeeR	Receiver Ground	1	Note 5
11	VeeR	Receiver Ground	1	Note 5
12	RD-	Inv. Receiver Data Out	3	Note 6
13	RD+	Receiver Data Out	3	Note 6
14	VeeR	Receiver Ground	1	Note 5
15	VccR	Receiver Power Supply	2	Note 7, 3.3V± 5%

16	VccT	Transmitter Power Supply	2	Note 7, 3.3V± 5%
17	VeeT	Transmitter Ground	1	Note 5
18	TD+	Transmitter Data In	3	Note 8
19	TD-	Inv.Transmitter Data In	3	Note 8
20	VeeT	Transmitter Ground	1	Note 5

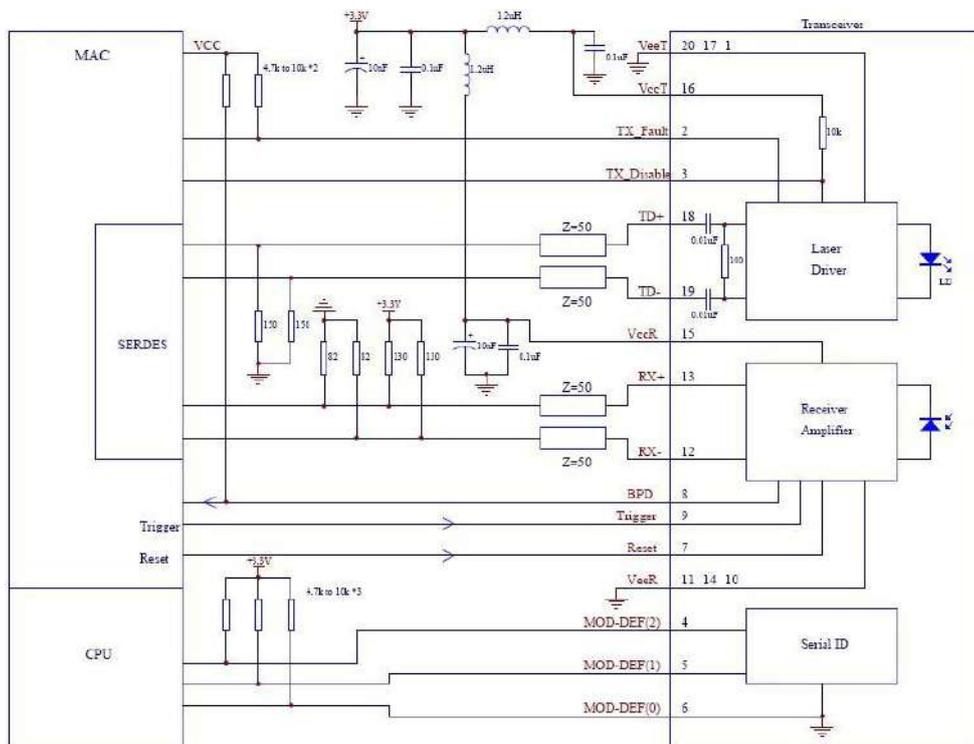
Notes:

- TX Fault is an open collector/drain output, which should be pulled up with a 4.7K–10KΩ resistor on the host board. Pull up voltage between 2.0V and VccT, R+0.3V. When high, output indicates a laser fault of some kind. Low indicates normal operation. In the low state, the output will be pulled to < 0.8V.
- TX disable is an input that is used to shut down the transmitter optical output. It is pulled up within the module with a 4.7–10 KΩ resistor. Its states are:
 - Low (0 – 0.8V): Transmitter on
 - (>0.8, < 2.0V): Undefined
 - High (2.0 – 3.465V): Transmitter Disabled
 - Open: Transmitter Disabled
- Mod-Def 0,1,2. These are the module definition pins. They should be pulled up with a 4.7K – 10KΩ resistor on the host board. The pull-up voltage shall be VccT or VccR. Mod-Def 0 is grounded by the module to indicate that the module is present
Mod-Def 1 is the clock line of two wire serial interface for serial ID
Mod-Def 2 is the data line of two wire serial interface for serial ID
- BPD is pulled up internally with a 4.7K – 10KΩ resistor. Pull up voltage between 2.0V and VccT, R+0.3V. When LOW, this output indicates the received optical power is below the worst-case receiver sensitivity (as defined by the standard in use). HIGH indicates normal operation. In the low state, the output will be pulled to < 0.8V.
- VeeR and VeeT may be internally connected within the SFP module.
- RD-/+ : These are the differential receiver outputs. They are DC coupled 100Ω differential lines which should be terminated with 100Ω (differential) at the user SERDES.
- VccR and VccT are the receiver and transmitter power supplies. They are defined as 3.3V ±5% at the SFP connector pin. Maximum supply current is 450mA. Recommended host board power supply filtering is shown below. Inductors with DC resistance of less than 1Ω should be used in order to maintain the required voltage at the SFP input pin with 3.3V supply voltage. When the recommended supply filtering network is used, hot plugging of the SFP transceiver module will result in an inrush current of no more than 30 mA greater than the steady state value. VccR and VccT may be internally connected within the SFP transceiver module.
- TD-/+ : These are the differential transmitter inputs. They are AC-coupled, differential lines with 100Ω differential termination inside the module. The AC coupling is done inside the module and is thus not required on the host board.

Package Diagram



Recommended Circuit



Timing Parameter Definition

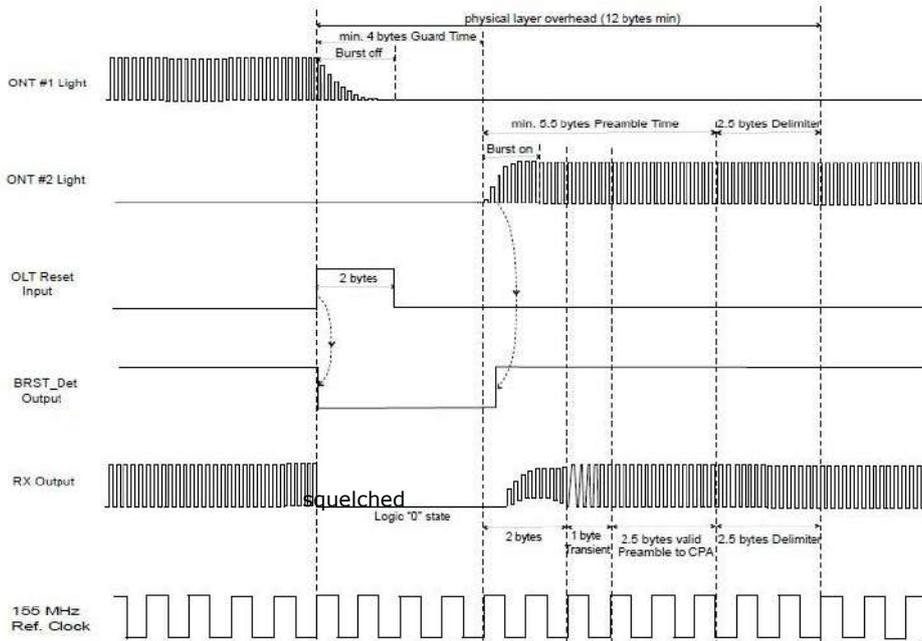


Figure1 Time parameter definition in GPON system

Timing Of Digital RSSI

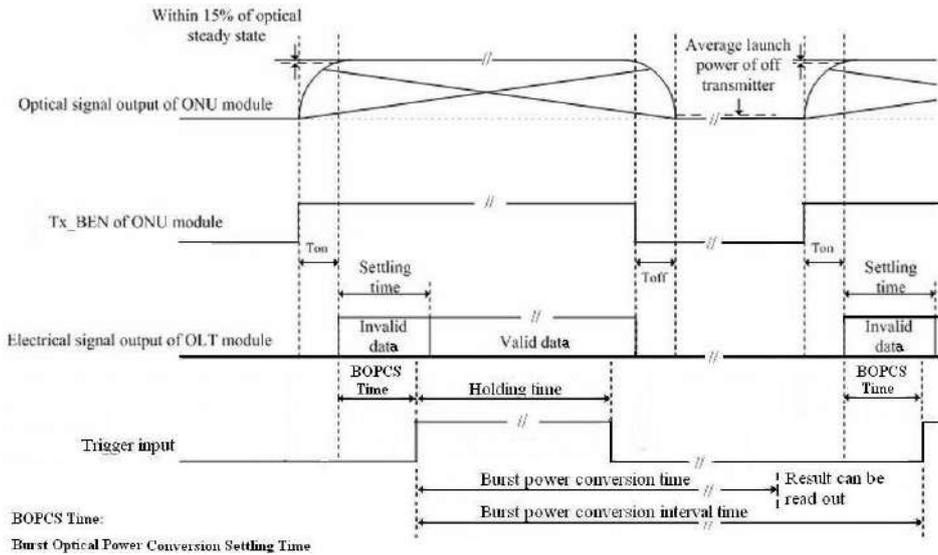


Figure2 Trigger sequence definition in GPON system

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS
Packet Length	-	600	-	-	ns
Trigger delay	BOPCS	100	-	-	ns
RSSI Trigger and Sample Time	Holding Time	400	-	-	ns
Internal delay	Conversion time	500	-	-	us

Change History

Version	Change Description	Issued By	Checked By	Appoved By	Release Date
A	Initial release	<i>Haiping Li</i>	<i>Allan.Ding</i>	<i>LK.Wang</i>	2017-02-24
B	Update receiver wavelength, Er, Package.	Yebinghua	Peng Zhen	<i>LK.Wang</i>	2020-03-31
C	Update average Optical Output Power	Yebinghua	Peng Zhen	<i>LK.Wang</i>	2020-07-20

ANEXO IV

SSC2807-FX-12-B Datasheet 01

Building an Efficient Fiber Infrastructure.

Overview

The SSC2807-FX-12-B is a QuickConnect closure that is sealed mechanically. It is single-ended design and is generally used as the X Box node in the uneven splitting full-preconnection solution to convert traditional optical cables into 12-core pre-connected MPO output ports.

Features & Benefits

- Plug and play.
- FastPlug realizes cable fastening and sealing outside the closure, leads to fast installation.
- Support dispatching fibers from same loose tube into different trays.
- Supporting multiple installation modes, such as pole, wall, or aerial-mounting.
- Support overground and underground installation.
- Digital management. Supporting AI image identification, which enables long-term ODN resource accuracy.

Structure





Specifications

Model	SSC2807-FX-12-B
Termination capacity	12
Splicing capacity (unit: core)	144
Type of splicing tray	FSM2107-12HD
Max. tray qty.	12
Splicing capacity per tray (unit: core)	12
Optical cable inlet and outlet	1 PCS FP-S01 suitable for $\Phi 6$ mm to $\Phi 18$ mm straight-through cable 2 PCS FP-B01 suitable for $\Phi 5$ mm to $\Phi 12$ mm branching cable 12 PCS MPO hardened adapters
Installation mode	Pole, wall or aerial cable mounting
Application scenario	Overground, underground
Dimensions (H x W x D; unit: mm)	428 x 266 x 147

Model	SSC2807-FX-12-B
Dimensions with package (H x W x D; unit: mm)	497 x 294 x 225
Net weight (unit: kg)	3.4
Shell materials	PP+30GF
Color	Pantone Black 6C
Protection rating	IP68
Resisting impact	IK09
Flame-retardant rating	UL94-HB
RoHS	Compliant
Sealing mode	Mechanical
Adapter type	MPO hardened adapter

Environmental Parameters

Storage temperature	-40°C to +70°C
Operating temperature	-40°C to +65°C
Relative humidity	≤ 93% (+40°C)
Atmospheric pressure	70 kPa to 106 kPa

Performance Parameters

Adapter insertion loss	≤ 0.2 dB
Reseating durability	> 500 times

FastPlug Datasheet

Structure



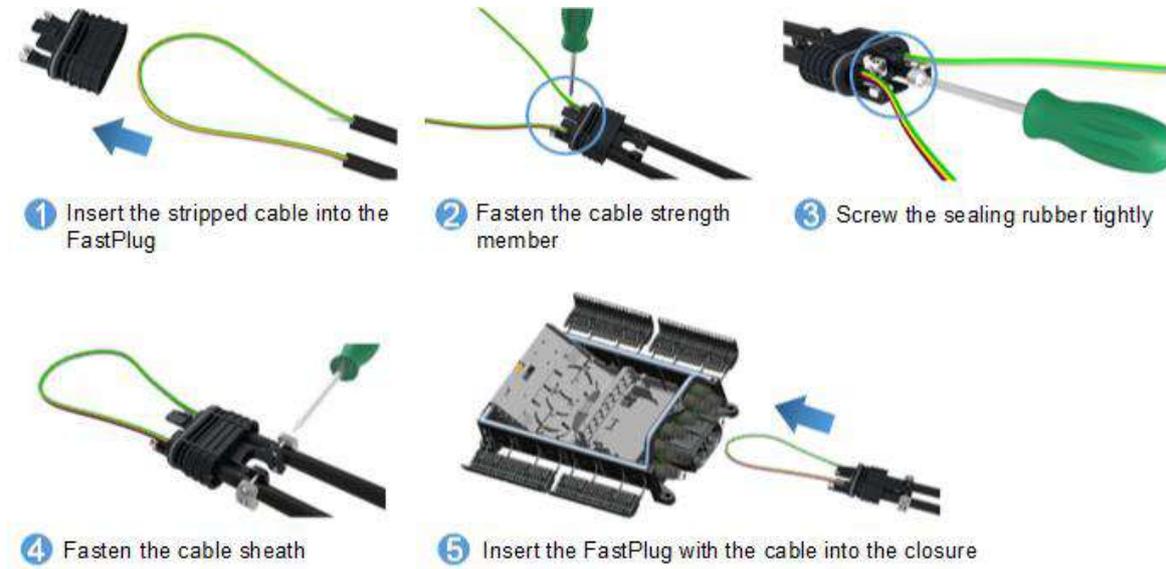
FP-S01



FP-B01

Fast installation

Fast installation, fastening, and sealing of straight-through optical cable with the FastPlug.



Splicing Tray Datasheet

Structure



Specifications

Item	FSM2107-12HD
Splicing capacity per tray (core)	12
Dimensions (H x W x D; unit: mm)	134 x 115 x 4
Net weight (unit: g)	21
Material	PC+ABS
Color	RAL7035

Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2021. All rights reserved.

No part of this document may be reproduced or transmitted in any form or by any means without prior written consent of Huawei Technologies Co., Ltd.

Trademarks and Permissions

 HUAWEI and other Huawei trademarks are trademarks of Huawei Technologies Co., Ltd.

All other trademarks and trade names mentioned in this document are the property of their respective holders.

Notice

The purchased products, services and features are stipulated by the contract made between Huawei and the customer. All or part of the products, services and features described in this document may not be within the purchase scope or the usage scope. Unless otherwise specified in the contract, all statements, information, and recommendations in this document are provided "AS IS" without warranties, guarantees or representations of any kind, either express or implied.

The information in this document is subject to change without notice. Every effort has been made in the preparation of this document to ensure accuracy of the contents, but all statements, information, and recommendations in this document do not constitute a warranty of any kind, express or implied.

Huawei Technologies Co., Ltd.

Address: Huawei Industrial Base Bantian,
Longgang Shenzhen 518129 People's
Republic of China

Website: www.huawei.com



CAJA DE EMPALME ÓPTICO APLICABLES EN VIAS AEREAS - FK-CEO-4T

Descripción El Conjunto de Empalme Optico FK-CEO-4T utilizado para proteger y acomodar los empalmes ópticos para la transición o derivación entre cables de fibra óptica.

Aplicables en vías aéreas con capacidad para hasta 144 fibras, acomodadas en bandejas con capacidad de 24 empalmes. Configuración tipo "topo" y sistema de sellado termocontráctil.

Sus bandejas pueden acomodar empalmes, splitters o fibras nuas con un radio mínimo de curvatura de hasta 30mm. Tienen guías que permiten el cambio de fibras, caso sea necesario.

Posibilita hacer derivación, terminación o sangrado de cables opticos con entrada oval para cable con diámetros variando de 10 hasta 20mm y hasta 4 portas redondas de derivación de cables ópticos con diámetros de 8 hasta 17,5 mm.

Cantidad de Empalmes 144

Cantidad de Bandejas de Empalme	Cantidad de Empalmes	Cantidad de bandejas
		24
	48	2
	72	3
	96	4
	120	5
	144	6

Aplicación Permite la instalación en cajas subterráneas o en postes y mensajeros. Resistencia a la corrosión y envejecimiento y protección ultravioleta).

Norma

- Telcordia GR-771 (Cajas de Empalme de Fibra Óptica)
- ITU-T L.13 (Requisitos de Performance para Nodos Pasivos Ópticos: Gabinetes Sellados para Ambientes Externos)

Ventajas

1. Cierre y sellado con El'ring;
2. Posibilidad de cierre con candado;
3. Posee bandeja para reserva de hebra con tubo "loose";
4. Sistema de acomodación: áreas separadas para almacenar, encaminar, proteger y "transportar" las hebras;
5. Permite el uso de splitter NC/NC y WDM pasivo NC/NC.

Dimensiones	450 (alto) x 230 (diámetro) mm
-------------	--------------------------------

Características Físicas	Material del cuerpo	PP + FG
	Peso	4,2 kg
	Temperatura de operación	-25 a 75 °C
	Grado de Protección	IP 68

Tipo de sistema de sellado Sistema de sellado termocontráctil.

Color Negro
 (Azul, Verde, Gris, Amarillo, Blanco o Rojo) *
 * Suministro bajo consulta

Cantidad de cables de entrada	Entrada	Cantidad	Diámetro de los cables (mm)
		Oval	2

Cantidad de cables de derivación	Entrada	Cantidad de Entradas	Diámetro de los cables (mm)
		Circular	4

Soporta Sangria en la SI entrada principal

Accesorios Incluidos El módulo básico es compuesto por:

- Base, cúpula y abrazadera de sellamento;
- 1 Bandeja de empalme con capacidad para 24 fusiones
- 24 Protectores de empalme.
- 1 Bandeja para acomodación de tubos
- 1 Kit para puerta principal (termocontraíble, clipe para separación de cables e demás itens necesarios para instalación)
- 1 válvula para pressurización

Nota El Caja de distribución Óptica FK-CEO-4T módulo básico viene con los accesorios esenciales para el montaje y acomodación de 24F, pudiendo ser adquiridos otros accesorios de acuerdo con la necesidad del proyecto (Véase Compatibilidad)

Identificación 35520391 - FK-CEO-4T-144F (24F) (CEO - MÓDULO BÁSICO)

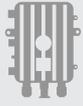
Garantía 12 meses

Compatibilidad

- 35520387 - BANDEJA DE EMPALME 24F PARA FK-CEO
- 35520028 - KIT DE DERIVACIÓN CON TERMOCONTRAÍBLE PARA FK-CEO *
- 35520060 - SOPORTE PARA INSTALACIÓN EN POSTE Y PARED PARA FK-CEO-4M/4T
- 35520030 - SOPORTE PARA INSTALACIÓN EN MESAJERO PARA FK-CEO-4M Y PARA FK-CEO-4T

* 1 Kit de Derivación para cada Puerta de Derivación, conforme necesidad.

[Codificación](#)



CIERRE DE EMPALME

CIERRE DE EMPALME DE PRIMER NIVEL HORIZONTAL

Para 144 a 192 fibras

optronics



NÚMERO DE PARTE

OPCEH19268HT

*Imagen del producto solo representativa

DESCRIPCIÓN

Optronics® ofrece su Cierre de Empalme de Primer Nivel Horizontal, una solución ideal para la conexión de fibras ópticas. Este dispositivo cuenta con capacidad de albergar entre 144 y 192 fibras, lo que lo convierte en la elección perfecta para aplicaciones exteriores gracias a su construcción en plástico rígido resistente a los efectos nocivos de los rayos UV, la humedad y los impactos.

Este cierre de empalme está diseñado para su instalación en registros, enterrado bajo tierra o montado sobre el tendido del cable aéreo.

La caja de empalme está equipada con un sistema organizador interno que facilita la gestión y disposición de las fibras ópticas. Puede albergar tanto la reserva de los buffers del cable de fibra óptica como la distribución de fibra desnuda en las charolas de empalme. Este sistema proporciona una protección efectiva y asegura la durabilidad de los empalmes o fusiones de Fibra Óptica.

Además, la caja de empalme cuenta con seis puertos de entrada o salida, lo que brinda una gran flexibilidad en el acceso al cable de Fibra Óptica. Esta característica facilita la integración y conexión de manera eficiente en diversos entornos y configuraciones. Con el cierre de empalme de primer nivel Optronics, asegure la integridad y el rendimiento óptimo de sus redes de fibra.



Tiempo de vida 20 años



Grado de protección IP68



Fácil de instalar



Protección contra rayos UV



Instalación aérea



Instalación subterránea



/optronicsmx



**CIERRE DE
EMPALME**

CIERRE DE EMPALME DE PRIMER NIVEL HORIZONTAL

Para 144 a 192 fibras

optronics



Puertos para sangrado de fibra



Protección a rayos UV



Gama amplia de accesorios

ESTRUCTURA





CIERRE DE EMPALME DE PRIMER NIVEL HORIZONTAL

Para 144 a 192 fibras



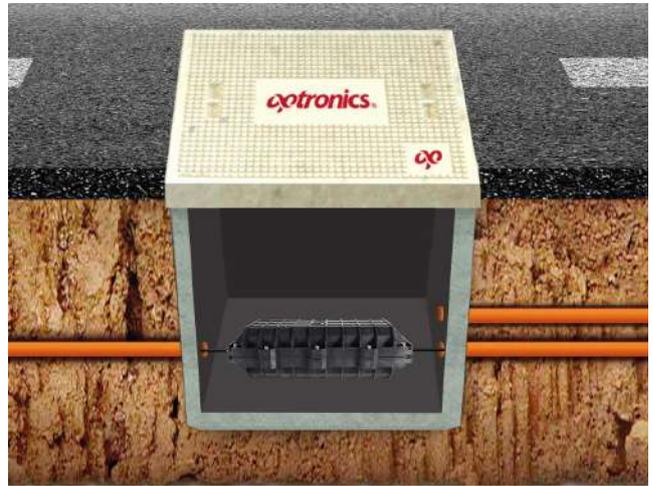
APLICACIÓN

El cierre de empalme es adecuado para ser instalado de forma aérea o subterránea, gracias a su grado de protección IP68 el cual brinda protección contra polvo y agua.



Instalación aérea

Se requiere del kit de ganchos el cual viene incluido en los accesorios



Instalación subterránea

ESPECIFICACIONES GENERALES

Material de fabricación		MPP (Polipropileno compuesto)
Material metálico		Acero inoxidable 304
Grado de protección		IP68
Capacidad máxima fibras (empalmes)		192
Capacidad máxima charolas de empalme		8 (incluye 1)
Capacidad de empalmes por charola		24 mangas de empalme
Charolas	Para 144 fibras	Se deben considerar un total de 6 charolas de empalme
	Para 192 fibras	Se deben considerar un total de 8 charolas de empalme
Aceptación medida manga de empalme		40 a 60 mm
Dimensiones		500 x 269.6 x 194 mm
Puertos de entrada y salida de cable		Dos puertos para cable máximo 20 mm
		Dos puertos para cable máximo 22 mm
		Dos puertos para cable máximo 25 mm
Almacenamiento de fibra	Máximo	6 metros
	Diámetro del tubo holgado	2.5 mm
Consideraciones	Material	PP
	Radio de curvatura	20 x D
Método de sellado		Por medio de tornillos
Temperatura de operación		-40 a +65 °C



CIERRE DE EMPALME DE PRIMER NIVEL HORIZONTAL

Para 144 a 192 fibras



ESPECIFICACIONES GENERALES		
Temperatura de almacenamiento		-40 a +65 °C
Peso del producto empacado		5.338 kg ±5%
Peso de la caja de empalme		4.5 kg ±5%
Vida útil		20 años
Pruebas		
Apariencia y estructura		
Ciclos de temperatura		
Resistencia al aislamiento		
Rendimiento de sellado		
Fuerza de tensión		
Compresión		
Impacto		
Torsión		
Estándares		
Telcordia GR-771-CORE		IEC 60529
RoHS		ITU-T L.13
IEC 61300 -2-34		ASTM G-53
ASTM A-240		-

Nota:

- Todos los cables instalados en este cierre deben contar con miembro central de fuerza para asegurar la sujeción

GLOSARIO DE NORMAS	
IEC 61300-2-34	Los polímeros y otros materiales no metálicos en el cierre sean resistentes a la exposición a diferentes químicos. Por lo que no deben presentar cambios de textura, color, cuarteaduras o derretimiento al estar en contacto con las siguientes sustancias: combustibles, fluidos hidráulicos, agentes limpiadores, repelentes de humedad, agentes anticongelantes, solventes de limpieza, solución de hidróxido de amonio al 3.5% en peso, alcohol isopropílico (90%), WD40 (lubricante), solución de Igepal (CO-630) al 10%, relleno de cable de FO.
ASTM G-53	El envoltente y todos sus componentes plásticos expuestos a la radiación solar deben ser resistentes a la degradación por la radiación ultravioleta
ASTM A240	Es la especificación estándar para cromo y níquel de cromo de acero inoxidable placa, hoja y válvulas a presión y para aplicaciones generales. Determina la aplicabilidad y las limitaciones reglamentarias antes de su uso.
IEC 60529	Define el código IP que indica el nivel de protección de equipos frente a la entrada de agentes externos como polvo de agua.
ITU-T L.13	- Se refiere al empalme de cables de fibra óptica que se utilizan para redes de telecomunicaciones, en canalizaciones, galerías y en instalaciones de tendido aéreo, enterrado - Trata del diseño de los cierres de las cubiertas y de los dispositivos organizadores de los cables de fibra óptica - Trata de las características mecánicas y ambientales de los empalmes de cables de fibra óptica en cuestión.
RoHS	Hace referencia a la Directiva 2011 / 65 / UE de restricción de ciertas sustancias peligrosas en aparatos electrónicos y electrónicos.
Telcordia GR-771-CORE	Hace referencias al tipo de cierre de empalme de fibra óptica lo que se define por las características de diseño funcional y, en su mayor parte, es independiente de los entornos o aplicaciones de implementación específicos.



CIERRE DE EMPALME DE PRIMER NIVEL HORIZONTAL

Para 144 a 192 fibras



ACCESORIOS			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	IMAGEN REPRESENTATIVA	USO
12	Cinchos		Para la sujeción de los tubos holgados a la placa de almacenamiento y charola de empalme
24	Mangas de empalme		Para la protección del empalme de los hilos de fibra óptica
1	1 m tubo buffer		Para la protección y enrutamiento de las fibras de la placa de almacenamiento a la charola de empalme
1	Set de cable a tierra		Para aterrizar a tierra el cierre de empalme * Ensamblado en el cierre de empalme
1	Válvula de aire		Para inyectar presión de aire al cierre de empalme * Ensamblado en el cierre de empalme * Fabricado de acero inoxidable
1	Charola de empalme		Para el acomodo de las mangas de empalme dentro del cierre de empalme * Ensamblado en el cierre de empalme
2	Ganchos colgantes		Para realizar instalación aérea del cierre de empalme sobre el cable de fibra óptica * Fabricado de acero inoxidable



CIERRE DE EMPALME DE PRIMER NIVEL HORIZONTAL

Para 144 a 192 fibras



ACCESORIOS			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	IMAGEN REPRESENTATIVA	USO
1	Rollo cinta de aislar		Para la preparación del cable de fibra óptica
6	Tapones herméticos		Usados en los puertos donde no hay entrada o salida de cable, para que no haya ingreso de elementos no deseados dentro de la caja
1	Llave allen		Herramienta para el atornillado o desatornillado de la cubierta del cierre de empalme.
2	Cinta vulcanizable		Permite engrosar el diámetro de los cables, así mismo generar un sellado hermético en el puerto a instalar el cable
6	Abrazaderas metálicas		Para sujeción de los cables al interior del cierre



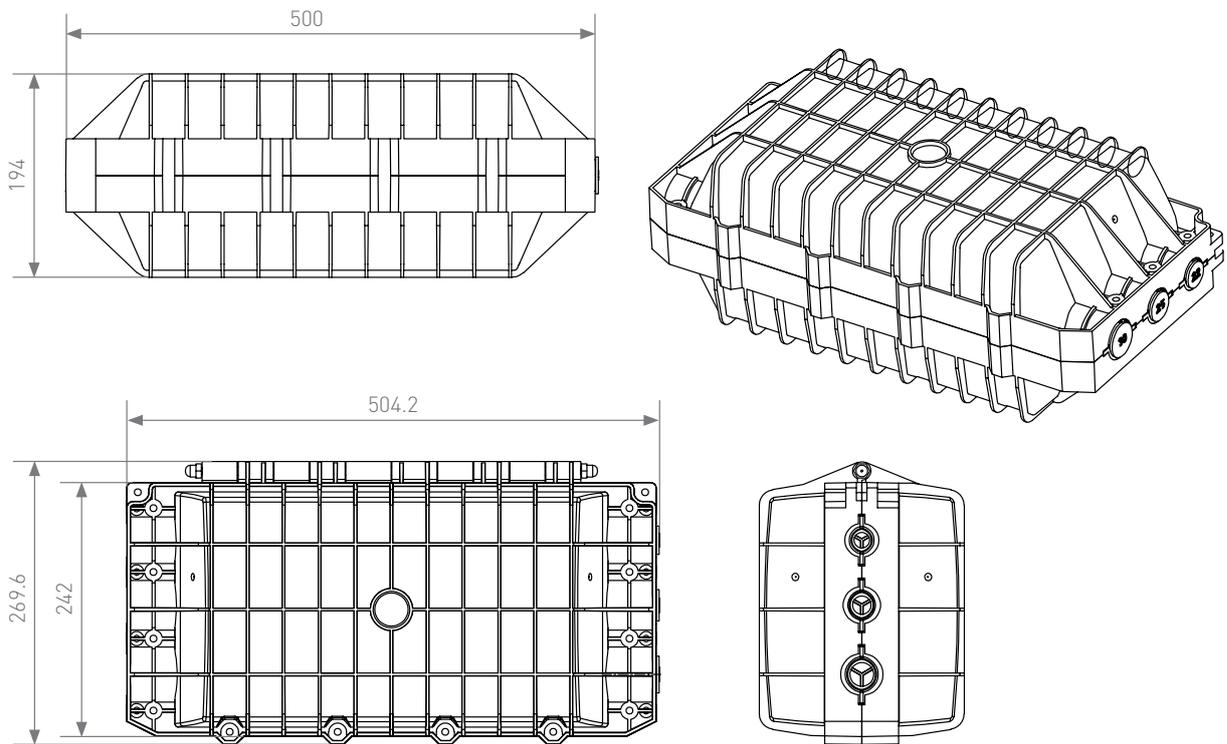
**CIERRE DE
EMPALME**

CIERRE DE EMPALME DE PRIMER NIVEL HORIZONTAL

Para 144 a 192 fibras



DIBUJO TÉCNICO



CONDICIONES DE OPERACIÓN

- Usar la herramienta apropiada para apertura e instalación del cierre de empalme garantizará un excelente desempeño
- No exponer a temperaturas mayores a las indicadas en esta ficha técnica
- La operación debe ser llevada a cabo por personal capacitado, asegurando la integridad de la fibra y sus componentes. Además, es fundamental respetar todas las especificaciones detalladas en la ficha técnica, incluyendo aspectos ambientales, mecánicos y de rendimiento
- Colocar de manera correcta grommets y junta de sellado, garantiza la protección interna de los empalmes de fibra óptica, obstruyendo el paso de polvo o agua



CIERRE DE EMPALME DE PRIMER NIVEL HORIZONTAL

Para 144 a 192 fibras



EMPAQUE

PESOS Y DIMENSIONES

Tipo	Caja
Material	Cartón corrugado
Dimensión	520 x 300 x 220 mm ±5
Peso solo de la caja	532 g



PRODUCTOS RELACIONADOS



Charola de empalme
OPCECH024X2



Manga de empalme
OPHESL60



Kit para preparado
de cables
OPHEKPRFEMP



Empalmadora
OPEFEMPANU04001



Localizador visual
de fallas
OPEMFVL10MW



Pelador profesional
OPHES144H



OTDR
OPEMFH051



Pelador de acceso
intermedio
OPHEACIN13



FIBER OPTIC SPLICE CLOSURE (FOSC)

AR-SC9P-144F-M

AR-SC9P-288F-M

AR-SC9P-432F-M

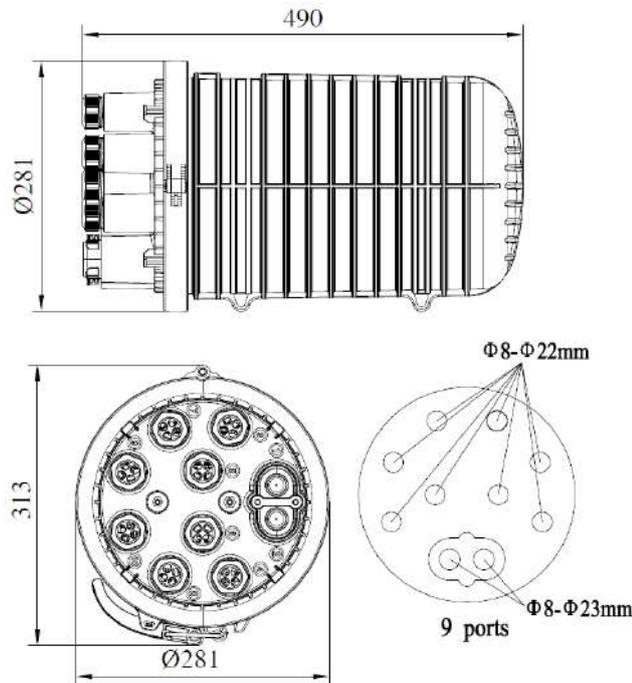
FEATURES

- 144-core cap type mechanical closure:
 - Support mechanical accessories
 - Support 24-core splicing tray
 - 8-color-SM-SC/APC-0.9mm-1m pigtail
 - 9pcs SC/APC connectors
 - Parking Lot metal black color for placement of couplers type SC or LC
 - Support 6pcs 1:8 G.657A splitters with SC/APC connectors Support IP68
 - Support 1:8 G.657A splitters with SC/APC connectors\ Support PLC
 - Split ratio: 1:8
 - Through optical band: 1260nm to 1650nm
 - Maximum insertion loss (No connectors): 10.5dB Uniformity: 1.0 dB
 - Sensitivity to Maximum Polarization (PDL): 0.25dB Directividad: >55 dB
 - Return Loss:>55 dB
 - Storage and operation temperature: -40 °C ~ +85 °C
 - Fiber Type: G657A
- Fiber diameter: 250um

APPLICATIONS

- Suitable for bunchy fibers
- Aerial, underground, wall-mounting, hand hole-mounting and duct-mounting
- It's especially applicable to FTTH optical fiber distribution

STRUCTURAL DRAWING



ORDERING INFORMATION
Optical Slice Trays



Splice Tray(A)
134X115X8mm

Splice Tray(B)
134X115X8mm

Splice Tray(C)
134X115X8mm

Splice Tray(D)
134X115X8mm

Type	Splice Tray Capacity	Splitter Type	Max Capacity
AR-SC9P-144F-M	12pcs (6-12f per tray)	24pcs	144F
AR-SC9P-288F-M	24pcs (6-12f per tray)	None	288F
AR-SC9P-432F-M	48pcs (6-12f per tray)	None	432F

Standard Accesories

No.	Name	Quantity	
1	Seal tape	1 roll	
2	Insulation tape	1 pc	
3	Abrasive cloth	1 pc	
4	Heat shrinkable protective sleeve	1 bag	
5	Nylon tie	1 set	
6	Desiccant	2 bags	
7	Special wrench	3 pcs	
8	Hose clamp	10 pcs	
8	Hose clamp II	2 pcs	

Optional Accesories

No.	Name	Quantity	
1	Pressure testing valve	1 pc	
2	Earthing derivating device	1 pc	
3	Buffer tube for bunchy fiber	1 roll	
4	Pole mounting	1 set	
5	Pigtail	-	
6	Aerial mounting	1 set	
6	Wall mounting	1 set	

ANEXO V

Overview

Product Description

SJ-OTB-SY-10 Huawei Mini Outdoor 16 ports CTO FOC FTTH box FTTA NAP Box
16 Port FTTx Pre-connectorized Boxes FTTA Nap Fiber Distribution Box SJ-OTB-SY-10 is used as a termination point for the feeder cable to connect with drop cable in the FTTx communication network system. The fiber splicing, splitting, distribution can be done in this box, and meanwhile, it provides solid protection and management for the FTTx network building.

Specification:

Name	FTTA Nap Fiber Distribution Box with Huawei Waterproof Connectors
Model	SJ-OTB-SY-10
Dimension	208X241X117mm
Capacity	16 Core, Huawei Mini SC IP rated Waterproof connectors
In-put Port	Cable diameter:12mm
Output Port	Suitable for HUAWEI Type Waterproof Connector
Color for Port	IN: red; NIX: green
Weight	1.3Kgs
Material	PC+ABS
Installation	Wall Mounted/Pole Mounted
Color	Grey
Contact Us	 Marx

Features

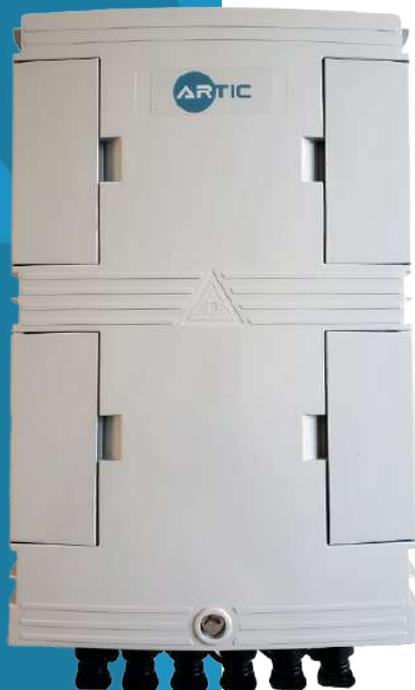
- 1.Total enclosed structure.
2. Material: PC+ABS, wet-proof, water-proof, dust-proof, anti-aging, protection level up to IP65.
3. Clamping for feeder cable and drop cable, fiber splicing, fixation, storage, distribution...etc all in one.
4. Cable, pigtails, and patch cords are running through their own paths without disturbing each other, micro type PLC splitter installation, easy maintenance.
5. Distribution panel can be flipped up, feeder cable can be placed by expression port, easy for maintenance and installation.
6. The box can be installed by the way of wall-mounted or poled-mounted, suitable for both indoor and outdoor use.

Specification

- 1.Environmental requirement
Working temperature: -40°C~+85°C
Relative humidity: ≤85% (+30°C)
Atmospheric pressure: 70KPa~106Kpa
- 2.Main technical datasheet
Insertion loss: ≤0.15dB
UPC return loss: ≥50dB
APC return loss: ≥60dB
- 3.Thunder-proof technical datasheet
The insulation resistance between the grounding device and the metal parts of the box is no less than $2 \times 10^4 M\Omega/500V$ (DC); $IR \geq 2 \times 10^4 M\Omega/500V$.
The voltage resistance between the grounding device, and the box and its metal parts is no less than 3000V (DC)/min, no puncture, no flashover; $U \geq 3000V$



—
ONECLICK



DISTRIBUTION
BOX 16 PORT
HARD CONNECT

AR-DB16P-HC-PW

1. OVERVIEW

Optical fibre cable distribution box is a wiring line device of user distributions in FTTH system, it provides protection and management for fiber cable, and be used for terminating, cable branching, cross connection.

It is mainly used for user access point in FTTH-ODN network , it can be divided into indoor and outdoor type according to the installation scenario, and can be divided into distribution type and optic-split type according to the function.

AR-DB16P-HC-PW is used as a termination point for the feeder cable to connect with drop cable in FTTx communication network system. The fiber splicing, splitting, and distribution can be done in this box, and meanwhile it provides solid protection and management for FTTx network building.

2. FOR THE ENVIRONMENT

- Operating temperature: -40°C~+65°C
- Relative humidity: ≤85% (40°C)
- Atmospheric pressure: 70Kpa~106Kpa
- Protection class: IP65

3. STANDARDS COMPLY

The following clauses quoted by this standard and become the standard clause. For dated references, subsequent amendments (excluding Corrigendum contents) or revisions do not apply to this standard, however, encourage the latest version of this specification according to the parties reach an agreement to study the possibility of using these files. The cited document without date, apply to the latest version of this specification.

UL 94, Test for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances.

AR-DB16P-HC-PW Optical fiber cable distribution box

4. MAIN FEATURES

- Made of high quality engineer plastic material (PC), Good mechanical strength, Elegant appearance, sturdiness and durability.
- Suitable for indoor or outdoor , wall-mounted , pole installation.
- Built-in Stacked splice tray, easy for open, the splice tray can be taken down, easy for installation and maintenance.
- Fiber routing is reasonable.
- Clamping for feeder cable and drop cable, fiber splicing, fixation, storage, distribution...etc. All in one.
- Cable, pigtailed, and patch cords are running through their own paths without disturbing each other. The installation and maintenance of micro type PLC is easy.

5. MAIN SPECIFICATION

- Insertion loss: $\leq 0.2\text{dB}$
- UPC return loss: $\geq 50\text{dB}$
- APC return loss: $\geq 60\text{dB}$
- Thunder-proof technical datasheet

The insulation resistance between the grounding device and the metal parts of the box is no less than $2\text{IR} \geq 2 \times 10^4 \text{M}\Omega / 500\text{V}(\text{DC})$; $\text{IR} \geq 2 \times 10^4 \text{M}\Omega / 500\text{V}$.

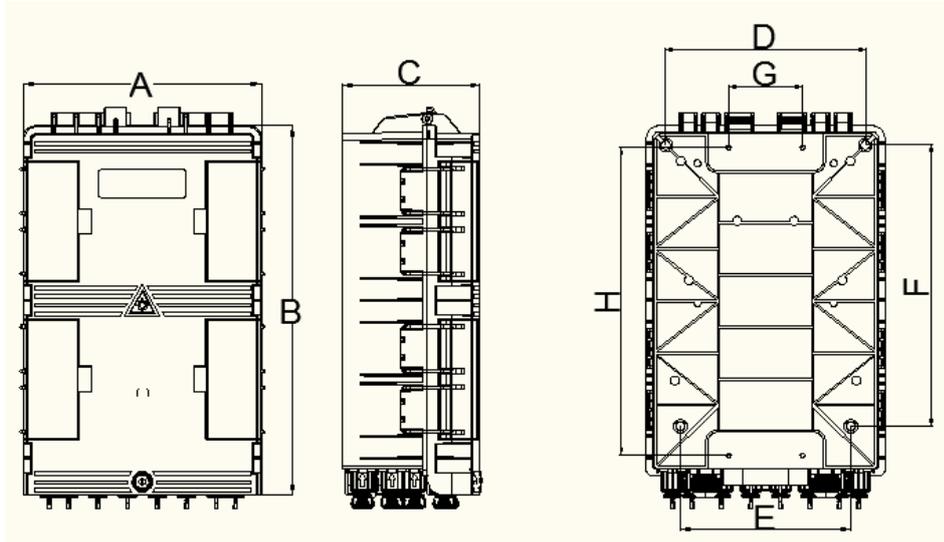
The voltage resistance between the grounding device, and the box and its metal parts is no less than $3000\text{V}(\text{DC})/\text{min}$, no puncture, no flashover; $U \geq 3000\text{V}$.

6. PICTURES



7. CONFIGURATION TABLE

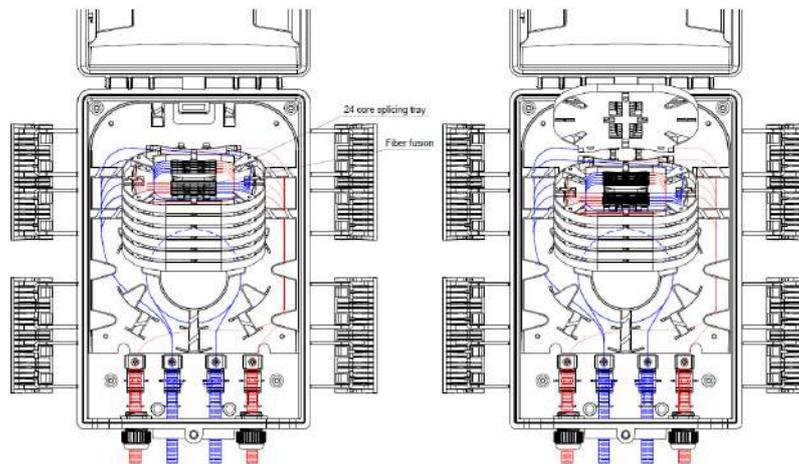
Model	Description	Size (Pic 1) A*B*C	Installation Size Pic 2) D*E*F/G*H	Max Capacity	Entry Cable Max. diameter(mm)
AR-DB16P- HC-PW	Splitter Box	210*330*121	176*150*250/65* 273	1.Users' Manual*1. 2.Key*1. 3.Accessories Bag*1. 4.Pole Ring*2(Optional).	14

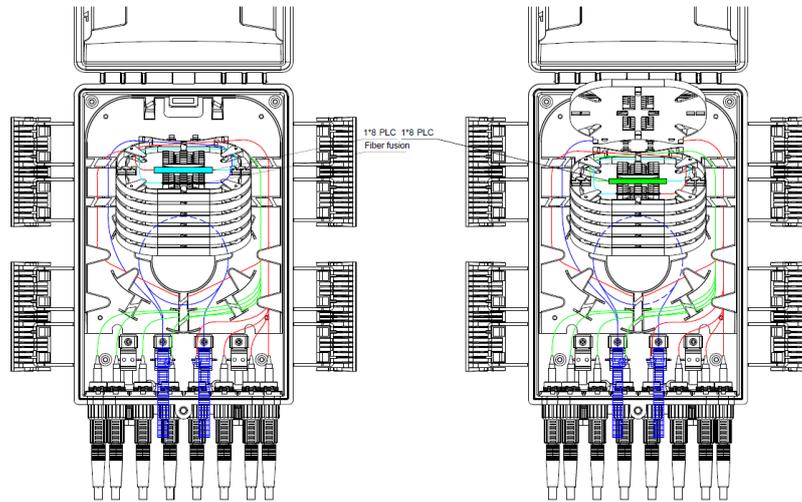


PIC 1 BOX SIZE

PIC 2 INSTALLATION SIZE

8. FIBER ROUTING DIAGRAM





PIC 3 FIBER ROUTING DIAGRAM

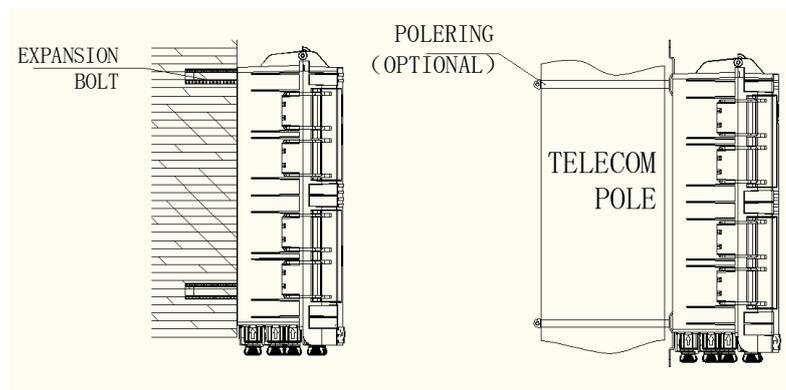
9. INSTALLATION

9.1 Wall-mounted installation

Drill 4 holes into the wall based on the size in table 1, place the expansion bolt $\Phi 7.5 \times 40$, place the box to match up the holes and use bolt to fasten.

9.2 Pole-mounted installation

Fix 1 set of the pole ring to the telecom pole, as below.



PIC 4 INSTALLATION

10. FIBER CONNECTOR INSTALLATION



PIC 5 REMOVE THE FIBER CONNECTOR CAP AND REMOVE THE CERAMIC FERRULE CAP.



PIC 6 INSERT AND PULL OUT THE FIBER CONNECTOR

11 PACKING

- Packing: carton.
- Storage temperature: -40 °C ~ +65 °C.
- Storage humidity: ≤ 95% (30 °C), no corrosive gases around;
- Transport: cars, trains, ships and aircraft.
- Transportation to avoid collisions, falls, rain and snowpouredirectly attack and daylight exposure.

F2H-FTB-16-A Fiber Termination Box-16 Cores



Description:

Grandway's Fiber Termination Box provides a high density wall mounted solution for next generation networks, which aims to provide and manage maximum numbers of fiber termination in a limited space. It is normally installed in the way of wall mounting or pole mounting.

Features:

1. Water-proof design with IP65 Protection level

2. Integrated with splice cassette and cable management system
3. Manage small & large quantities of fiber with a density
4. Easy to maintain and extend the capacity
5. Fiber bend radius control more than 40mm
6. Suitable for the fusion splice or mechanical splice
7. Capacity of fiber up to 16 ports
8. Varies of adapters are available
9. 1x8, 1x16 PLC Splitter can be installed as an option
10. Efficient cable management
11. UV protection and anti-aging material
12. Burglar-proof padlock

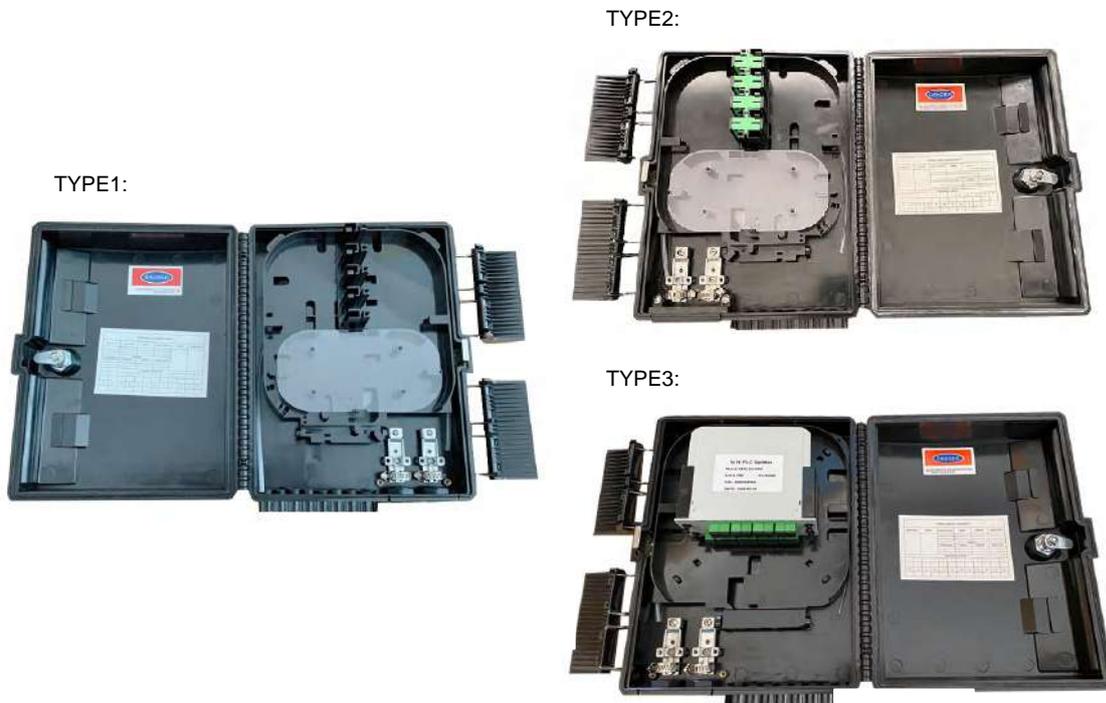
Configuration:

Material	Size	Max Capacity			Empty Weight	Loaded Weight	Color
		SC	LC	PLC			
PC+ABS	A*B*C(mm) 293*219*84	16 Ports	32 Ports	1x16	1.4kg	1.8kg	White/ Black

How to order a Grandway Fiber Termination Box?

Model Rules: F2H-FTB-16-A-XX-XX

Model	Capacity	Type	XX: Adapter	XX: Pigtail
FTB	16	A	SC: SC/UPC	SC: SC/UPC
			AS: SC/APC	AS: SC/APC
			LC: LC/UPC	LC: LC/UPC
			AL: LC/APC	AL: LC/APC



1 General Description

This box is used as a termination point for the feeder cable to connect with drop cable in FTTx communication network system. It integrates fiber splicing, splitting, distribution, storage and cable connection in one unit. Meanwhile, it provides solid protection and management for the FTTx network building.

2 Features

- Total enclosed structure, be in nice shape
- Protects and manages cable effectively
- Secured with anti-theft locking mechanism
- Standard size, light weight
- High quality PC +ABS material
- Good properties of dust, and moisture proofing, IP65
- Clamping for feeder cable and drop cable, fiber splicing, fixation, storage, distribution... etc all in one.
- Suitable for SC and LC duplex adaptor and pigtail.
- Easy to operate.
- Wall and pole mountable (accessories optional).
- Suitable for both outdoor and indoor use.

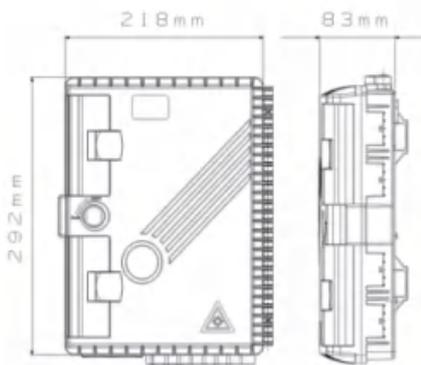
3 Application

- Telecommunication subscriber loop
- Fiber to the home (FTTH)
- LAN/WAN

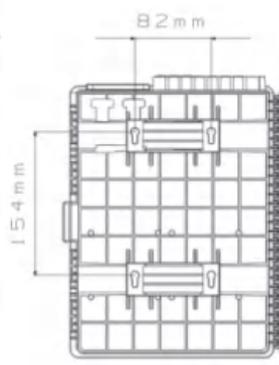
4 Technical Data

Work Temperature	-40 C ~+85 C
Relative Humidity	≤ 85% (+30 C)
Atmospheric Pressure	70Kpa~106Kpa
Insert Loss	≤ 0.2dB
UPC Return Loss	≥ 50dB
APC Return Loss	≥ 60dB
Insert and Pull out Life	≥ 1000 times
Insulation	The grounding device is insulated with the Termination box, IR ≥1000m Ω/500V (direct current)
Withstand Voltage	Between the grounding device and the box body, the withstand voltage is over 3000V/Min, no breakdown and flashover. U ≥3000V (direct current)

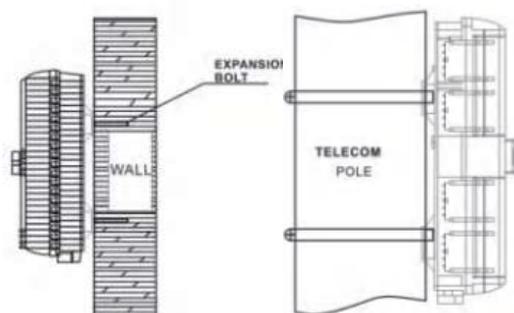
Dimensions Installation
292mmx 218mmx83mm



Dimensions
154mm x 82mm



Installation



ANEXO VI

1. Description

OPT-FTASSC-08C-W fiber access termination box is able to hold up to 8 subscribers. It is used as a termination point for 1 x ISP cable to connect with 1 x OSP cable and 8 x drop cable in FTTx network system. It integrates fiber splicing, splitting, storage and cable management in one solid protection box.

2. Features

1. Total enclosed structure.
2. Wet-proof water-proof dust-proof anti-aging, protection level up to IP68.
3. Plug-and-play installation, easy for maintenance and expansion.
4. 10 reinforced adapters for drop cable with Pre-connected connectors
5. Compact design integrates distribution, splicing, splitting 3-in-1 .
6. Designated position for the placement of 1:8 PLC splitter.
7. Box can be installed by the way of wall-mounted or poled-mounted, suitable for both indoor and outdoor use.

3. Specification

PARAMETER	OPT-FTASC-08C-W
Distribution capacity	1(Input) + 8(Drop)
Optical cable inlet	1 PCS SC/APC hardened adapter (red)
Optical cable outlet	8 PCS SC/APC hardened adapters(black)
Splitter capacity	1 PCS 1:8 PLC
Dimensions (H x W x D; unit: mm)	231*178*80
Gross weight (unit: kg)	0.89
Net weight (unit: kg)	0.49
Installation mode	Pole, wall or aerial cable mounting
Application scenario	Overground, underground, manhole/hand hole
Material	PP+GF
Color	white or black、 blue
Protection rating	IP68
Resisting impact	IK10
Flame-retardant rating	UL94-HB
RoHS	Compliant

Environmental Parameters

Storage temperature	-40°C to +70°C
Operating temperature	-40°C to +65°C
Relative humidity	≤ 93% (+40°C)
Atmospheric pressure	70 kPa to 106 kPa

Parameter	1x8PLC
Operating Bandwidth (nm)	1260 to 1650
Power Ratio	1:8
Insertion Loss (IL, dB)	≤ 10.5
Return Loss (dB)	≥ 55
Connector	SC/APC

4.Dimensions

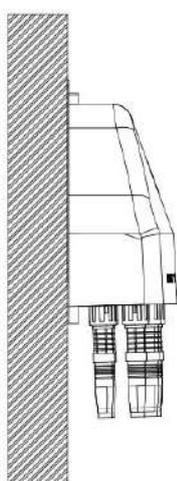

5. Installation

1. Wall-mounted installation

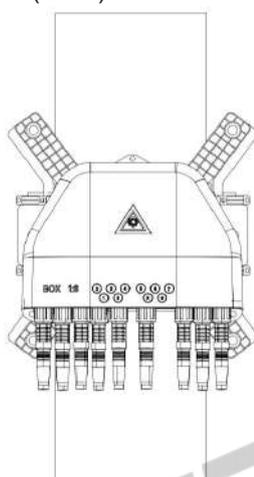
Drill 3 holes into the wall place the expansion bolt $\Phi 7.5 \times 40$ place the box to match up the holes and use bolt to fasten.(Pic 4)

2. Pole-mounted installation

Fix 1 set of the pole ring to the telecom pole(Pic 5)



Pic 4 Wall mounted installation



Pic 5 Pole mounted installation

6. Accessories

1. Users' Manual*1
2. Accessories Bag * 1
3. Pole Ring*1(Option)



Caja Distribucion CTO 16FO 16SC IP67 SFS16-A Quick

silexfiber.com/producto/caja-distribucion-cto-16fo-16sc-ip67-sfs16-a-quick/

Caja



Distribucion CTO 16FO 16SC IP67 SFS16-A

Caja de enlace, distribución o segregación **tipo CTO** óptica de característica compacta y conectores rápidos IP, establece un punto de interconexión óptica entre las redes FTTH de alimentación / distribución y la red de dispersión, permitiendo la puesta en servicio de la caja sin necesidad de realizar fusiones en el cable óptico de entrada y la conexión de acometidas ópticas individuales conectorizadas hacia los clientes y abonados.

Además dispone de construcción envolvente con cierre hermético IP con entradas de cable con conectores IP estancos para la conexión y reparto de forma cómoda así como el montaje en su interior de divisor óptico con sus salidas de acceso y conexión

de acometidas, sin que sea necesario abrir la caja para dar servicio a abonados clientes.

La caja una vez cerrada es totalmente hermética y resistente a condiciones de intemperie por lo que puede instalarse tanto en exterior como en interior de edificios en fachadas, paredes, azoteas, sótanos, garajes, patios, armarios o postes.

Por último su elegante diseño se adapta a cualquier entorno de montaje o instalación.

SKU: CA31040 Categorías: [Cajas Exterior CTO](#), [Cajas y Torpedos](#) Etiquetas: [Caja CTO SK](#), [Caja Distribución 16 SC](#), [Caja Distribución Exterior SK](#), [Caja Distribución IP65 SK](#), [Caja Distribución IP68 SK](#), [Caja Distribución SK](#), [Caja Distribución Splitter Planar PLC](#), [Caja SK Top](#), [Cajas Serie SK](#), [Cajas Torpedo Vertical SK](#), [SFS16-A Quick](#)

Caja tipo torpedo vertical CTO medidas compactas 208x241x117mm

Caja de enlace, distribución o segregación **tipo CTO** óptica de característica compacta y conectores rápidos IP, establece un punto de interconexión óptica entre las redes FTTH de alimentación / distribución y la red de dispersión, permitiendo la puesta en servicio de la caja sin necesidad de realizar fusiones en el cable óptico de entrada y la conexión de acometidas ópticas individuales conectorizadas hacia los clientes y abonados.

Además dispone de construcción envolvente con cierre hermético IP con entradas de cable con conectores IP estancos para la conexión y reparto de forma cómoda así como el montaje en su interior de divisor óptico con sus salidas de acceso y conexión de acometidas, sin que sea necesario abrir la caja para dar servicio a abonados clientes.

La caja una vez cerrada es totalmente hermética y resistente a condiciones de intemperie por lo que puede instalarse tanto en exterior como en interior de edificios en fachadas, paredes, azoteas, sótanos, garajes, patios, armarios o postes.

Por último su elegante diseño se adapta a cualquier entorno de montaje o instalación.

Ventajas y beneficios

- **Fácil** de montar
- **Cómoda y de rápida conectorización directa sin abrir la caja**
- **Apertura** y cierre sin herramientas especiales
- **Versátil**, se adapta a todos los terrenos.
- **Alto** grado de resistencia
- **Estanco**, alto grado de IP en su categoría
- **Diseño** compacto, robusto y altamente fiable.

Especificaciones Técnicas

Número de puertos de Entrada

8 Puertos entrada/salida: cada puerto para 1 cable con un máximo de Ø12mm.

Número de puertos de Salida

16 Puertos, IP conexión rápida

Capacidad Fusiones

16 Fusiones -2×8

Estanqueidad

IP67

Capacidad Adaptadores

16 Adaptadores OUT IP67 conexión rápida IP, Silex IPS Y HW

Permite Splitter

Si, Tipo PLC 1×8 incluido y montado

Cierre con llave

No

Dimensiones LxWxH (mm)

280x199x121

Material de construcción

Polipropileno PP UV, Color Gris

Aplicaciones

- Instalaciones FTTH
- Montajes en edificios interior / Exterior
- Distribución de fibra de uso general
- Instalaciones Residenciales y Comerciales

Normas de Calidad

Código de Calidad: SXL102901A



2011/65/EU RoHS Compliant

Mas información, contacta con nosotros...



Keep
Connecting
Unlimited

SilexGlobalSpainSL | The information contained in this document is accurate to the best of our knowledge and representative of the part described herein. It may be necessary to make modifications to the part and/or the documentation of the part, in order to implement improvements. Silex

reserves the right to make such changes as required. Unless otherwise stated, all specifications are nominal. More information info@silexst.com

Información adicional

IP
IP65, IP68

SilexFiber 2014 © Todos los derechos reservados.

[Aviso legal](#) · [Política de privacidad](#) · [Política de cookies](#) · [Contacto](#)



ONECLICK



FIBER OPTIC DISTRIBUTION BOX

AR-DB-CD010P-HC-
70/30-1R-1B-8BL

1. DESCRIPTION

The equipment is used as an intermediate distribution point or a termination point for the feeder cable to connect with a drop cable in FTTx communication network system. The fiber splicing, splitting, and distribution can be done in this box by customer's requirement at the factory. This is a sealed unit and meanwhile it provides solid protection and management for the FTTx network building.

2. FEATURES

1. Totally enclosed structure.
2. Material: PP, moisture proof, waterproof, dust-proof, anti-aging, protection level IP68.
3. Clamping, splicing, fixation, storage and distribution of feeder cable and drop cable are integrated.
4. The interior is equipped with 1x2 FTB splitter (unbalanced or balanced) + 1x8 PLC splitter or just 1x8 PLC splitter and the bottom cover is welded by ultrasonic welding, which is non-detachable.
5. The box body can be wall mounted or derrick mounted, suitable for indoor and outdoor use.

3. SPECIFICATION

1. Environmental requirement

Working temperature: $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$

Relative humidity: $\leq 85\%$ ($+30^{\circ}\text{C}$)

Atmospheric pressure: 70KPa \sim 106Kpa

2. Main technical datasheet

Insertion loss: $\leq 0.3\text{dB}$

UPC return loss: $\geq 50\text{dB}$

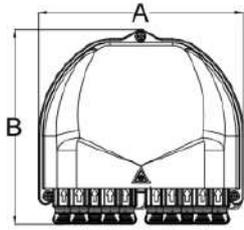
APC return loss: $\geq 60\text{dB}$

3. Thunder-proof technical datasheet

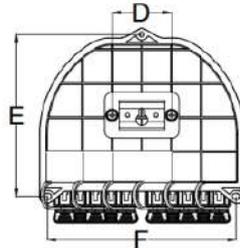
The insulation resistance between the grounding device and the metal parts of the box is no less than $2 \times 10^4 \text{M}\Omega/500\text{V}$ (DC); $\text{IR} \geq 2 \times 10^4 \text{M}\Omega/500\text{V}$.

4. CONFIGURATION TABLE

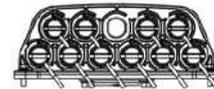
MODEL	Size (Pic) A*B*C	Max Capacity	Installation Size (Pic 2) D/E*F	Name
AR-DB-CDO10P-HC	179*171*66	1*8 PLC Splitter	52/142*165	CDO-S2-CT
AR-DB-CDO10P-HC-70/30 -1R-1B-8BL	179*171*66	1*2 FBT + 1*8 PLC Splitter	52/142*165	CDO-CI-70/30
AR-DB-CDO10P-HC-R1-B	179*171*66	1*2 FBT or PLC + 1*8 PLC Splitter	52/142*165	CDO-R1B



Pic 1 Box Size

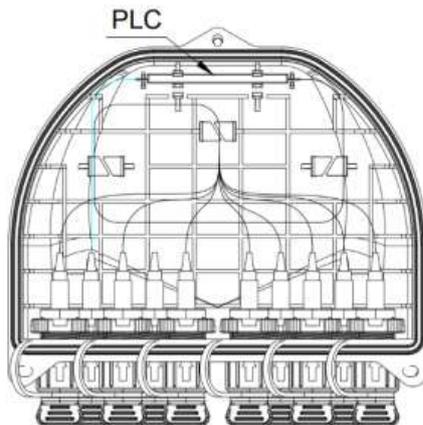
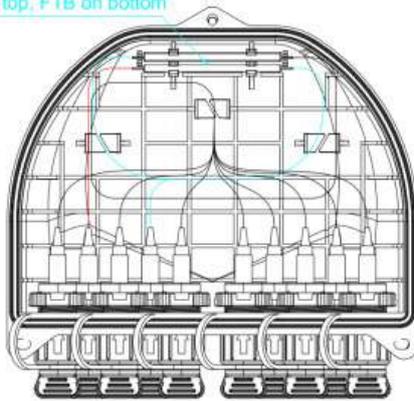


Pic 2 Installation Size



5. PRODUCT CABLE WAYS

PLC on top, FTB on bottom



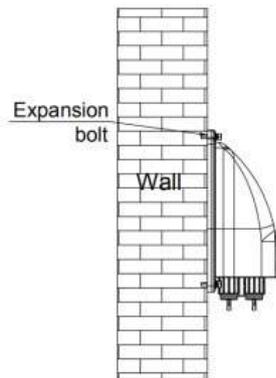
6. INSTALLATION

1. Wall-mounted installation

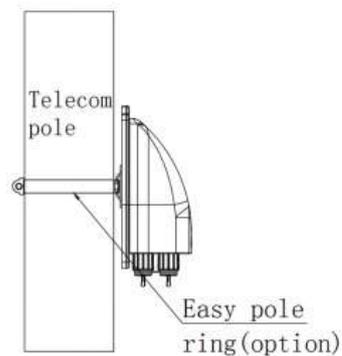
Drill 3 holes into the wall based on the size in table 1, place the expansion bolt $\Phi 7.5 \times 40$, place the box to match up the holes and use bolt to fasten. (Pic 5)

2. Pole-mounted installation

Fix 1 set of the pole ring to the telecom pole (Pic 6)



Pic 5 Wall mounted installation



Pic 6 Pole mounted installation

7. FIBER CONNECTOR INSTALLATION



Pic 7 Remove the fiber connector cap and remove the ceramic ferrule cap



Pic 8 Insert and Pull out the fiber connector

8. ACCESSORIES

1. Users' Manual*1
2. Pole Ring*1 (Option)

CTO (Caja Terminal Óptica) de 8 y 16 puertos conectorizados tipo bayoneta (Fast Connect) para instalaciones aéreas. (CTOFS-A-8/16-FC)



Descripción:

La caja de terminación óptica de FibraStar proporciona una solución de alta performance para la conectividad de acceso o última milla para aplicaciones de redes FTTH (Fiber to the Home).

Su diseño compacto permite su instalación en poste, fachada o en el vano con los accesorios correspondientes.

Su diseño interno con bandejas de empalme y almacenamiento de divisores ópticos permite un trabajo positivo de la fibra óptica.

Características:

- Diseño resistente al agua, IP65
- Solución de alta densidad con capacidad hasta 8 y 16 puertos para cables drops conectorizados tipo Fast Connect (Huawei)
- Alojamiento de splitters tipo PLC, hasta 4 splitters en bandejas.
- Instalación en poste, pared o en el vano.
- 1 puerto o entrada oval + 2 puertos o entradas para cables de derivación.
- 5 bandejas internas para splitters y empalmes
- Capacidad para 48, 96 y 108 empalmes.
- Diseño de estructura avanzado, fácil operación y enrutamiento.
- Material: PP or PC+ABS.
- A prueba de humedad, impermeable, a prueba de polvo, antiensuciamiento.

Dimensiones:

Dimensiones (Fig. 1) AxBxC (mm)	Capacidad empalmes	Dimensiones instalación (Fig.2) D, E, F (mm)	Diámetro puertos cable principal	Diámetro puertos cable derivación	Puertos conectorizados
319.3x214x133	108	52,166, 166	8-14 mm	16 mm	8 y 16

Fig. 1

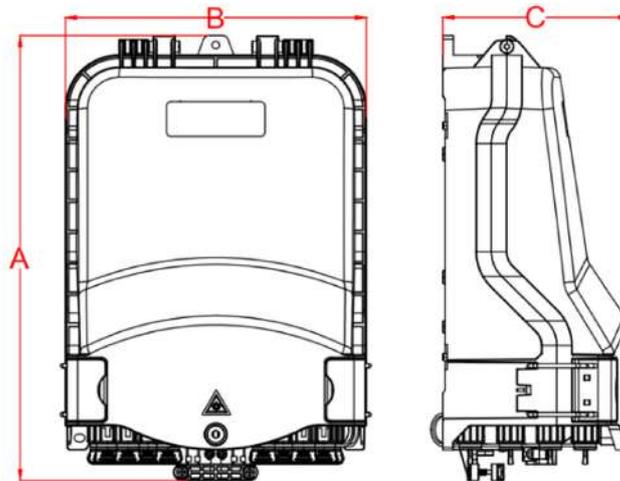
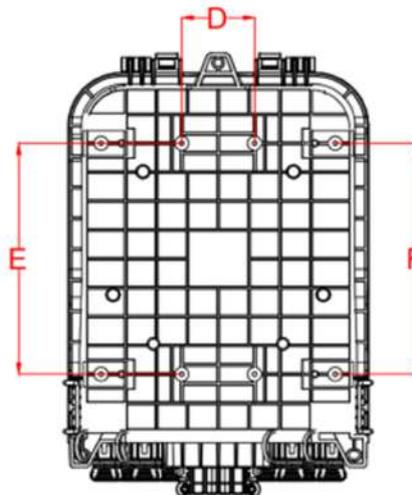
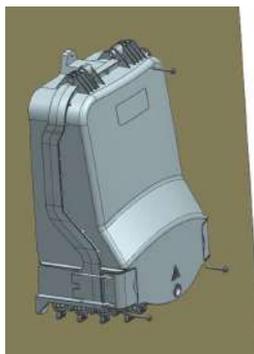


Fig. 2

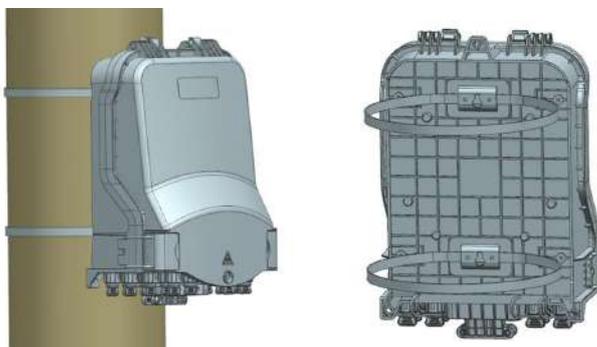


Escenarios:

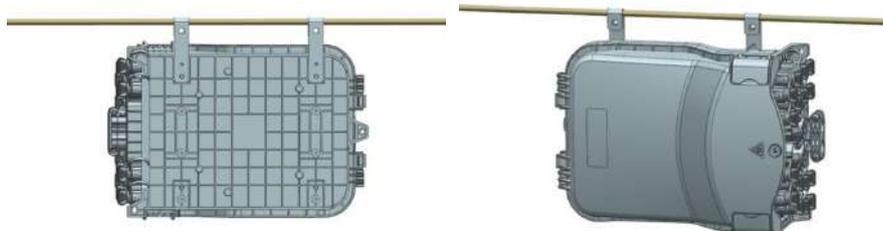
Instalación en fachada



Instalación en poste



Instalación en cable



ANEXO VII

ONT, Optical Network Terminal, GPON, 4 Data

Features and benefits

- 1x GPON Uplink Port
- 4x 10/100/1000 BASE-TX
- DC Power Switch
- 220V AC Input, 12V DC/1A Output



Description

The Opterna range of ONTs provide the subscriber interface for delivering services over a PON (Passive Optical Network). Designed for ease of use, reliability and affordability these products are fully compliant to international standards for use within GPON architectures.

Used in combination with the Opterna GPON OLT (Optical Line Terminal), optimum return on investment of the outside plant infrastructure is achieved through the use of single fiber working (bi-directional) transmission.

Technical data

GPON Feature	ITU-T G.984xGPON standard GEM Encapsulation Mode DBA(Dynamic Bandwidth Assignment) 32x T-CONT 256x GEM Port Class B+ Optical Power VLAN to GEM Port mapping FEC(Forward Error Correction) Embedded OAM(Operations, Administration and Maintenance) PLOAM(Physical Layer OAM) OMC1 128bit AES(Advanced Encryption Standard) downlink encryption and uplink authentication Power-off alarm
Protocol	IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3x, IEEE802.3ah, IEEE 802.3ad
VLAN	Port-based VLAN IEEE 802.1Q VLAN VLAN transparent transmit VLAN filtration Full VID and PVID Port + VLAN-based tag
Address Management	1K \ 1K \ 512 \ 512 MAC 256 multicast address Static MAC MAC address limit MAC address aging based on 1s Static IP address, DNS, DHCP

IGMP	IGMP V1,V2,V3 IGMP Snooping and Filter LAST Member Query (Snooping mode) Fast Leave Multicast service management
STP	IEEE 802.1D / 1S / 1W Remote-loop detect
Bandwidth Control	64K~100M bandwidth control
QoS	port / 802.1P / IP-TOS-based priority 4-level priority control DiffServ-based QoS priority classification QoS remark
Updating	Local TFTP
Management	CLI Telnet
Security	Port lock Watch Dog Alarm and capacity statistics

Product Specification

Backplane capacity	11.75Gbps
Switching capacity	5.79Mpps
Power supply	12V, 1A
Power Consumption	≤10W
Dimensions (mm) (W*H*D)	200*120*33.5mm
Weight	≤0.5kg

Environmental Conditions

Operation	0°C~50°C
Storage	-40°C~70°C
Operation humidity	5%~90%
Storage humidity	5%~95%

Ordering information

Description	Part code
GPON ONT with 4 x GE Data Ports	GONUUGE04



MODEM OPTICO GPON FK-ONT-G400R



Tipo del producto	Equipo GPON FBS
Descripción	La FK-ONT-G400R es una ONT (Optical Network Terminal) compatible con estándar ITU-T G.984. El equipamiento soporta tasas de hasta 2.5Gbps para downstream y 1.25Gbps para upstream. La ONT soporta servicios completos de Triple Play, incluyendo voz, vídeo y datos.
Interfaces	<ul style="list-style-type: none"> • 1 interfaz óptica GPON SC-APC; • 4 interfaces metálicas RJ-45 10/100/1000Base-T (GbE);
GPON	<ul style="list-style-type: none"> • Mapeo de GEM Ports en una T-CONT con scheduling basado en filas de prioridad; • Soporte para Multicast GEM Port; • Forward Error Correction (FEC); • Mapeo flexible entre GEM Ports y T-CONTs; • Soporta modo Single T-CONT o modo Multiple T-CONTs; • Múltiples GEM Ports por dispositivo; • Múltiples T-CONTs por dispositivo; • Framing totalmente compatible con ITU-T G.984; • Largura de onda de recepción: 1490nm; • Largura de onda de transmisión: 1310nm; • Receptor de 2.488Gbps sentido downstream; • Transmisor de 1.244Gbps sentido upstream en modo rajada; • De acuerdo con el estándar GPON ITU-T G.984.x; • Potencia Óptica de Transmisión: 0,5dBm ~ +5dBm • Potencia Óptica de Recepción: -8dBm ~ -27dBm
Layer 2	<ul style="list-style-type: none"> • En conformidad con IEEE 802.1D y 802.1Q; • Configuración de puerta untagged; • Soporte la Spanning Tree Protocol • Hasta 128 direcciones MAC por dispositivo; • Aprendizaje de direcciones MAC con auto-aging; • Switch virtual basado en 802.1Q VLAN; • VLAN tagging/detagging por puerta Ethernet; • VLAN stacking (Q-in-Q) y VLAN Translation; • Filtro de VLAN por puerta; • Filtro de dirección de destino por puerta;

Layer 3

- Cliente PPPoE: un cliente por ONT:
 - Inicio de sesión automático;
 - Keep Alive automático;
- Servidor DHCP;
- Servidor DNS (DNS relay, DNS transparent);
- NAT y NAPT: sesión de 16K (8K upstream, 8k downstream);
- Port forwarding;
- Firewall stateful integrado con ACL;

Qos

- Filas de prioridad basadas en Hardware en soporte la IEEE 802.1p (Cos);
- 8 filas por puerta;
- Mapeo de IP TE Los/DSCP para 802.1p;
- Clasificación de servicio basada en MAC, puerta, VLAN-ID, 802.1p bit, TE Los/DSCP;
- Marking/remarking de 802.1p;
- Scheduling controlado de prioridad y tasa;
- Limitador de tasa Broadcast/Multicast

Multicast

- IGMP Snooping;

**Gerencia e
Aprovisionamiento**

- Gestión en conformidad con ITU-T 984.4 OMCI;
- Activación con descubrimiento automático SN y seña, en conformidad con ITU-T G.984.3;
- Configuración de banda por servicio o puerta (fija, garantizada y máxima);
- Aprovisionamiento de todos los servicios, incluyendo Ethernet, VoIP, etc.;
- Alarmas y monitoreo de performance;
- Manipulación de MIB a través de OMCI por mandos Create, Delete, Set, Get, Get Next;
- Download remoto de imagen de software;
- Mantiene dos conjuntos de imagen de software, para comprobación de integridad y rollback automático;
- Activación y rebooting remoto;
- Gestión web-based;

**Características
Constructivas**

- Temperatura de operación: 0 a 50°C;
- Temperatura de almacenamiento: -20°C hasta 60°C;
- Humedad relativa de Operación: 5 a 90% (sin condensación);
- Alimentación DC 12V con adaptador AC/*DC incluso 100-240V, 50/60Hz;
- Consumo de energía:
- Dimensiones (LxAxC): 160 x 40 x 124,5 mm;
- LEDs indican el estado;

Items Incluidos

- Fuente de alimentación externa, entrada AC 90~250 VAC, salida 12 VDC, corriente máxima 1.5A;
- Manual del producto en las lenguas:

- Portugues
- Espanhol
- Ingles

Certificaciones

- Certificación ETSI e FCC;

Compatibilidad

Compatible con Concentrador Óptico Standalone GPON, modelos:

- FK-OLT-G4S - Código 35510190
- FK-OLT-G8S - Código 35510249

Chassis:

- OLT GPON FK-OLT-G2500 - Código 35510205

Garantía

- Garantía de 1 año.
- Validez Técnica del Software: 365 días.

Para asegurar el correcto funcionamiento del sistema, solamente se garantiza la compatibilidad del equipo con la familia de OLTs GPON de Furukawa, siendo la actividad de soporte técnico por parte de Furukawa condicionada a este escenario.

Código del Producto 35510193 - GPON FK-ONT-G400R

[Codificación](#)

EchoLife EG8245H5 Datasheet 03

EchoLife EG8245H5, an intelligent routing-type ONT

Overview



Device Parameters

Dimensions (H x W x D) (without external antenna and pads)	30 mm x 168 mm x 115 mm (without external antenna and pads)	System power supply	11–14 V DC, 1 A
Weight	About 220 g	Static power consumption	4 W
Operating temperature	0°C to 40°C	Maximum power consumption	12 W
Operating humidity	5% RH to 95% RH (non-condensing)	NNI	GPON
Power adapter input	100–240 V AC, 50/60 Hz	UNI	2POTS + 4GE + 2.4G Wi-Fi+ 1USB
Indicators	Power/PON/LOS/LAN/TEL/USB/WLAN/WPS	Optical Connector	SC/APC

Interface Parameters

GPON port <ul style="list-style-type: none"> Class B+ Receiver sensitivity: -27dBm ~ -29dBm Overload optical power: -8 dBm Wavelengths: US 1310nm, DS 1490nm Wavelength blocking filter (WBF) of G.984.5 Flexible mapping between GEM Port and TCONT GPON: consistent with the SN or password authentication defined in G.984.3 Bi-directional FEC SR-DBA and NSR-DBA Type B (single-homing&dual-homing) 	POTS port <ul style="list-style-type: none"> Maximum REN: 4 G.711A/μ, G.729a/b, and G.722 encoding/decoding T.30/T.38/G.711 fax mode DTMF Emergency calls (with the SIP protocol)
	USB port <ul style="list-style-type: none"> USB2.0 FTP-based network storage File/Print sharing based on SAMBA DLNA function
Ethernet port <ul style="list-style-type: none"> Ethernet port-based VLAN tags and tag removal 1:1 VLAN, N:1 VLAN, or VLAN transparent transmission QinQ VLAN Limit on the number of learned MAC addresses MAC address learning Auto-adaptive 10 Mbit/s, 100 Mbit/s or 1000 Mbit/s 	WLAN <ul style="list-style-type: none"> IEEE 802.11 b/g/n 2 x 2 MIMO Antenna gain: 5 dBi WMM Multiple SSIDs WPS Air interface rate: 300 Mbit/s

Product Function

Smart interconnection <ul style="list-style-type: none"> Smart Wi-Fi coverage SIP/H.248 auto-negotiation Any port any service Parental control L2/L3 (IPv4) forwarding: 1G uplink, 2G downlink 	Smart O&M <ul style="list-style-type: none"> IPTV video quality diagnosis eMDI Rogue ONT detection and isolation from the OLT Call emulation, and circuit test and loop-line test PPPoE/DHCP simulation testing WLAN emulation 	Layer 3 features <ul style="list-style-type: none"> PPPoE/Static IP/DHCP NAT/NAPT Port forwarding ALG, UPnP DDNS/DNS server/DNS client IPv6/IPv4 dual stack, and DS-Lite Static/Default routes Multiple services on one WAN port 	Security <ul style="list-style-type: none"> SPI firewall Filtering based on MAC/IP/URL addresses
			Common O&M <ul style="list-style-type: none"> OMCI/Web UI/TR069 Variable-length OMCI messages Dual-system software backup and rollback
Multicast <ul style="list-style-type: none"> IGMP v2/v3 proxy/snooping MLD v1/v2 snooping 	Smart service <ul style="list-style-type: none"> Scheduled Wi-Fi shutdown Smart Wi-Fi sharing: Portal/802.1x authentication SoftGRE-based sharing 	Power saving <ul style="list-style-type: none"> Indicator power saving COC V5 	QoS <ul style="list-style-type: none"> Ethernet port rate limitation 802.1p priority SP/WRR/SP+WRR Broadcast packet rate limitation

	<ul style="list-style-type: none">• Association of one account with two POTS ports		
--	--	--	--

Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2020. All rights reserved.

No part of this document may be reproduced or transmitted in any form or by any means without prior written consent of Huawei Technologies Co., Ltd.

Trademarks and Permissions

 HUAWEI and other Huawei trademarks are trademarks of Huawei Technologies Co., Ltd.

All other trademarks and trade names mentioned in this document are the property of their respective holders.

Notice

The purchased products, services and features are stipulated by the contract made between Huawei and the customer. All or part of the products, services and features described in this document may not be within the purchase scope or the usage scope. Unless otherwise specified in the contract, all statements, information, and recommendations in this document are provided "AS IS" without warranties, guarantees or representations of any kind, either express or implied.

The information in this document is subject to change without notice. Every effort has been made in the preparation of this document to ensure accuracy of the contents, but all statements, information, and recommendations in this document do not constitute a warranty of any kind, express or implied.

Huawei Technologies Co., Ltd.

Address:Huawei Industrial Base Bantian,
Longgang Shenzhen 518129 People's
Republic of China

Website:<http://www.huawei.com>



zNID 2600 Series Indoor GPON ONT

ZNID-GPON-2608T, 2624A, 2624P, 2625A, 2625P, 2628A, 2628P, 2628T, 2644A, 2644P, 2645A, 2645P, 2648A, 2648P, 2648T

GPON ONT for FiberLAN Applications

- ✓ *Standard ITU G.984 GPON*
- ✓ *Indoor deployment, but temperature-hardened for harsher environments*
- ✓ *Extended DC Power Range*
- ✓ *Triple-Play Services - VoIP, IP Video, HS Internet Access*
- ✓ *VoIP with CLASS 5 Features*
- ✓ *802.3at PoE*
- ✓ *RF Video Output Option*

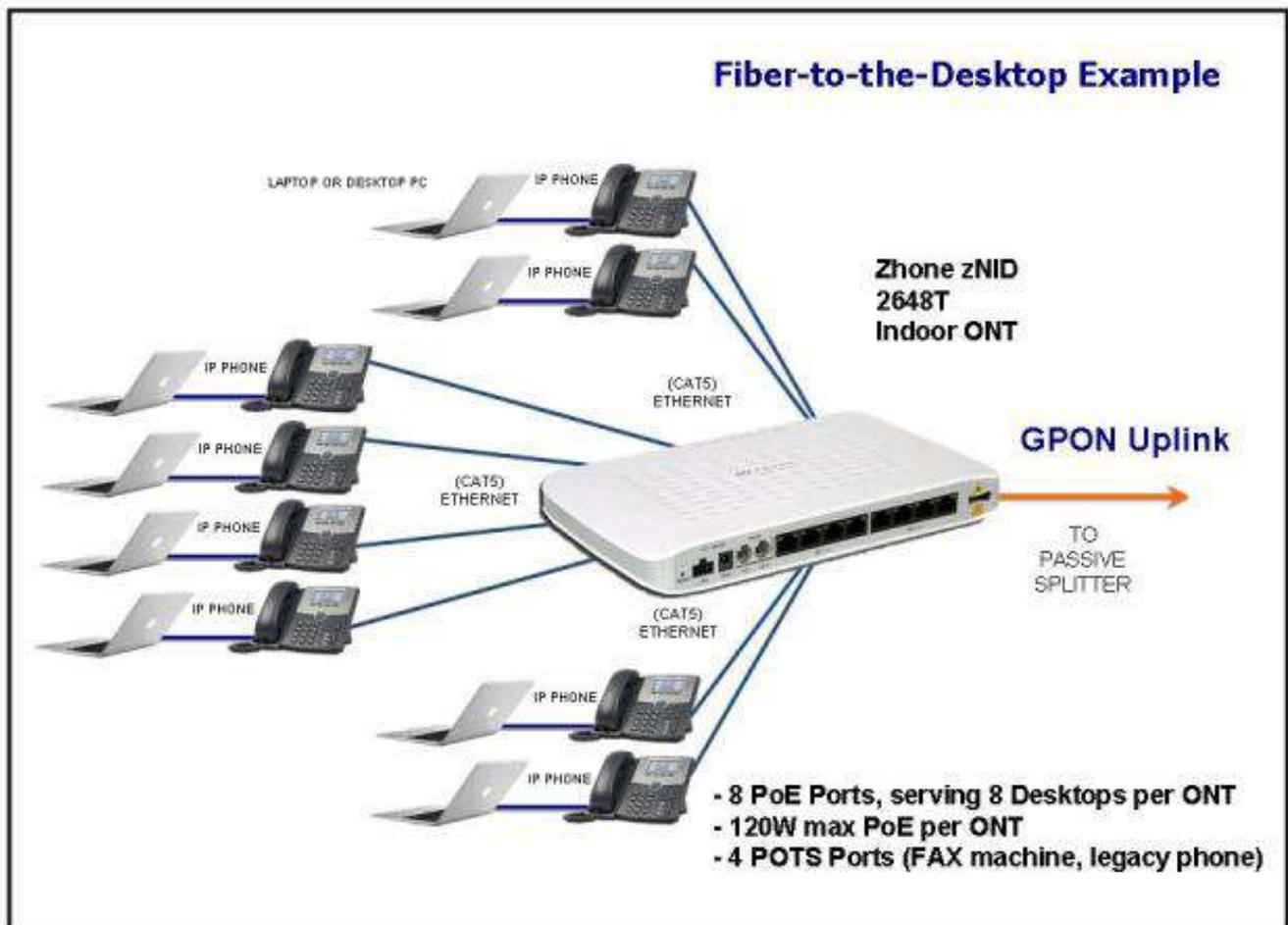


Zhone's indoor 2600 Series GPON ONTs are standards-based CPEs designed for advanced triple-play deployments in enterprise and hospitality environments. These indoor models in Zhone's zNID product line of ONTs provide a lower cost alternative to outdoor ONT solutions while providing unmatched flexibility in deployment.

Especially suited for FiberLAN applications, the 2600 Series GPON ONTs are offered in a variety of models that include an RF Video port, 2 or 4 FXS POTS ports and up to 8 GE LAN ports which can provide PoE power for attached devices such as IP Phones, PTZ cameras, wireless access points, and remote switches. Extended operating temperatures and input voltages allow for creative deployments in areas and applications not possible with other ONTs.

The 2600 Series GPON ONTs provide the same voice features found on the 2400 and 4200 Series ONTs. Both MGCP and SIP are supported for direct connection to a VoIP Softswitch. This flexibility allows the ONTs to work in nearly all Telco networks, with interoperability support for a broad array of Softswitches.

The four or eight GE LAN ports can be separated into different services allowing the configuration of dedicated ports for IP video and data for one or more customers. Unique VLANs may be configured per customer to ensure full isolation of each customer's data traffic.



The 2600 Series GPON ONTs are ideally suited for Fiber-To-The-Desk applications where attached PoE devices can be powered directly from any or all of the ONT's four or eight PoE GE LAN ports simultaneously. Because up to four POTS ports are also available on the same ONT, legacy FAX machines, modems and analog phones can be conveniently connected.

With its extended power input range of 12 to 54 VDC standard on all 2600 Series ONT models, new Fiber-To-The-Room applications are now possible where a single, centralized 48 VDC supply in a basement or closet can power all of the ONTs in an hotel or apartment complex using existing telephone or ethernet wiring, without suffering excessive IR losses. Delivering high speed data, voice, and television to each room throughout the complex regardless of distance, just became easier.

The temperature-hardened 2600 Series GPON ONTs are also well-suited for harsher environments such as unheated but weatherproof outside enclosures, or mounting under a roof in areas that are not temperature controlled. Other indoor ONTs are not rated to operate in such conditions.

The 2600 Series GPON ONTs can be either wall mounted inside the home or placed freestanding on a desktop, and can use the same optional fiber tray as the 2400 Series ONTs. A variety of battery backup options are available for maintaining lifeline services during AC power outages

Flexible management means the ONTs may be provisioned using the same intuitive Web interface and CLI as the 2400 and 4200 Series ONTs, as well as through GPON-standard OMCI, and the Zhone Network Management System (ZMS) using Unified Service Provisioning (USP). Software upgrades and configuration backups can be handled automatically by the ZMS using the CPE Manager feature. Management using a TR-069 compliant ACS will also be possible.

Zhone provides the complete PON solution: ONT, OLT, splitter, EDFA, RF Transmitters, and cabinet solutions are available from Zhone allowing our customers to buy a complete and fully tested solution from one trusted source.

Technical Specifications

Dimensions

- Complete Enclosure
- 1.5 in. H x 10 in. W x 6.5 in. D
- 3.8 cm H x 25.4 cm W x 16.5 cm D

Weight

- 1.0 - 1.2LB (0.45 - 0.54 kg)

Power

- 12-54 +/6% VDC (non-PoE models)
- 48-54 +/6% VDC (PoE models)
- 100-240 VAC 50/60 Hz (AC Adapter)
- Max Power (ONT only): 20W
- Max PoE Power for attached devices: 120W

Interfaces

- GPON
 - SC/APC connector
 - ITU-T G.984 compliance (at levels down to -25 dBm)
- GPON Tx
 - 1310nm optics
 - DBM (Differential Burst Mode)
 - Upstream data rate: 1.25 Gbps
 - Launch Power: +0.5 to +5.0dBm
- GPON Rx
 - 1490nm optics
 - APD/TIA CW Mode
 - Downstream data rate: 2.5 Gbps
 - Receiver sensitivity: -28dBm
 - Input power overload: -8dBm
 - Input damage level: +5dBm
- RF Video Rx
 - 1550nm optics
 - Usable input power range: -8dBm to +2dBm
 - Input power overload: +2dBm
 - Input damage level: +5dBm
- Ethernet
 - RJ-45 connector
 - 4 or 8 x 10/100/1000 Base-T ports, all of which can support PoE
 - Meets IEEE 802.3 specifications
 - Auto-MDI/MDIX and auto speed supported
- POTS
 - RJ-11 connector
 - 0, 2 or 4 FXS ports
 - 2 Y-adapters included for 4-port models
- RF Video Output Port
 - 1 x F-Type connector
 - RF output impedance: 75 ohms
 - RF output level: 17dBm minimum
 - RF passband: 47 to 1002 MHz

Standards Support

- GPON
 - ITU-T G.984 compliant (at levels down to -25 dBm)
- PoE
 - 802.3at compliant (30W max per port, 120 W max per ONT)

Voice Support

- SIP (RFC 3261)
- MGCP
- Codec: G.711 (u-law and A-law), G.729B, G726
- DTMF dialing
- 5 REN (total) per ONT
- Echo cancellation
- Voice Activity Detection and Comfort Noise Insertion
- Caller ID, Call Waiting, Call Forwarding, Call Transfer, Three Way Calling, Distinctive Ringing
- G.711 fallback for FAX
- T.30 and T.38 FAX
- DHCP client or static IP configuration

Protocol Support

- GPON
 - Fully ITU-T G.984 compliant framing
 - 32 T-CONTs per device
 - 32 GEM Ports per device
 - Activation with automatic discovered SN and password in conformance with ITU-T G.984.3
 - AES-128 Decryption with key generation and switching
 - FEC (Forward Error Correction)
 - 802.1p mapper service profile on U/S
 - Support for Multicast GEM Port QoS
 - Ethernet bridging/switchover per IEEE 802.1d/802.1q
 - Traffic management (priority queuing and traffic shaping)
 - QoS with support for IEEE 802.1p + DSCP VLANs
 - Per port IEEE 802.1q VLAN ID processing
 - VLAN tagging/untagging
 - VLAN Stacking (QinQ)
 - VLAN Switching
 - 802.1x support
- IPTV
 - IGMP v2 Snooping
 - VLAN support
- Layer 2
 - 802.3n flow control
 - Automatic MAC learning and aging
 - Support for up to 4,096 MAC addresses for RG traffic flows
 - Broadcast storm control
- IP Routing and Firewall
 - PPPoE
 - NAT/NAPT
 - port forwarding
 - DHCP Server
 - DNS Proxy

Management

- OMCI
- Web UI
- CLI
- SNMP
- TR-069
- USP (Unified Service Provisioning)

Regulatory Compliance

- CE
- UL
- FCC part B

Operating Requirements

- Temperature: -40°C to +60°C
- Humidity: 5% to 90% RH, non-condensing

Ordering Information

ZNID-GPON-2608T-xx	Indoor GPON ONT, 0xPOTS, 8xGE(PoE); xx = 00 (none), NA, UK, EU power supply
ZNID-GPON-2624A-xx	Indoor GPON ONT, 2xPOTS, 4xGE; xx = 00 (none), NA, UK, EU power supply
ZNID-GPON-2624P-xx	Indoor GPON ONT, 2xPOTS, 4xGE(PoE); xx = 00 (none), NA, UK, EU power supply
ZNID-GPON-2625A-xx	Indoor GPON ONT, 2xPOTS, 4xGE, RF Video; xx = 00 (none), NA, UK, EU power supply
ZNID-GPON-2625P-xx	Indoor GPON ONT, 2xPOTS, 4xGE(PoE), RF Video; xx = 00 (none), NA, UK, EU power supply
ZNID-GPON-2628A-xx	Indoor GPON ONT, 2xPOTS, 8xGE; xx= 00 (none), NA, UK, EU power supply
ZNID-GPON-2628P-xx	Indoor GPON ONT, 2xPOTS, 4xGE(PoE) + 4xGE; xx = 00 (none), NA, UK, EU power supply
ZNID-GPON-2628T-xx	Indoor GPON ONT, 2xPOTS, 8xGE(PoE); xx = 00 (none), NA, UK, EU power supply
ZNID-GPON-2644A-xx	Indoor GPON ONT, 4xPOTS, 4xGE; xx = 00 (none), NA, UK, EU power supply
ZNID-GPON-2644P-xx	Indoor GPON ONT, 4xPOTS, 4xGE(PoE); xx = 00 (none), NA, UK, EU power supply
ZNID-GPON-2645A-xx	Indoor GPON ONT, 4xPOTS, 4xGE, RF Video; xx = 00 (none), NA, UK, EU power supply
ZNID-GPON-2645P-xx	Indoor GPON ONT, 4xPOTS, 4xGE(PoE), RF Video; xx = 00 (none), NA, UK, EU power supply
ZNID-GPON-2648A-xx	Indoor GPON ONT, 4xPOTS, 8xGE; xx = 00 (none), NA, UK, EU power supply
ZNID-GPON-2648P-xx	Indoor GPON ONT, 4xPOTS, 4xGE(PoE) + 4xGE; xx = 00 (none), NA, UK, EU power supply
ZNID-GPON-2648T-xx	Indoor GPON ONT, 4xPOTS, 8xGE(PoE); xx = 00 (none), NA, UK, EU power supply

ANEXO VIII



AERIAL CABLE

AR-1FADPE-ADSS-FTTX-xxF G652D

OPTICAL FIBRE CABLE TECHNICAL SPECIFICATION

1. General

1.1 Scope

This Specification covers the design requirements and performance standard for the supply of optical fibre cable in the industry. ARTIC ensures a stable quality control system for our cable products through several programs including ISO 9001, ISO 14001 and ROHS.

Cable type	Application
AR-1FADPE-ADSS-FTTX xxF-G652D	Self-supporting aerial installation

60m represent the span.

xx represents the fibre counts of the cable

1.2 Reference

The cable offered by ARTIC are designed, manufactured and tested according to the standards as follows:

ITU-T G.652.D	Characteristics of a single-mode optical fibre.
IEC 60794-1-1	Optical fibre cables-part 1-1: Generic specification-General.
IEC 60794-1-2	Optical fibre cables-part 1-2: Generic specification-Basic optical cable test procedure.
IEC 60794-3	Optical fibre cables-part 3: Sectional specification-Outdoor cables.
IEC 60794-4-20	Aerial optical cables along electrical power lines – Family specification for ADSS (All Dielectric Self Supported) optical cables.

1.3 Life Time

Optical fibre cables supplied in compliance with this specifications is capable to withstand the typical service condition for a period of twenty-five (25) years without detriment to the operation characteristics of the cable.

1.4 Application

Item	Value
Max. pole distance	60m
Operation temperature	-40 °C~+70 °C
Storage temperature	-40 °C~+70 °C
Static bending radius	10 times the cable diameter
Dynamic bending radius	20 times the cable diameter

2. Optical Fibre

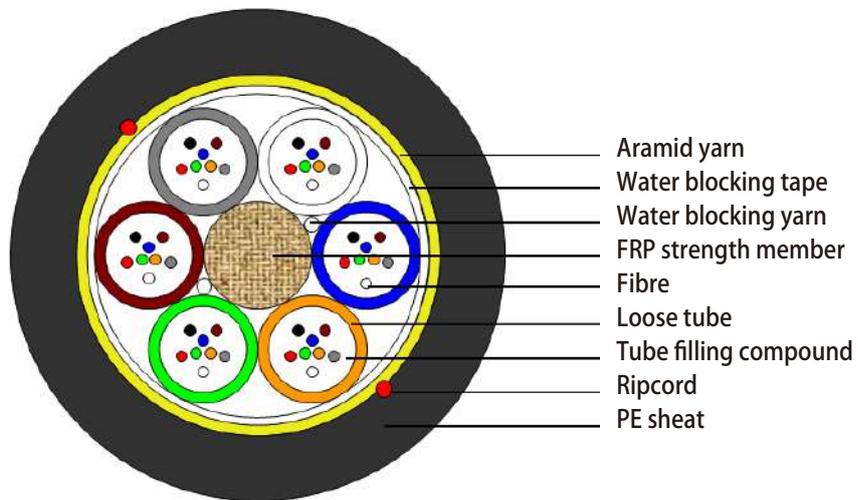
Optical Fibres supplied in this specification meet the requirements of ITU-T G.652D.

Parameter	Specification
MFD (1310nm)	$9.1 \pm 0.4 \mu\text{m}$
MFD (1550nm)	$10.4 \pm 0.5 \mu\text{m}$
Cladding diameter	$125 \pm 1.0 \mu\text{m}$
Fiber diameter	$245 \pm 7 \mu\text{m}$, with UV coating, and colored to: $250 \pm 15 \mu\text{m}$
Core/cladding concentricity error	$\leq 0.6 \mu\text{m}$
Coating/cladding concentricity error	$\leq 12.0 \mu\text{m}$
Cladding non circularity	$\leq 1.0\%$
Cut off wavelength	$\lambda_{cc} \leq 1260 \text{nm}$
Attenuation coefficient	1310 nm: 0.35dB/km 1550 nm: 0.21dB/km
Bending-loss performance of optical fiber @1310nm&1550nm	$\leq 0.05 \text{ dB}$ (100 turns around a mandrel of 50 mm diameter)
Polarization mode dispersion maximum individual fibre	$\leq 0.2 \text{ps}/\sqrt{\text{km}}$
Polarization mode dispersion link value	$\leq 0.1 \text{ps}/\sqrt{\text{km}}$
Zero-dispersion wavelength	$1312 \pm 12 \text{nm}$
Zero-dispersion slope	$\leq 0.091 \text{ps}/\text{nm}^2 \cdot \text{km}$

3. Optical Cable

3.1 Technical Characteristics

- The unique second coating and stranding technology provide the fibres with enough space and bending endurance, which ensure good optical property of the fibres in the cable.
- Accurate process control ensures good mechanical and temperature performance.
- High quality raw material guarantees the long service life of cable.



Fiber Color Code

1	2	3	4	5	6
● Blue	● Orange	● Green	● Brown	● Grey	○ White
7	8	9	10	11	12
● Red	● Black	● Yellow	● Violet	● Pink	● Aqua

3.4 Dimensions and Descriptions

The standard optical cable structure is shown in the following table, other structure and fibre count are also available according to customer requirements.

Item	Contents	Value		
		12	24	48
Structure	Type	1+5	1+5	1+6
Loose tube	Fiber counts/tube	6	8	8
	Outer diameter (mm)	1.9		
Central strength member	Material	FRP		
	Diameter (mm)	1.5	1.5	2.0
	PE layer diameter (mm)	-	-	-
Water blocking	Material	Water blocking yarn and tape		
Peripheral strength member	Material	Aramid yarn		
Sheath	Material	HDPE		
	Color	Black		
	Thickness (mm)	Nominal: 1.0		
Ripcord	Number	2		
	Color	Red		
Cable diameter (mm) Approx.		8.0	8.0	8.6
Cable weight (kg/km) Approx.		50	50	60

3.5 Main Mechanical and Environmental Performance

Main mechanical performance

Item	Max allowable tension (N)	Crush(N/100mm)	
		Short term	Long term
12/24/48	1500	1000	300

Environmental and installation condition

Max. wind speed	Max. ice thickness	Initial Installation sag	Temperature
25 m/s	0	1.0%	-40 °C~+70 °C

4. Mechanical, Physical and Environmental Test Characteristics

The mechanical and environmental performance of the cable are in accordance with the following table. Unless otherwise specified, all attenuation measurements required in this section shall be performed at 1550nm.

Items	Test Method	Requirements
Tension	IEC 60794-1-2-E1 Load: According to 3.5. Sample length: Not less than 50m. Duration time: 1min	Additional attenuation: ≤ 0.05 dB after test. No damage to outer jacket and inner elements.
Crush	IEC 60794-1-2-E3 Load: According to 3.5. Duration of load: 1min.	Additional attenuation: ≤ 0.05 dB after test. No damage to outer jacket and inner elements.
Impact	IEC 60794-1-2-E4 Radius: 12.5 mm. Impact energy: 4.4 J. Impact number: 3. Impact points: 10	Additional attenuation: ≤ 0.1 dB. No damage to outer jacket and inner elements.
Repeated bending	IEC 60794-1-2-E6 Bending radius: $20 \cdot D$. Cycles: 25. Load: 150N.	Additional attenuation: ≤ 0.05 dB. No damage to outer jacket and inner elements.
Torsion	IEC 60794-1-2-E7 Cycles: 10. Length under test: 1m. Turns: $\pm 180^\circ$. Load: 150N	Additional attenuation: ≤ 0.1 dB. No damage to outer jacket and inner elements.
Water Penetration	IEC 60794-1-2-F5B Time: 24 hours. Sample length: 3m. Water height: 1m.	No water leakage.
Temperature cycling	IEC 60794-1-2-F1 Sample length: at least 1000m. Temperature range: $-40 \sim +70$ °C. Cycles: 2. Temperature cycling test dwell time: 12 hours.	The change in attenuation coefficient shall be less than 0.05 dB/km.
Other parameters	According to IEC 60794-1	

5. Packaging and Drum

5.1 Cable Sheath Marking

Unless otherwise specified, the cable sheath marking shall be as follows:

- Color: white.
- Contents: ARTIC, the year of manufacture, the type of cable, cable number, length marking.
- Interval: 1 m.

Outer sheath marking legend can be changed according to user's requests.

5.2 Reel Length

Standard reel length: 4 km/reel, other length is also available.

5.3 Cable Drum

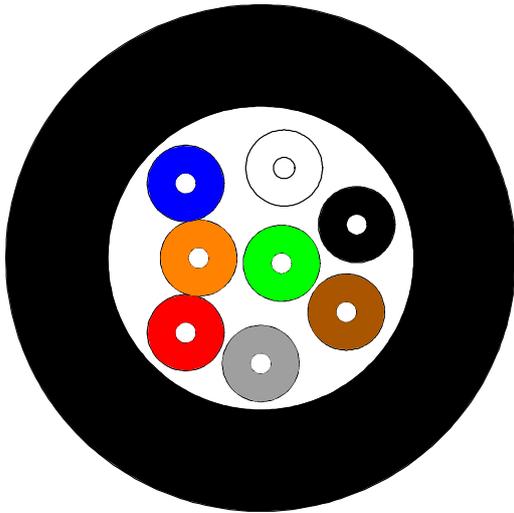
The cables are packed in fumigated wooden drums.

5.4 Cable Packing

Both ends of the cable will be sealed with suitable plastic caps to prevent the entry of moisture during shipping, handling and storage. The inner end is available for testing.

Draka black distribution cable

Universal indoor/outdoor distribution or mini break-out cable with ES9 tight buffer, 2 – 24 fibres and black FireBur® sheath, VDE: U-V(ZN)H



Application and Installation

This distribution or mini-break-out cable can be used for many indoor applications and outdoor applications

The cable features our new and improved ES9 tight buffer.

Typical cable applications include: LAN and WAN backbones, central office interconnections, backbones in data centres, and many other.

The cable is suited for installation in ducts and on trays.

The cable features an UV stabilised, water and moisture resistant FireBur® sheathing, the cable is thus well suited for outdoor runs; but is not longitudinal water blocked.

Standards

ISO 11801 2nd edition, EN 187 000, IEC 60794-2, EN 50 173-1, IEC 60794-2-20

Flame resistance

LSHF (FRNC): IEC 60332-1-2; IEC 60754-2; IEC 61034

Draka black distribution cable

Construction

Fibre	2 - 24 tightly buffered fibres 900 µm ± 50 µm.		
Fibre colour code	1 Red	13 Yellow w/mark every 70 mm	
	2 Green	14 White w/mark every 70 mm	
	3 Blue	15 Grey w/mark every 70 mm	
	4 Yellow	16 Turquoise w/mark every 70 mm	
	5 White	17 Orange w/mark every 70 mm	
	6 Grey	18 Pink w/mark every 70 mm	
	7 Brown	19 Yellow w/mark every 35 mm	
	8 Violet	20 White w/mark every 35 mm	
	9 Turquoise	21 Grey w/mark every 35 mm	
	10 Black	22 Turquoise w/mark every 35 mm	
	11 Orange	23 Orange w/mark every 35 mm	
	12 Pink	24 Pink w/mark every 35 mm	
Strength member	E- Glass rovings		
Sheath	Black FireBur®, halogen free, flame resistant thermoplastic sheathing compound acc. to EN 50290-2-27, UV stabilized		
Sheath marking	Draka I/O DI LSHF ES9 <Fibre count> <Fibre type><Fibre brand><Item No>05<Batch Number><Meter mark> U-V(ZN) H <Fibre count> <Fibre family> <Mode field diameter> /125 <Transmission Class>		

Physical properties

IEC 60794-1-2

Attribute	Method	Limits						
		2	4	6	8	12	16	24
Fibre count								
Nominal diameter [mm]	-	6	6.5	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5
Nominal weight [kg/km]	-	32	34	36	39	43	52	63
Maximum installation load (a few hours) [N]	-	1500					2100	2400
Short term tensile strength (some days) [N]	E1	1000					1400	1600
Permanent tensile strength [N]	E1	500					1000	1500
Impact [J]	E4	20 J						
Crush (compressive strength)	E3	3000 N/ 100 mm						
Torsion	E7	5 cycles ± 1 turn						
Minimum bending radius	E11	50			75		115	
Minimum bending radius under tension	E18A	100			130		230	
Temperature range	F1	Operation and Installation					-20 °C to 70 °C	
		Storage					-40 °C to 70 °C	
Minimum bending radius of the ES9 tightly buffered fibres	G01	With standard fibres					20 mm	
		With MaxCap-BB-OMx fibres					7.5 mm	
		With BendBright-XS fibers:					7.5 mm	
Heat of combustion [MJ/km] – [kW/m]		660 0.18	760 0.21	845 0.23	970 0.29	1180 0.33	1400 0.39	1700 0.47



Draka



A brand of the
Prysmian
Group

Draka black distribution cable

Product codes – ordering information

Prysmian group material code	Prysmian Group material description	Draka Material code	Fibre count	Fibre type	Fibre data sheet
	DR I/O DI N LSHF ES9 2 OM2B BL		2	MaxCap-BB-OM2 50/125	C34
60019951	DR I/O DI N LSHF ES9 4 OM2B BL		4	MaxCap-BB-OM2 50/125	C34
	DR I/O DI N LSHF ES9 6 OM2B BL		6	MaxCap-BB-OM2 50/125	C34
	DR I/O DI N LSHF ES9 8 OM2B BL		8	MaxCap-BB-OM2 50/125	C34
	DR I/O DI N LSHF ES9 12 OM2B BL		12	MaxCap-BB-OM2 50/125	C34
	DR I/O DI N LSHF ES9 24 OM2B BL		24	MaxCap-BB-OM2 50/125	C34
	DR I/O DI N LSHF ES9 2 OM3B BL		2	MaxCap-BB-OM3	C31
60019530	DR I/O DI N LSHF ES9 4 OM3B BL		4	MaxCap-BB-OM3	C31
	DR I/O DI N LSHF ES9 6 OM3B BL		6	MaxCap-BB-OM3	C31
60019531	DR I/O DI N LSHF ES9 8 OM3B BL		8	MaxCap-BB-OM3	C31
60019532	DR I/O DI N LSHF ES9 12 OM3B BL		12	MaxCap-BB-OM3	C31
	DR I/O DI N LSHF ES9 16 OM3B BL		16	MaxCap-BB-OM3	C31
60019534	DR I/O DI N LSHF ES9 24 OM3B BL		24	MaxCap-BB-OM3	C31
60019535	DR I/O DI N LSHF ES9 4 OM4B BL		4	MaxCap-BB-OM4	C32
	DR I/O DI N LSHF ES9 6 OM4B BL		6	MaxCap-BB-OM4	C32
60019536	DR I/O DI N LSHF ES9 8 OM4B BL		8	MaxCap-BB-OM4	C32
	DR I/O DI N LSHF ES9 12 OM4B BL		12	MaxCap-BB-OM4	C32
60019538	DR I/O DI N LSHF ES9 16 OM4B BL		16	MaxCap-BB-OM4	C32
60019539	DR I/O DI N LSHF ES9 24 OM4B BL		24	MaxCap-BB-OM4	C32
	DR I/O DI N LSHF ES9 4 MM61 BK		2	OM1 62.5/125 multi mode	C02
	DR I/O DI N LSHF ES9 4 MM61 BK		4	OM1 62.5/125 multi mode	C02
	DR I/O DI N LSHF ES9 6 MM61 BK		6	OM1 62.5/125 multi mode	C02
	DR I/O DI N LSHF ES9 8 MM61 BK		8	OM1 62.5/125 multi mode	C02
	DR I/O DI N LSHF ES9 12 MM61 BK		12	OM1 62.5/125 multi mode	C02
	DR I/O DI N LSHF ES9 16 MM61 BK		16	OM1 62.5/125 multi mode	C02
	DR I/O DI N LSHF ES9 24 MM61 BK		24	OM1 62.5/125 multi mode	C02
	DR I/O DI N LSHF ES9 2 SM2D BK		2	OS2 single mode	C03e
60037923	DR I/O DI N LSHF ES9 4 SM2D BK		4	OS2 single mode	C03e
	DR I/O DI N LSHF ES9 6 SM2D BK		6	OS2 single mode	C03e
60037924	DR I/O DI N LSHF ES9 8 SM2D BK		8	OS2 single mode	C03e
	DR I/O DI N LSHF ES9 12 SM2D BK		12	OS2 single mode	C03e
60038345	DR I/O DI N LSHF ES9 16 SM2D BK		16	OS2 single mode	C03e
	DR I/O DI N LSHF ES9 24 SM2D BK		24	OS2 single mode	C03e
	DR I/O DI N LSHF ES9 4 SM7B BK		4	BendBrightXS G.657.A2	C24

© PRYSMIAN GROUP 2012, All Rights Reserved

All sizes and values without tolerances are reference values. Specifications are for product as supplied by Prysmian Group: any modification or alteration afterwards of product may give different result.

The information contained within this document must not be copied, reprinted or reproduced in any form, either wholly or in part, without the written consent of Prysmian Group. The information is believed to be correct at the time of issue. Prysmian Group reserves the right to amend this specification without prior notice. This specification is not contractually valid unless specifically authorised by Prysmian Group.

**LINKING THE
FUTURE**

www.prysmiangroup.com

5009amk (D12b black)
Version 1.1 | 2014-10-17

Page 3 of 3

Available from FS Cables, please contact 01727 840841 or sales@fscables.com for more information.

C02: General purpose 62.5 µm fibre

Properties of cabled OM1 fibre for use at 850 nm and at 1300 nm

General and application

This fibre is a graded-index multimode fibre suitable for transmission speeds of up to 10 Gb/s (33m 10GBASE-SX). It has a 62.5 µm core diameter and a 125 µm cladding diameter. The fibre is designed for use at 850 nm and/or 1300 nm.

This fibre is suitable for use in premises wiring application like LAN's with video, data and or voice services using LED, VCSEL and Fabry-Perot laser sources.

Standards

IEC 60793-2-10 Category A1b	ISO/IEC 11801 category OM1.
EN 60793-2-10: type A1b	IEEE 802.3 - 2002. with amendment 802.3ae - 2002.
TIA/EIA-492 AAAA	ANSI/TIA/EIA-568.B.3 – 2000
EN 50173-1:2007 category OM1	IBM™ Fibre Optic Channel Links; ESCON™

Optical properties

Attribute	Measurement method	Units	Limits
Attenuation limit according to IEC 60793-2-10, 850 nm	IEC 60793-1-40	dB/km	≤ 3.5
Attenuation limit according to IEC 60793-2-10, 1300 nm	IEC 60793-1-40	dB/km	≤ 1.5
Inhomogeneity of OTDR trace for any two 1000 metre fibre lengths	IEC 60793-1-40	dB/km	Max. 0.1

Cable attenuation

Maximum attenuation value of cable at 850 nm	IEC 60793-1-40	dB/km	≤ 3.2
Maximum attenuation value of cable at 1300 nm	IEC 60793-1-40	dB/km	≤ 1.0

Bandwidth

Overfilled (OFL) modal bandwidth at 850 nm	IEC 60793-1-41	MHz • km	≥ 200
Overfilled (OFL) modal bandwidth at 1300 nm	IEC 60793-1-41	MHz • km	≥ 600
Effective Modal Bandwidth (EMB) at 850 nm	IEC 60793-1-49	MHz • km	-

Group index of refraction

Group index of refraction at 850 nm	IEC 60793-1-22	-	1.496
Group index of refraction at 1300 nm	IEC 60793-1-22	-	1.491

C02: General purpose 62.5 µm fibre

Geometrical properties

<i>Attribute</i>	<i>Measurement method</i>	<i>Units</i>	<i>Limits</i>
Core diameter	IEC 60793-1-20	µm	62.5 ± 2.5
Cladding diameter	IEC 60793-1-20	µm	125.0 ± 1.0
Cladding non-circularity	IEC 60793-1-20	%	≤ 1.0
Core non-circularity	IEC 60793-1-20	%	≤ 5
Core-cladding concentricity error	IEC 60793-1-20	µm	≤ 1.5
Primary coating diameter – uncoloured	IEC 60793-1-21	µm	242 ± 7
Primary coating diameter - coloured	IEC 60793-1-21	µm	250 ± 15
Primary coating non-circularity	IEC 60793-1-21	%	≤ 5
Primary coating-cladding concentricity error	IEC 60793-1-21	µm	≤ 6

Mechanical properties

<i>Attribute</i>	<i>Measurement method</i>	<i>Units</i>	<i>Limits</i>
Proof stress level	IEC 60793-1-30	GPa	≥ 0.7 (≈ 1 %)
Typical average strip force	IEC 60793-1-32	N	1.7
Strip force (peak)	IEC 60793-1-32	N	1.3 ≤ F _{peak.strip} ≤ 8.9

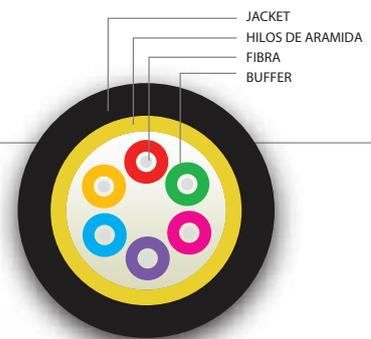
© PRYSMIAN GROUP 2012, All Rights Reserved

All sizes and values without tolerances are reference values. Specifications are for product as supplied by Prysmian Group: any modification or alteration afterwards of product may give different result.

The information contained within this document must not be copied, reprinted or reproduced in any form, either wholly or in part, without the written consent of Prysmian Group. The information is believed to be correct at the time of issue. Prysmian Group reserves the right to amend this specification without prior notice. This specification is not contractually valid unless specifically authorised by Prysmian Group.

Cable Interior - Exterior

Monomodo Riser 2 a 24 hilos



Descripción

OPCFOIE09Rxx
xx* Número de Fibras

El cable Interior/Exterior de Optronics, puede contener de 2 hasta 24 fibras, cada fibra está protegida por un buffer de 900µm. Los hilos de aramida ayudan a proteger las fibras de tensiones que pudieran dañarlas.

Las fibras ópticas contenidas en el cable tienen la capacidad de manejar anchos de banda muy grande con una baja atenuación, ideal para terminaciones de enlace o comunicación entre edificios.

Especificaciones de fibra			
Tipo de fibra	Monomodo (SM)		
Díametro del núcleo	9 µm		
Díametro del revestimiento (Cladding)	125 µm		
Díametro del recubrimiento (tight buffer)	900 µm		
Núcleo, revestimiento y recubrimiento			
Díametro de revestimiento	125.0 ± 0.7 µm		
Concentricidad núcleo-revestimiento	≤ 0.5 µm		
No circularidad del revestimiento	≤ 0.7%		
Díametro del recubrimiento	242.0 ± 5 µm		
Concentricidad recubrimiento-revestimiento	< 12 µm		
Desempeño ante curvatura			
Radio de mandril (mm)	Número de vueltas	Atenuación inducida (dB)	
		1550 nm	1625nm
10	1	0.5	1.5
16	10	≤ 0.05	
Atenuación			
Longitud de onda (nm)	Valores máximos (dB/km)		
1310	0.33 - 0.35		
1490	0.21 - 0.24		
1550	0.19 - 0.20		
1625	0.20 - 0.23		
Cumplimiento de estándares			
ITU-T G.657.A1		IEC 60793-2-50 Type B6_a1	

Especificaciones del cable						
Número de fibras	2	4	6	8	12	24
Material de la cubierta	Retardante a la flama PVC tipo OFNR					
Grado de inflamabilidad	UL1666					
Colores de tight buffer	Código de colores basados en TIA/ANSI-598-A					
Elemento de fuerza	Hilos de aramida					
Díametros nominales (mm)	4.40	4.80	5.30	5.80	6.30	8.10
Peso (lbs/Km)	34	45	55	70	94	120
Radio mínimo de curvatura, Instalación (cm)	6.6	7.2	7.95	8.7	9.45	12.15
Radio mínimo de curvatura, Operación (cm)	4.40	4.80	5.30	5.80	6.30	8.10
Temperatura de operación	-40°C a +70°C					
Temperatura de almacenamiento	-40°C a +70°C					

Especificaciones y normas compatibles	
Telcordia GR-409-CORE	Telcordia GR-20-CORE

Dual-end MPO(female) QuickConnect Cable Datasheet 01

Building an Efficient Fiber Infrastructure.

Overview

The Dual-end QuickConnect MPO/APC outdoor distribution cable adopts a double locked anti-vibration design, achieving fast deployment, high network reliability, durability.

Features & Benefits

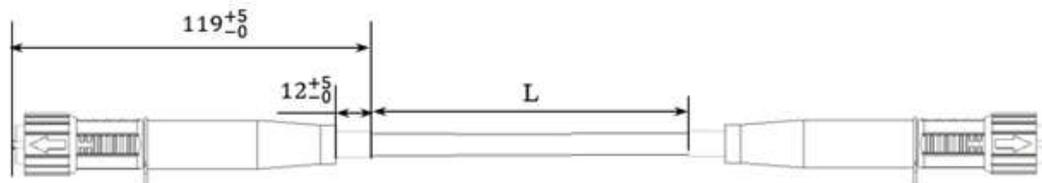
- Low-loss multi-core MPO pipe connector
- Fast deployment, plug and play
- Easy to install and uninstall
- IP68 protection
- Double locked anti-vibration design
- Digital management. Supporting AI image identification, which enables long-term ODN resource accuracy.

General Specifications

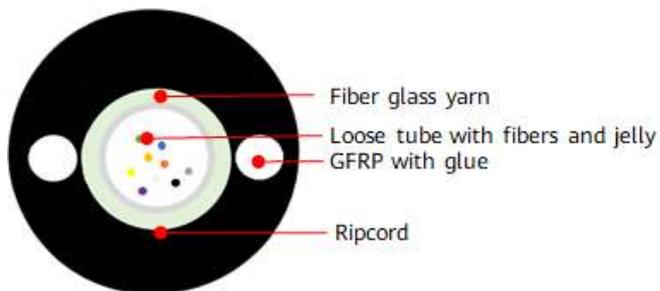
Cable assembly type	Distribution assembly
Environment	Outdoor
Packaging	Individual Pack
Application	Aerial
Termination	Dual-end MPO (female) connectors
Working temperature range	-40°C to +70°C
Working humidity	0% to 95%
Min. installation temperature	-10°C
Transport temperature range	-40°C to +70°C

Structure

QuickConnect Distribution Cable



Main Cable Cross Section



Specifications

Main Cable Dimensions and Descriptions of Cable Constructions

Fiber	Fiber count	12
	Fiber category	G657A1
Loose tube	Diameter	Φ 2.2 mm
Outer sheath	Material	HDPE
Strength member		2 GFRP with glue Fiber glass yarn
Cable diameter		Φ 5.8 mm
Cable weight		Approx.30 kg/km

Mechanical Performance of Cable

Tensile performance(Short term / Long term N)	1350 / 800
Cable crush (Short term / Long term N/100mm)	2200 / 1100
Min. bend radius (Static / Dynamic mm)	60 / 120

Aerial Installation conditions

Weather condition	Max. span (m)	Installation sag ratio	Installation sag (m)	Installation tensile (N)	Weather load tensile (N)	Weather load sag (m)	Weather load sag ratio
Max. wind speed: 26.67m/s ice: 0	50	1.00%	0.5	183	597	1.13	2.26%
Max. wind speed: 26.67m/s ice: 0	80	1.50%	1.2	195	768	2.25	2.82%
Max. wind speed: 10.7m/s ice: 6.35mm	50	1.00%	0.5	183	659	1.23	2.45%
Max. wind speed : 37m/s ice: 0	30	0.60%	0.18	183	600	0.63	2.13%

NOTE

The Aerial span depends on the installation and weather conditions. This table is for calculation reference. If the installation conditions exceed this table, please request Huawei technical support.

Connector Optical Specifications

Connector type	Dual-end QuickConnect MPO/APC
Insertion loss	Max. \leq 0.35 dB
Return loss	\geq 60 dB
Pull	Load: 300 N Duration: 120s
Tensile strength of coupling mechanism	Load: 300 N Duration: 120s
Fall	Drop height: 1.5 m Number of drops: 10 for each plug
Static side load	Load: 50 N Duration: 1 h
Water proof	IP68 (3m 7days)

Remark: The IL in the table is only refer to the IL (connector). The product IL must contain the connector IL and fiber cable IL, IL all \approx 2 x IL (connector) + IL (1 km cable IL)/1000 x L (cable length).

Fiber Specifications

Fiber mode	Single mode
Fiber type	ITU G657A1
Maximum attenuation	1310 nm 0.35 dB/km 1550 nm 0.22 dB/km
Color code	1-12: Blue, Orange, Green, Brown, Gray, White, Red, Black, Yellow, Violet, Pink, Turquoise

Standards

Test standard	IEC61753-1
RoHS 2.0	Compliant

Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2021. All rights reserved.

No part of this document may be reproduced or transmitted in any form or by any means without prior written consent of Huawei Technologies Co., Ltd.

Trademarks and Permissions

 HUAWEI and other Huawei trademarks are trademarks of Huawei Technologies Co., Ltd.

All other trademarks and trade names mentioned in this document are the property of their respective holders.

Notice

The purchased products, services and features are stipulated by the contract made between Huawei and the customer. All or part of the products, services and features described in this document may not be within the purchase scope or the usage scope. Unless otherwise specified in the contract, all statements, information, and recommendations in this document are provided "AS IS" without warranties, guarantees or representations of any kind, either express or implied.

The information in this document is subject to change without notice. Every effort has been made in the preparation of this document to ensure accuracy of the contents, but all statements, information, and recommendations in this document do not constitute a warranty of any kind, express or implied.

Huawei Technologies Co., Ltd.

Address: Huawei Industrial Base Bantian,
Longgang Shenzhen 518129 People's
Republic of China

Website: www.huawei.com

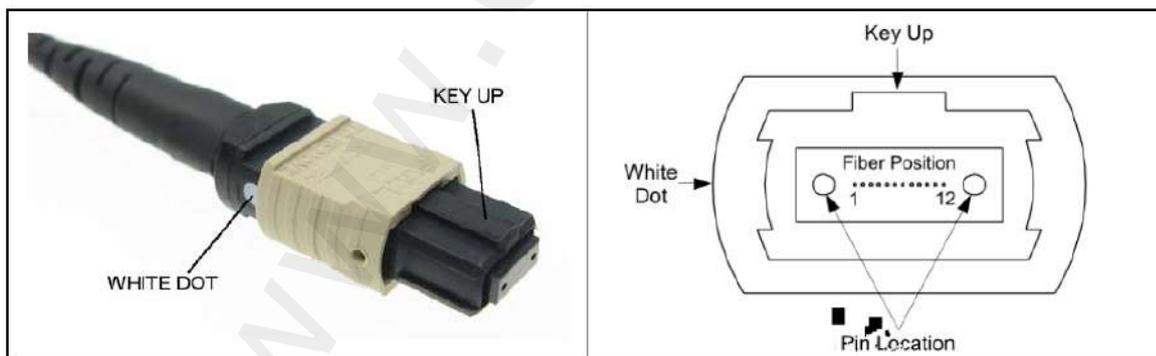
SINGLE MODE FIBER OPTIC CABLE MPO / MTP 12 FIBER OS2 TYPE B

MTP MPO optic fiber connector design allows the use of a flat die and optical cable which enables a very high density translates directly into cost savings due to reduced hardware requirements and actual optical space telecommunications nodes and datacenters.

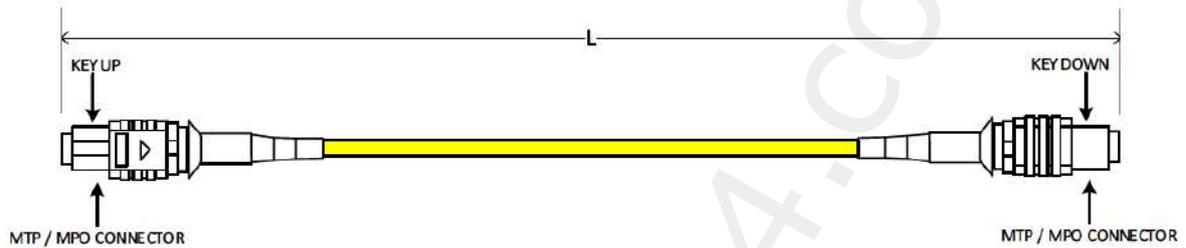


CHARACTERISTICS:

- Fiber type:** OS2 9/125
- Fibres:** 12
- Polarity:** Type B
- Polish:** APC
- Typical insertion loss (IL):** $\leq 0,25$ dB
- Maximum insertion loss (IL):** $\leq 0,55$ dB
- Return loss (RL):** ≥ 65 dB
- Operating temperature:** -40 to 80°C
- Durability:** 500 cycles
- Approvals:** EC61754-7, TIA/EIA 604-5
- Length:** Custom cable length can be quoted.



**SINGLE MODE FIBER OPTIC CABLE MPO / MTP
12 FIBER OS2 TYPE B**



TYPE B POLARITY

SIDE 1 FIBER	SIDE 2 FIBER
1	12
2	11
3	10
4	9
5	8
6	7
7	6
8	5
9	4
10	3
11	2
12	1

Fully inspected and tested by a qualified technician. Test results bagged and shipped with product.



Corning® SMF-28® Ultra Optical Fiber

Product Information



Corning® SMF-28® Ultra optical fiber was the first to market to combine the benefit of industry-leading attenuation and improved macrobending performance while maintaining compatibility with the existing installed fiber base. This full-spectrum all-in-one fiber is advantaged for operation in fiber to the home (FTTH), mobile, access, metro, regional and long haul networks. SMF-28 Ultra fiber has bend performance that exceeds Recommendation ITU-T G.657.A1, and is compatible and fully compliant with Recommendation ITU-T G.652.D.

Optical Specifications

Maximum Attenuation

Wavelength (nm)	Maximum Value* (dB/km)
1310	≤ 0.32
1383**	≤ 0.32
1490	≤ 0.21
1550	≤ 0.18
1625	≤ 0.20

*Alternate attenuation offerings available upon request.

**Attenuation values at this wavelength represent post-hydrogen aging performance.

Attenuation vs. Wavelength

Range (nm)	Ref. λ (nm)	Max. α Difference (dB/km)
1285 – 1330	1310	0.03
1525 – 1575	1550	0.02

The attenuation in a given wavelength range does not exceed the attenuation of the reference wavelength (λ) by more than the value α .

Macrobend Loss

Mandrel Radius (mm)	Number of Turns	Wavelength (nm)	Induced Attenuation* (dB)
10	1	1550	≤ 0.50
10	1	1625	≤ 1.5
15	10	1550	≤ 0.05
15	10	1625	≤ 0.30
30	100	1625	≤ 0.1

*The induced attenuation due to fiber wrapped around a mandrel of a specified radius.

Point Discontinuity

Wavelength (nm)	Point Discontinuity (dB)
1310	≤ 0.05
1550	≤ 0.05

Cable Cutoff Wavelength (λ_{cc})

$\lambda_{cc} \leq 1260$ nm

Mode Field Diameter

Wavelength (nm)	Mode Field Diameter (μ m)
1310	9.2 ± 0.4
1550	10.4 ± 0.5

Dispersion

Wavelength (nm)	Dispersion Value [ps/(nm·km)]
1550	≤ 18
1625	≤ 22

Zero Dispersion Wavelength (λ_0): 1304 nm ≤ λ_0 ≤ 1324 nm
Zero Dispersion Slope (S_0): ≤ 0.092 ps/(nm²·km)

Polarization Mode Dispersion (PMD)

	Value (ps/√km)
PMD Link Design Value	≤ 0.04*
Maximum Individual Fiber PMD	≤ 0.1

*Complies with ITU-T G.650-2 Appendix IV, (m = 20, Q = 0.01%), August 2015.

The PMD link design value is a term used to describe the PMD of concatenated lengths of fiber (also known as PMD₀). This value represents a statistical upper limit for total link PMD. Individual PMD values may change when fiber is cabled.

ColorPro® Identification Technology

SMF-28 Ultra fiber is also available in colored and ringmarked variants, enabled by ColorPro® identification technology. Corning fibers with ColorPro® identification technology deliver better efficiency in cable manufacturing, simplify inventory management, and leverage an enhanced fiber product offering.

How to Order

Contact your sales representative, or call the Optical Fiber Customer Service Department:
Ph: 1-607-248-2000 (U.S./Can.)
+44-1244-525-320 (Europe)
Email: cofic@corning.com
Please specify the fiber type, attenuation, and quantity when ordering.



Dimensional Specifications

Glass Geometry

Fiber Curl	≥ 4.0 m radius of curvature
Cladding Diameter	125.0 ± 0.7 μm
Core-Clad Concentricity	≤ 0.5 μm
Cladding Non-Circularity	≤ 0.7%

Coating Geometry

Coating Diameter	242 ± 5 μm
Coating-Cladding Concentricity	< 12 μm

Environmental Specifications

Environmental Test	Test Condition	Induced Attenuation 1310 nm, 1550 nm, and 1625 nm (dB/km)
Temperature Dependence	-60°C to +85°C*	≤ 0.05
Temperature Humidity Cycling	-10°C to +85°C up to 98% RH	≤ 0.05
Water Immersion	23°C ± 2°C	≤ 0.05
Heat Aging	85°C ± 2°C	≤ 0.05
Damp Heat	85°C at 85% RH	≤ 0.05

Operating Temperature Range: -60°C to +85°C

*Reference temperature = +23°C

Mechanical Specifications

Proof Test

The entire fiber length is subjected to a tensile stress ≥ 100 kpsi (0.69 GPa). Higher proof test levels are available.

Length

Fiber lengths available up to 50.4 km/spool.

Performance Characterizations

Characterized parameters are typical values.

Core Diameter	8.2 μm
Numerical Aperture	0.14 NA is measured at the one percent power level of a one-dimensional far-field scan at 1310 nm.
Effective Group Index of Refraction (n_{eff})	1310 nm: 1.4676 1550 nm: 1.4682
Fatigue Resistance Parameter (n_d)	20
Coating Strip Force	Dry: 0.6 lbs. (3 N) Wet, 14-day room temperature: 0.6 lbs. (3 N)
Rayleigh Backscatter Coefficient (for 1 ns Pulse Width)	1310 nm: -77 dB 1550 nm: -82 dB

Dual-end FastConnect Distribution Cable Datasheet

Building an Efficient Fiber Infrastructure.

Overview

The FastConnect distribution cable adopts a double locked anti-vibration design, achieving fast deployment, high network reliability, and durability.

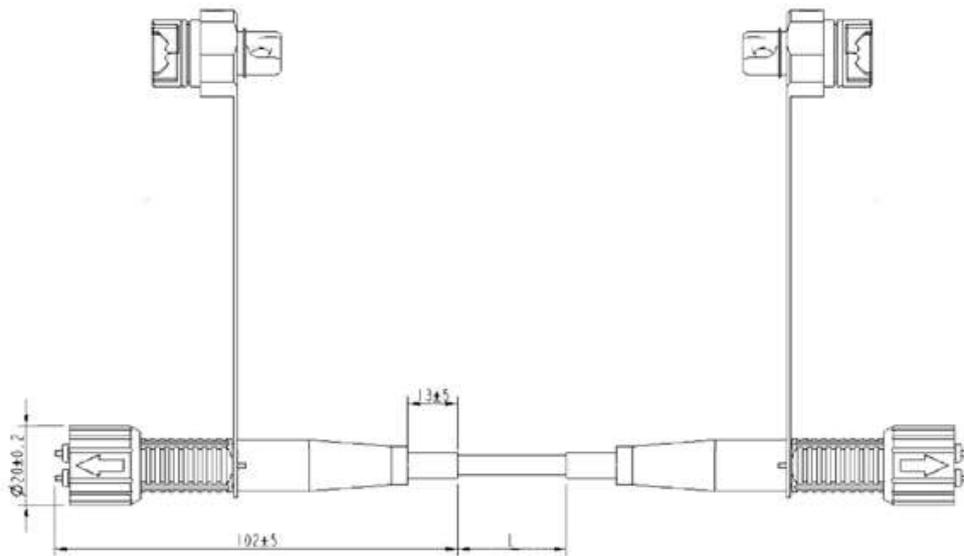
Features & Benefits

- Fast deployment, plug and play.
- Double locked anti-vibration design.
- High long-term reliability, suitable for a variety of extreme environmental use, anti-UV aging and acid-base salt corrosion.
- Low plug-loss pre-connector design, plug-loss mean is less or equal to 0.1.
- All-media non-metallic self-supporting optical cable, light quality, excellent pull-resistant performance.
- Fiber optical cable materials use environmentally friendly materials to meet ROHS standards.
- The IP rating meets IP68 requirements.
- The connector is fixed by rotation and locking, Easy to install and uninstall.
- The connector is uniquely coded to traces raw material batches and production processes.
- The anti-pull force of the connector can reach 800 N, effectively ensuring the quality of optical cable construction.

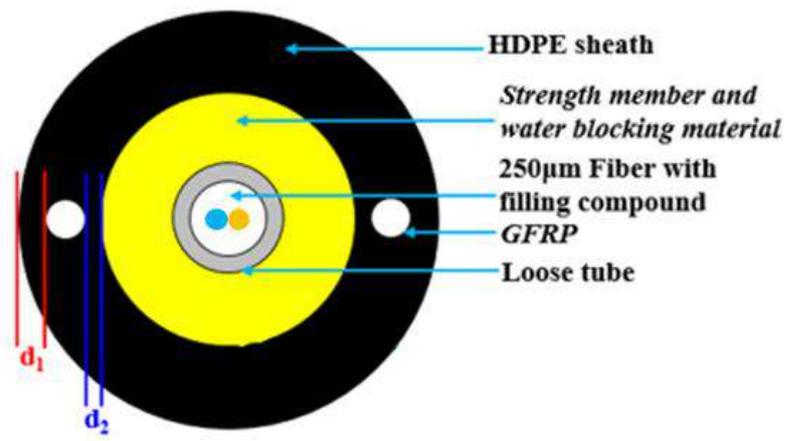
Structure

FastConnect Distribution Cable





Cable Cross Section



Specifications

Dimensions and Descriptions of Cable Constructions

Fiber	Fiber count	2
	Color	Blue, Orange
	Diameter	250 μ m
Loose tube	Material	PBT
	Color	White
	Diameter	1.5 \pm 0.1 mm
	Thickness	\geq 0.25mm

	Circularity error	≤ 10%
Water blocking material	In loose tube	Filling compound
	Out of loose tube	Water blocking fiber glass
Strength member	Aramid yarn	≥4*1610 dtex
	Water blocking fiber glass	1.Recommended high modulus material; 2.Recommended content: ≥8*12000 dtex;
	GFRP with glue	Diameter without glue: 0.50±0.10 mm
Outer Sheath	Material	HDPE(Black)
	Thickness	≥1.1 mm
Cable diameter		5.2±0.2 mm

Connector Optical Specifications

Fiber count	2
Fiber type	G.657A2
Connector 1 type	Outdoor DLC/APC
Connector 2 type	Outdoor DLC/APC
Cable outer diameter	5.2 mm ± 0.2 mm

Insertion loss and Return loss

Item	Connector 1(Outdoor DLC/APC)	Connector 2(Outdoor DLC/APC)
Insertion loss (Max)	0.3dB	0.3dB
Average insertion loss(Max)	0.1dB	0.1dB
Return loss (Min)	60dB	60dB

Mechanical Performance of Cable

Type	Tensile Force (N)		Crush (N/100 mm)	
	Ultimate operation strength (UOS)	Maximum allowed tension(MAT)	Short term	Long term
GYFXTY-1G.657A2	1350	800	2200	1100

Environmental Parameters

Allowed maximum span(m)	80
Degree of ice suspension(mm)	0
Wind speed(m/s)	26.67
Installation sag(%)	1.5%/1.2m
Transportation and storage temperature	-25°C to +60°C
Installation environment	-10°C to +60°C

Operating temperature	-40°C to +70°C
------------------------------	----------------

Optical Fiber in cable

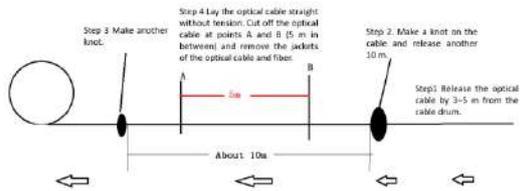
Optical properties of the SM fiber are achieved through a germanium doped silica based core with a pure silica cladding which meets ITU-T G.657, UV curable acrylate protective coating is applied over the glass cladding to provide the necessary maximum fiber lifetime.

Geometrical, optical, and mechanical characteristics of fiber in cable as the following table:

Category	Description	Specification	
		Before cable	After cable
Geometrical Characteristics	Cladding diameter	124.8 ± 0.2 μm(≥97%)	
	Cladding diameter typical	124.8μm	
	Cladding diameter min	124.5μm	
	Cladding diameter max	125.1μm	
	Cladding non-circularity	≤ 1.0 %	
	Coating diameter	245± 10 μm(Before Colored) 250 ± 15 μm (Colored)	
	Fiber curl (Radius)	≥ 4 m	
	Core concentricity error	≤ 0.25 mm	
Optical Characteristics	Mode field diameter at 1310 nm	8.6-8.8 ± 0.4μm	
	Mode field diameter at 1550 nm	9.6-9.8 ± 0.5 μm	
	Point discontinuity	≤ 0.05dB	
	Attenuation at 1310 nm	≤ 0.35 dB/km	≤ 0.36 dB/km
	Attenuation at 1383 nm	≤ 0.35 dB/km	≤ 0.36 dB/km
	Attenuation at 1550 nm	≤ 0.21 dB/km	≤ 0.22 dB/km (90%) ≤ 0.23 dB/km (100%)
	Attenuation at 1625 nm	≤ 0.23 dB/km	≤ 0.24 dB/km (90%) ≤ 0.26 dB/km (100%)
	Dispersion in 1288 - 1339 nm	≤ 3.5 ps/(nm·km)	
	Dispersion in 1271 – 1360 nm	≤ 5.3 ps/(nm·km)	
	Dispersion at 1550 nm	≤ 18 ps/(nm·km)	
	Dispersion at 1625 nm	≤ 23 ps/(nm·km)	
	Zero dispersion wavelength	1300 – 1324 nm	
	Zero dispersion slope	≤ 0.092 ps/(nm ² ·km)	
	Cable cut-off wavelength	≤ 1260 nm	
	Polarization mode dispersion	≤ 0.2 ps/√km	

	individual fiber	
	Polarization mode dispersion design link value (M=20, Q=0.01%)	≤ 0.08 ps/√km
	Macro-bend loss (10 turns, 15mm radius,)	≤0.03 dB at 1550nm ≤ 0.1 dB at 1625nm
	Macro-bend loss (1 turns, 10mm radius,)	≤ 0.1 dB at 1550nm ≤ 0.2 dB at 1625nm
	Macro-bend loss (1 turns, 7.5mm radius,)	≤ 0.5 dB at 1550nm ≤ 1.0 dB at 1625nm
	Mating with G.652D cable	There will be 30 (Thirty) Mergers. Take 20m Fiber for each Joint. A maximum value of attenuation splicing <0,25dB for both directions is ensured, the measurement will take place bidirectionally and the attenuation average value will be calculated.
Mechanical Specification	Proof stress level	≥150kpsi (1.03 GPa)
	Dynamic fatigue parameter (Nd)	≥22
	Coating strip force(Average value)	1.0~5.0N
	Coating strip force(Peak value)	1.0~8.9N

Mechanical and Environmental Test Characteristics of Cable

Item	Test Method	Requirements
Abrasion resistance of optical fiber cable markings	IEC 60794-1-2 E2B Method 2. Load: 4N Number of cycles: 100	The marking shall be legible before and after test.
Fiber excess length	See the following picture, Measure the length of optical cable sheath and optical fiber and pay attention not to pull the optical cable forcibly during the whole process. 	Fiber length > cable sheath length
Tensile performance	IEC 60794-1-2-E1 Load: 800N(first) and 1350N(Second) Cable length under tension: Not less than 50m. Duration of load sustain: 60min for 800N firstly and 10min for 1350N secondly. Velocity of transfer device: 100 mm/min Diameter of chuck drums and transfer devices: 20 times cable diameter.	1. Elongation of the fiber must be ≤0.33% for 800N and ≤0.6% for 1350N, and reversible; 2. Variation of attenuation at the wavelength of 1550 nm, must be ≤ 0.05 dB and reversible.

	Pre-tension can't be applied for this test.		
Crush	IEC 60794-1-2-E3 Number of test: 5times, each separated 100 mm	Short term load: 2200N; Duration of load: 1min;	1. Variation of attenuation at the wavelength of 1550 nm, must be ≤ 0.05 dB after test; 2. No damage to the cable elements.
		Long term load: 1100N ; Duration of load: 10min;	1. Variation of attenuation at the wavelength of 1550 nm, must be ≤ 0.05 dB during and after test, and reversible; 2. No damage to the cable elements.
Impact	IEC 60794-1-2-E4; Striking surface Radius: 10mm; Impact energy: 3N.m; Number of impacts: at least 3, each separated at least 500 mm; Height:1m;	Temperature: 20°C	1. The increase in attenuation shall be ≤ 0.1 dB at 1550 nm after test; 2. No sheath breakage;
		Temperature:- 15°C	No fiber and sheath breakage;
Bend	IEC 60794-1-2-E11A Mandrel radius: 50mm Turns:4 Cycles:3		1. No damage to cable elements after test. 2. Change in attenuation at 1550nm shall be ≤ 0.05 dB during the test.
Repeated bending	IEC 60794-1-2, method E6 Bending radius: 20 D. Load: 40N. Number of cycles: 25 cycles Duration of cycle: Approximately 2 s.		1. There shall be no damage to the sheath and cable elements with visual examination; 2. Change in attenuation at 1550nm shall be ≤ 0.1 dB during the test.
Cable torsion	IEC 60794-1-2-E7; Cycles:5; Distance between fixed and rasion clamp:1m; Turns: $\pm 180^\circ$; Load: 25N;		1. No damage to cable elements after test. 2. Change in attenuation at 1550nm shall be ≤ 0.1 dB during the test.
Temperature cycling	IEC 60794-1-2-F1; The cable length under test shall be ≥ 1000 m; Temperature range : $-40^\circ\text{C}\sim 70^\circ\text{C}$; Duration of extreme temperature: 12h; Number of cycles: 2 Backscattering measurements are made at wavelengths of 1310nm and 1550nm;		1. The change of fiber attenuation coefficient $\Delta\alpha \leq 0.1$ dB/km at 1550nm between -40°C to $+70^\circ\text{C}$. 2. $\Delta\alpha$ reversible after test.
Temperature cycling for loose winding	IEC 60794-1-2-F1; The cable length under test shall be greater than or equal to 50 m; Temperature range : $-40^\circ\text{C}\sim 70^\circ\text{C}$; Duration of extreme temperature: 12h; Number of cycles: 2 Loose winding (without drum) inner diameter is 30cm.		$\Delta\text{IL} \leq 0.1$ dB at 1550nm between -40°C to $+70^\circ\text{C}$.
Water penetration	IEC 60794-1-2-F5B Duration: 24h		No water leakage.

	<p>Sample length:3m</p> <p>A watertight seal shall be applied to one end of the sample to allow a 1 m height of water to be applied.</p> <p>A fluorescent solution shall be used and the examination shall be made using ultraviolet light.</p>		
Compound flow	<p>IEC 60794-1-21-E14</p> <p>Temperature: +80°C</p> <p>Sample count:5</p> <p>Time:24h</p> <p>Sample length:200±5 mm,</p> <p>Remove length: 100±2.5 mm,</p> <p>Remove all remaining non-intrinsic cable elements for a length of 80 mm ±2.5mm from the same cable end.</p>	No filling compound dripped.	
Sheave Test	<p>1.Test method: IEC 60794-1-2, IEC 60794-4-20;</p> <p>2.Tension load: 280N;</p> <p>3.Pulley diameter: ≤40 times cable diameter;</p> <p>4.The number of cycles: 60(forward and reverse one cycle);</p>	<p>1. There shall be no damage to the sheath or to the cable elements with visual examination;</p> <p>2. Elongation of fiber must be less than or equal to 0.2%, and reversible;</p> <p>3. The variation in attenuation for each fiber shall be ≤0.10dB at 1550nm during the test;</p>	
Humidity reliability test	<p>Test method: Huawei requirements</p> <p>Temperature: 75°C</p> <p>Relative humidity: 95%</p> <p>Duration of test: 1000 h</p>	<p>1. There shall be no damage to the optical cable under visual inspection.</p> <p>2. The variation in attenuation for each fiber shall be ≤0.10dB at 1550nm during the test;</p>	
Matching test requirement for optical cable and fitting (mechanical and environment test)			
Mechanical test (15°C~35°C, RH 25%~75%)	Tensile test	<p>1. Fixing cable with fitting;</p> <p>2. Monitoring the insertion loss during test;</p> <p>3.Tension load on the fitting: 800N;</p> <p>4. Duration of load sustain: 60min;</p>	<p>1. Cable slippage does not exceed 5mm;</p> <p>2. Fittings and cables have not been damaged or deformation.</p>
	Creep Test	<p>1. Test method: IEC 61395, IEC 60794-4-20;</p> <p>2. Use a fitting to tighten the ends of the cable, recording the elongation of the cable at an appropriate interval(e.g. 10m);</p> <p>3. Tensile tension: 350N;</p> <p>4. Test time: 1000h;</p>	<p>1. The insertion loss of fiber has no change during and after test;</p> <p>2. There shall be no damage to the sheath or cable elements with visual examination;</p>
	Aeolian Vibrations Test	<p>1. Test method: IEC 60794-4-20;</p> <p>2. Frequency of vibration: 60 Hz ± 10Hz;</p> <p>3. Test tension: 350N;</p> <p>4. Number of cycles: 10⁸;</p> <p>5. The cable should be terminated with the recommended dead end and suspension fittings.</p>	<p>1. Under visual examination without magnification there shall be no damage to the sheath or to the cable elements.</p> <p>2.The variation on attenuation after the test shall be no greater than 0.1 dB at 1550 nm;</p>

Environment test	Tensile test with constant temperature and humidity	1.Installing the cable on the fitting, recording the position mark and placing it in the thermostat; 2.Temperature: 60°C, Relative humidity: 85%; 3.Test tension: 280N; 4.Test time: 24h;	1. Cable slippage does not exceed 5mm; 2. No fiber and sheath breakage; 3. Fittings and cables have not been damaged or deformation.
Other parameters	According to IEC 60794 , DL/T 788-2016		

 **NOTE**

"No attenuation changes" is considered as the attenuation changes ≤ 0.05 dB.

Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2020. All rights reserved.

No part of this document may be reproduced or transmitted in any form or by any means without prior written consent of Huawei Technologies Co., Ltd.

Trademarks and Permissions

 HUAWEI and other Huawei trademarks are trademarks of Huawei Technologies Co., Ltd.

All other trademarks and trade names mentioned in this document are the property of their respective holders.

Notice

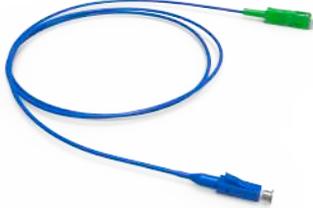
The purchased products, services and features are stipulated by the contract made between Huawei and the customer. All or part of the products, services and features described in this document may not be within the purchase scope or the usage scope. Unless otherwise specified in the contract, all statements, information, and recommendations in this document are provided "AS IS" without warranties, guarantees or representations of any kind, either express or implied.

The information in this document is subject to change without notice. Every effort has been made in the preparation of this document to ensure accuracy of the contents, but all statements, information, and recommendations in this document do not constitute a warranty of any kind, express or implied.

Huawei Technologies Co., Ltd.

Address:Huawei Industrial Base Bantian,
Longgang Shenzhen 518129 People's
Republic of China

Website:www.huawei.com



PATCH CORD ÓPTICO MONOFIBRA

Descripción	Cordón óptico montado, es el cable óptico monofibra con conectores ópticos en las dos extremidades.
Aplicación	Atiende aplicaciones conforme estándares IEEE 802.3 (Gigabit y 10 Gigabit Ethernet), ANSI T11.2 (Fibre Channel) y ITU-T-G-984.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Recomendado para utilización en ambientes internos en la interconexión de distribuidores ópticos con equipamientos de red en sistemas ópticos de bajas pérdidas y alta banda pasante, como: sistemas de larga distancia, redes principales, distribución y transmisión de datos y vídeo; - Supera los requisitos de desempeño del estándar ANSI/TIA-568-D.3; - Montado y testado 100% en fábrica; - Alto desempeño en pérdida de inserción y pérdida de retorno; - Disponible en fibras monomodo y multimodo.
Ambiente de Instalación	Interno
Ambiente de Operación	No agresivo
Temperatura de Operación (°C)	-25°C a 75°C
Diámetro nominal (mm)	2.0mm o 3.0mm
Longitud	1.0m, 1.5m, 2.0m, 2.5m, 3.0m, 5.0m, 8.0m, 10.0m, 12.0m, 15.0m, 20.0m, 25.0m, 30.0m, 35.0m, 40.0m, 50.0m y 100.0m. * Longitudes adicionales disponible bajo consulta.

Color	Fibra	TIA 568 - C	ABNT
	Monomodo (G-657A2)	Blanco o Amarillo	Blanco o Azul
Multimodo OM1 (62,5µm)	Naranja	Naranja	
Multimodo OM2 (50µm)	Naranja	Amarillo	
Multimodo OM3 (50µm)	Acqua	Acqua	
Multimodo OM4 (50µm)	Acqua	Acqua	

Tipo de Cable	Cordón Óptico Tight Monofibra: totalmente dieléctrico constituido por una fibra óptica del tipo multimodo o monomodo, con revestimiento primario en acrilato y revestimiento secundario en material termoplástico. Sobre el revestimiento secundario son colocados elementos de tracción dieléctricos y capa en material termoplástico no propagante a la llama.
---------------	---

Tipo de Conector

- LC
- SC
- ST
- FC

Para mayor información, por favor consulte: **ET03770 - Desempeño de Conectores Ópticos

Tipo de la Fibra

- Monomodo G.657-A2 (9.0µm)
- Multimodo OM1 (62.5µm)
- Multimodo OM2 (50.0µm)
- Multimodo OM3 (50.0µm)
- Multimodo OM4 (50.0µm)

Tipo de Pulido

- PC (UPC) - Fibras Multimodo y Monomodo
- APC - Fibras Monomodo

Grado de Flamabilidad

LSZH - Low Smoke and Zero Halogen

Carga Máxima Permisible (N)

100N

Curva Mínima (mm)

Fibra SM BLI G.657-A2: 15mm
Fibras SM G.652: 50mm
Fibras MM: 60mm

Tracción de Rotura Mínima (N)

200 N - Cordón Monofibra

Grabación

"FURUKAWA COA - V- MF - Y - Z W OPTICAL CORD mes/año LOTE nL YAAMMDDHHmm"

donde:

V = tipo de fibra óptica

- SM (fibra monomodo)
- BLI-A/B (fibra "*bending loss insensitive*")
- NZD (Non-Zero Dispersion)
- MM (fibra multimodo)

Y = diámetro del cordón

- 18 cordón con diámetro 1.8mm
- 20 cordón con diámetro 2.0mm
- 29 cordón con diámetro 2.9mm

Z = grado de protección contra llama

W = descripción del tipo de fibra óptica

FTTA

mes/año = fecha de fabricación

nL = número de lote de producción

YAAMDDHHmm = Trazabilidad

(Y=Proceso de fabricación; AA=Año; MM=Mes; DD=Día; HH=Hora; mm=Minuto)

Lote Mínimo 1 caja, para la longitud estándar enumerada en el campo de longitud

Compatibilidad Toda la línea FCS

Cantidad por caja (gift)	D2.0		D3.0	
	Hasta 3.0m	25	15	
5.0m:	20	12		
8.0m:	15	8		
10.0m:	12	6		
12.0m y 15.0m:	10	4		
20.0m:	8	3		
25.0m:	6	3		
30.0m y 35.0m:	5	2		
40.0m:	4	1		
50.0m:	3	1		

Garantía 12 meses

Norma

ISO 8877 - Information Technology - Telecommunications and information exchange between systems - Interface connector and contact assignments for ISDN basic access interface located at reference points S and T

ANSI/TIA-568-C.1 - Comercial Building Telecommunications Cabling Standard - General Requirements

ANSI/TIA-568-C.3 - Optical Fiber Cabling Components Standard

ANSI/ICEA S-83-596 Standard for Indoor Optical Fiber Cable

IEC 60332-3 Test on Electric Cables Under Fire Conditions

IEC 60754-2 Acidity of Smoke

IEC 61034-2 Measurement of smoke density of cables burning under defined conditions

ISO/IEC 11.801 Ed.02 - Generic Cabling for Customer Premises

TIA-604-10 - FOCIS10 Fiber Optic Connector Intermateability Standard - Type LC

ITU-T G.657 Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable

ITU-T G.651 Characteristics of a 50/125 mm multimode graded index optical fibre cable

ABNT NBR 14106 - Cordão Óptico

ABNT NBR 14433 - Conectores de fibra óptica montados em mídias ópticas e adaptadores — Especificação

ABNT NBR 14565 - Cabeamento estruturado para edifícios comerciais

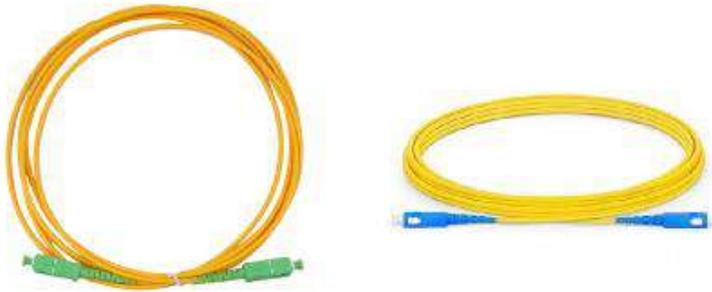
ABNT NBR 14771 - Cabo Óptico Interno - Especificação

RoHS Este producto está en conformidad con la Directiva Europea RoHS: una medida restrictiva al uso de metales pesados en la producción de los productos y relacionada a la preservación del medio ambiente

[Codificación](#)



Patch cords



Description:

FTTH Optical Patchcord Cable, with Connector pre-terminated at each end of the cable to make connection. The operator could directly plug the cable to the adapter without splicing in field, which will decrease the loss of the optical distribution network, as well as decrease the operation time in the subscriber end.

Features

- Good durability
- 100% connectors tested
- Good Repeat and exchangeability: >1000 times
- Delivery 100% passed products
- High-Temperature stability
- Low insertion loss and back reflection loss
- High Return Loss
- Superior Quality Standard PC/UPC/APC Polishing
- Comply with Standard: Telcordia GR-326-CORE, TIA/EIA, and IEC

Applications

Fiber Patch cords are used for connections to CATV (Cable Television), telecommunication networks, computer fiber networks, and fiber test equipment. Applications include communication rooms, FTTH (Fiber to The Home), LAN (Local Area Network), FOS (fiber optic sensor), Fiber Optic Communication System, Optical fiber connected and transmitted equipment, Defense combat readiness, etc.

Document No.		Approved by	Prepared by	Date	Rev	Page
Tech. Specifacaiton	GD/TD/439-2022	Xingguo Jiang	Zhiwei Zhen	2023-03-01	00	1 / 1



CATV network
Optical fiber communication systems
Optical fiber data transmission
Building network access
Cabling system, ODF
FTTX networks

Specification:

Connector	SC/APC, SC/UPC			
	PC (SM)	UPC (SM)	APC (SM)	MM
Polishing				
Return Loss (dB)	≥ 45	≥ 50	≥ 60	≥ 35
Wavelength	1310/1550nm			
Insertion Loss (dB)	≤ 0.2 (max ≤ 0.3)			
Repeatability (dB)	≤ 0.1			
Durability(1/Matings)	≥ 500			
Operation Temperature (° C)	-25~+70° C			
Tensile Strength (N)	≥ 90 (Φ 3.0), ≥ 70 (Φ 2.0), Φ 0.9			
Fiber Grade	G657A2			
Cable Diameter	3.0mm / 2.0mm			
Cable Jacket	LSZH			
Cores	Simplex			

Document No.	
Tech. Specifaciton	GD/TD/439-2022

Approved by	Prepared by	Date	Rev	Page
Xingguo Jiang	Zhiwei Zhen	2023-03-01	00	2 / 1

ANEXO IX

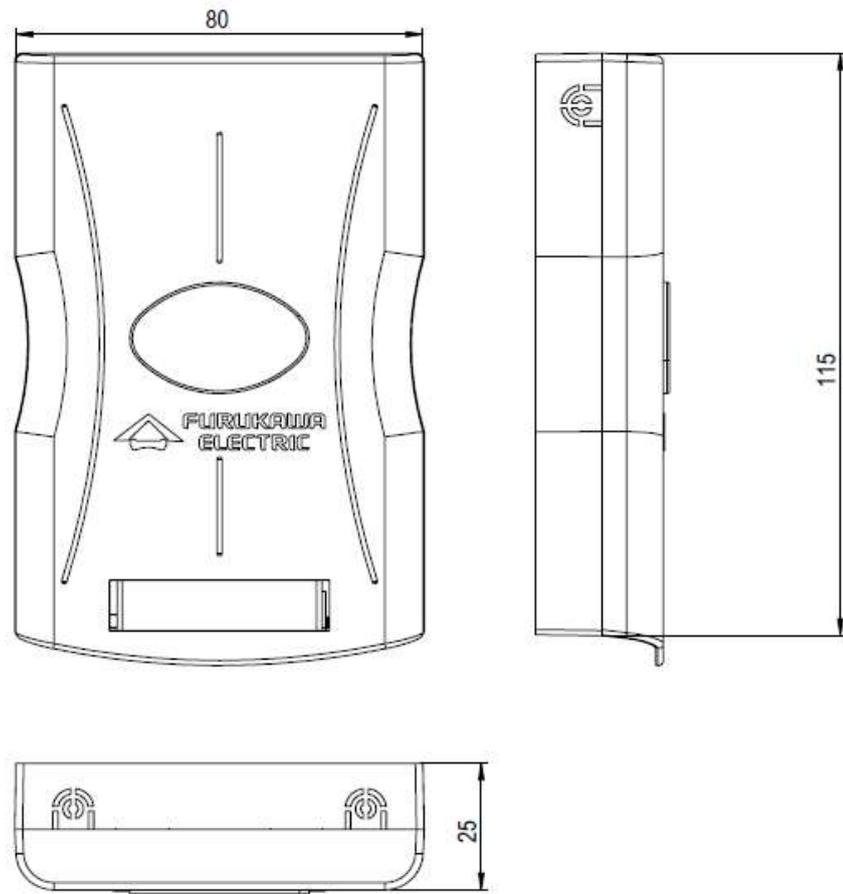


ROSETA ÓPTICA

Descripción	La roseta óptica actúa como un punto de terminación de la red óptica utilizando conectorización directa o empalme por fusión en una extensión pre-conectorizada (pigtail).
Aplicación	Aplicación en redes internas de FTTx.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Puede ser instalado en cualquier superficie vertical plana o sobre caja 4x2" embutida en pared; • Dimensionamiento compacto; • Manejo fácil, no necesita de herramientas especiales; • La reserva de fibra óptica queda dentro del producto; • Permite acomodación de protectores de empalme por fusión de 40mm o 60mm; • Capacidad para almacenar 20cm de cordón óptico con 3mm de diámetro; • Cinco accesos para entrada y salida de cables o cordones ópticos (patch cords): 2 inferiores, 1 superior, 1 lateral y 1 acceso en la tapa posterior; • Cumple con lo especificado en las recomendaciones de la norma IEC 61755-1; • La tapa es cerrada con un solo tornillo en acero inoxidable.
Ambiente de Instalación	Interno.
Ambiente de Operación	Interno.
Temperatura de Operación (°C)	-25 a 75°C.
Altura (mm)	115.
Ancho (mm)	80.
Profundidad (mm)	25.
Color	Blanco.
Tipo de Cable	Cable flat compacto.
Diámetro máximo del cable de entrada (mm)	5,8.
Tipo de la Fibra	Monomodo y multimodo

Tipo de Conector	SC o LC.
Material del Cuerpo del Producto	PC+ABS.
Protección de impacto	IK01.
Identificación	Etiqueta detrás de la tapa
Cantidad de Adaptadores	Possibilidades: 2 simplex SC; 1 duplex LC.
Cantidad de Empalmes	2.
Cantidad de Posiciones	Hasta 2 empalmes por fusión o mecánicas.
Accesorios Incluidos	04 cintas plásticas, 02 tornillos de fijación, 02 tornillos para cierre de la tapa.
Garantía	12 meses.
Compatibilidad	Cantidad de conectores de campo o extensiones: <ul style="list-style-type: none">o <ul style="list-style-type: none">• 1 conector de campo SC para cable drop flat (3x2mm o 2x1,6mm) o cable circular (3mm) + 1 extensión óptica SC o conector de campo SC para fibra aislada 0,9mm.o <ul style="list-style-type: none">• 2 conectores de campo SC para fibra aislada 0,9mm.o <ul style="list-style-type: none">• 2 extensiones SC o 1 LC duplex.
Norma	<ul style="list-style-type: none">• Grado de protección: IEC 60529;• Variación de temperatura: IEC 61300-2-22;• Telcordia GR-771.

Dibujo técnico



[Codificación](#)



► Roseta óptica con conectores SC/APC

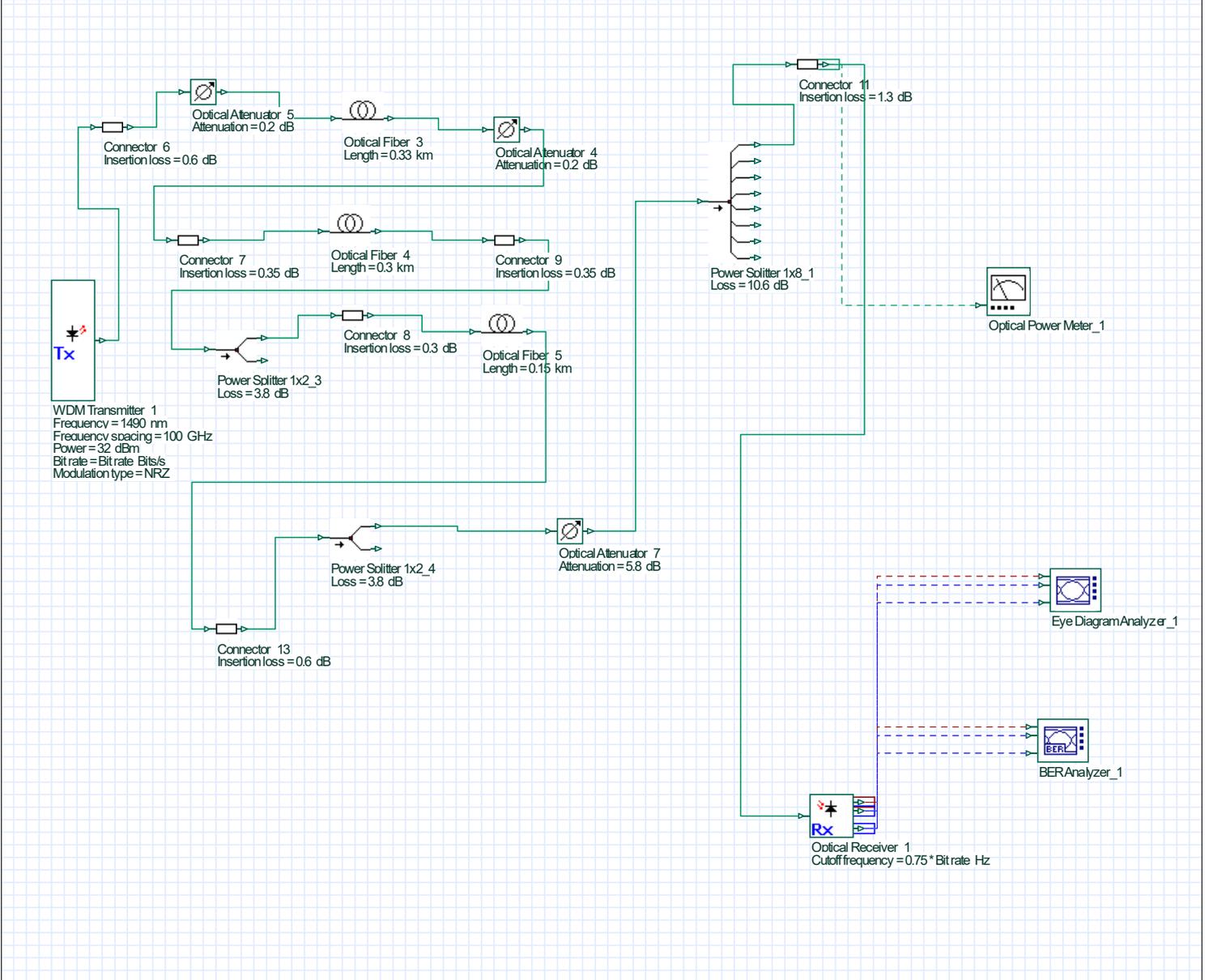
MODELO	ROSETA CON ADAPTER
MARCA	S/M
DESCRIPCIÓN	
<p>Esta roseta terminal, mide 82 x 105 x 22 mm, admite un cable de acometida de 3,1 x 2 mm o cable de interior y salida por adaptador para SC o FC (opcional). Sus características básicas: dos puertos de salida, una resistencia a la tracción de 50 N y un rango de temperatura operativa de -40 a +75 °C. Ideal para aplicaciones Fiber-to-the-Home (FTTh), se convierte en una magnífica solución para la acometida de abonados con fibra óptica.</p> <p>Como el resto de productos de la compañía, es un elemento indispensable para cualquier tipo de despliegue FTTh</p>	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
<ul style="list-style-type: none"> - Diseñadas para su fácil instalación y manipulación - La tapa se puede quitar completamente al estar sujeta por tornillos - Tamaño pequeño y flexible - 2 entradas - Dimensiones: 8.2cm X 10.5cm X 2.2cm 	

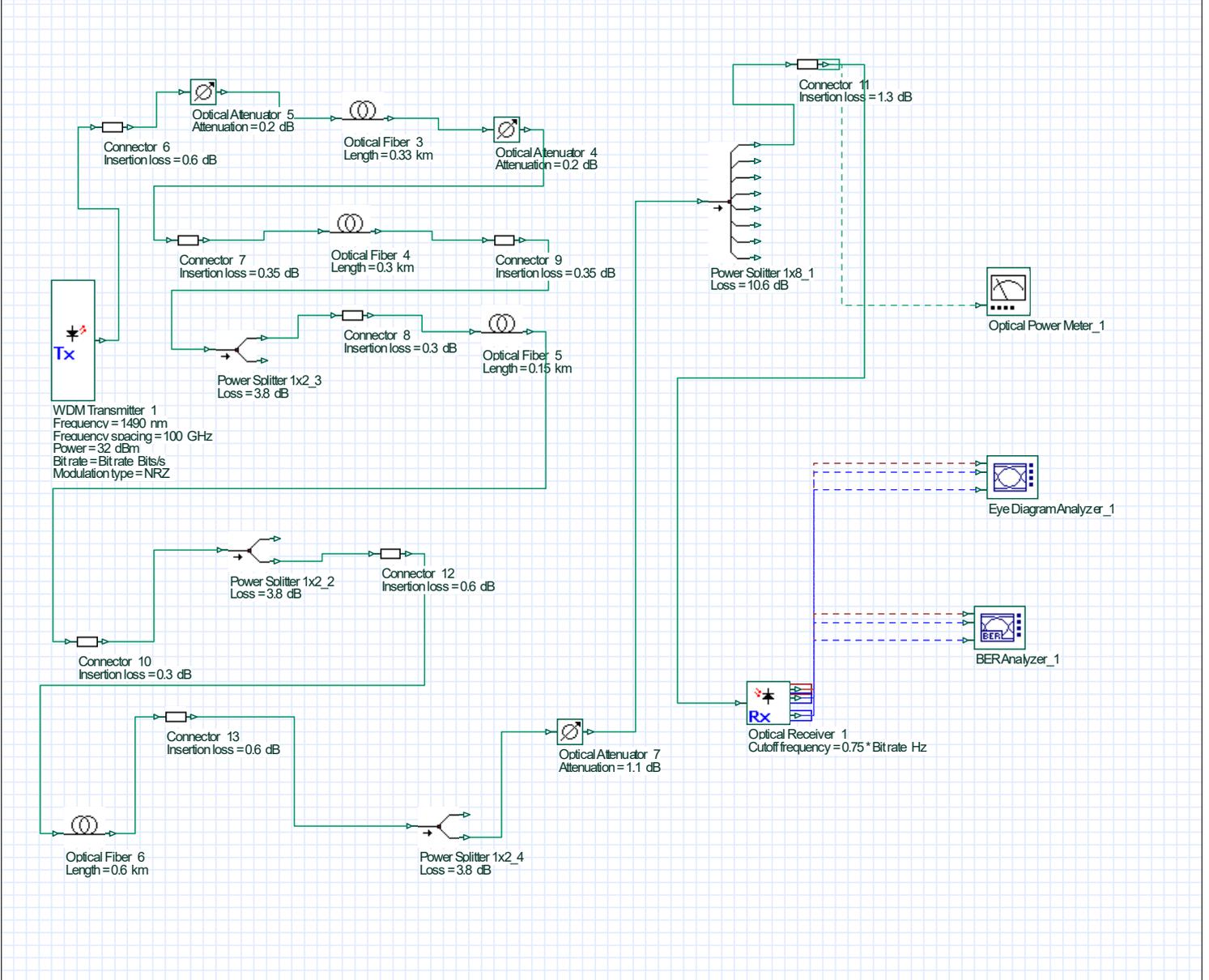


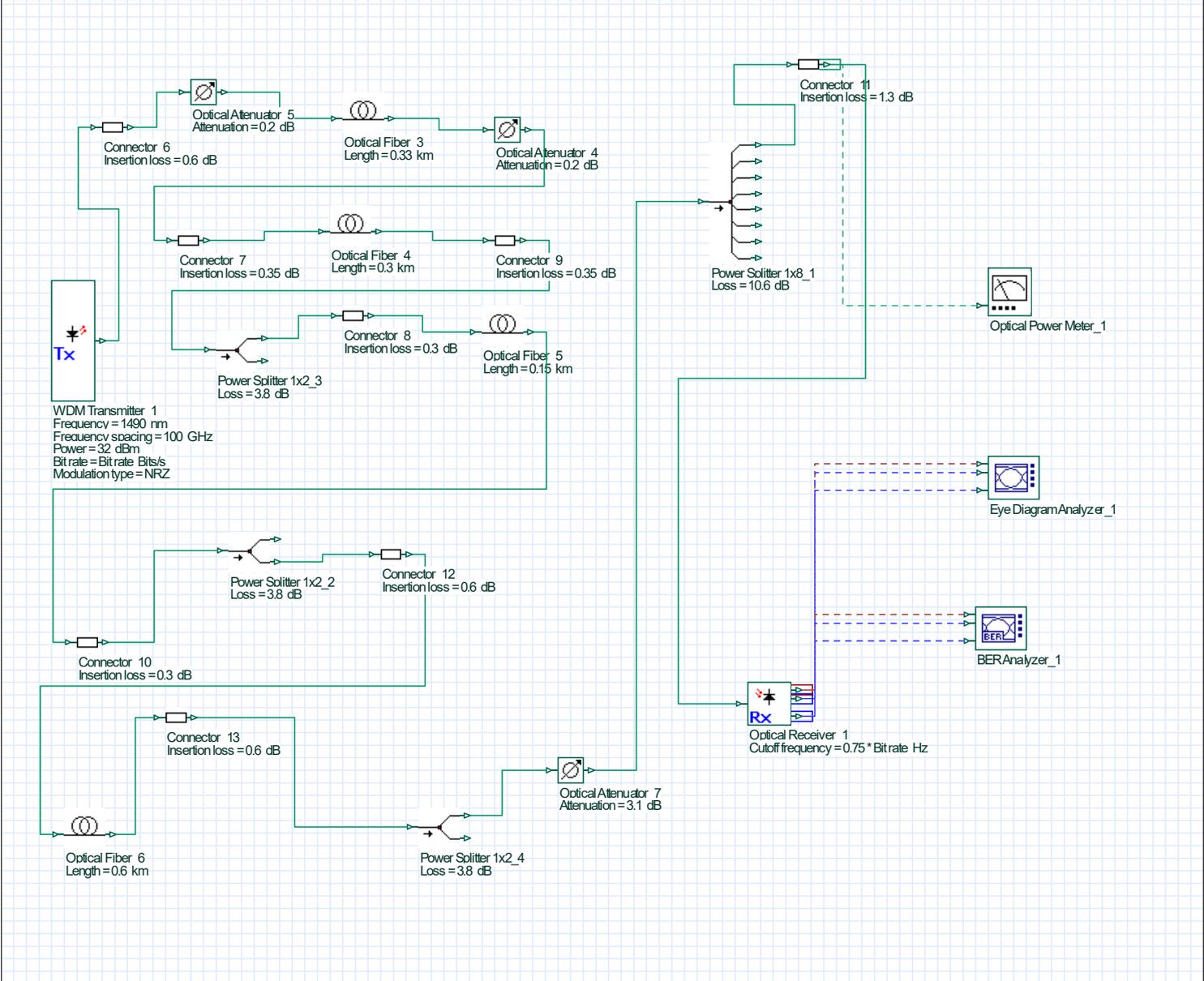
ANEXO X

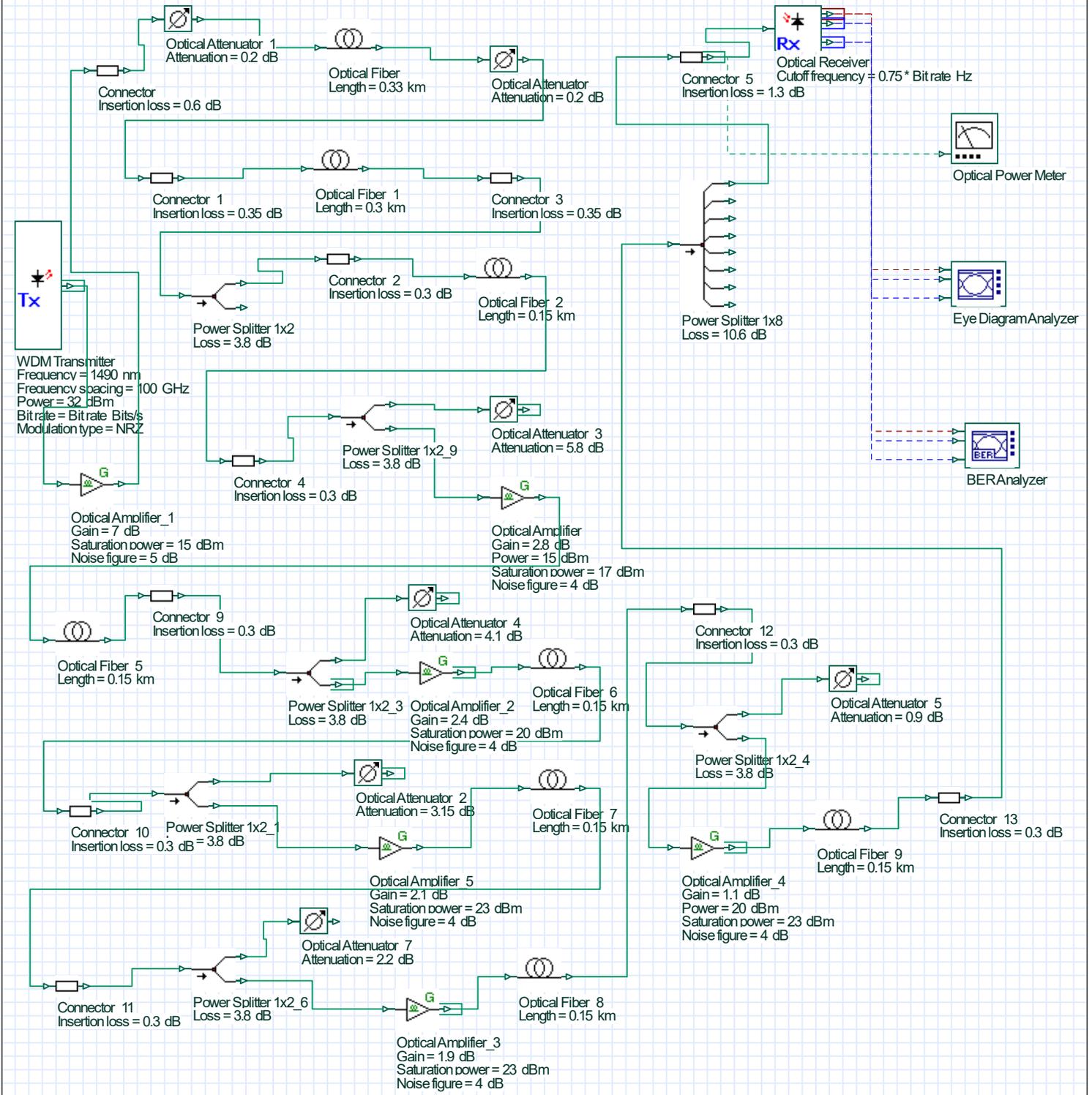
INVERSION INICIAL:	120698.69			
PRECIO CLIENTE:	70			
TOTAL CLIENTES:	192			
TASA INTERES ANUAL:	0.1629			
COSTO MENSUAL:	70			
AÑO	CLIENTES	INGRESO MENSUAL	INGRESO ANUAL	EGRESO(10% DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO)
0	0	0	0	120698.69
1	80	5600	67200	12069.869
2	90	6300	75600	12069.869
3	100	7000	84000	12069.869
4	110	7700	92400	12069.869
5	120	8400	100800	12069.869
AÑO	FLUJO DE CAJA(INGRESO-EGRESO)	FACTOR	ACTUAL	ACUMULADO
0	-120698.69	1	-120698.69	-120698.69
1	55130.131	1.16	47525.975	-73172.715
2	63530.131	1.34	47410.54552	-25762.16948
3	71930.131	1.56	46109.05833	20346.88886
4	80330.131	1.81	44381.28785	64728.1767
5	88730.131	2.1	42252.44333	106980.62
TIR	0.464993065			
PRI	2.558722525			
VNA	225770.3581			
VAN	105071.6681			

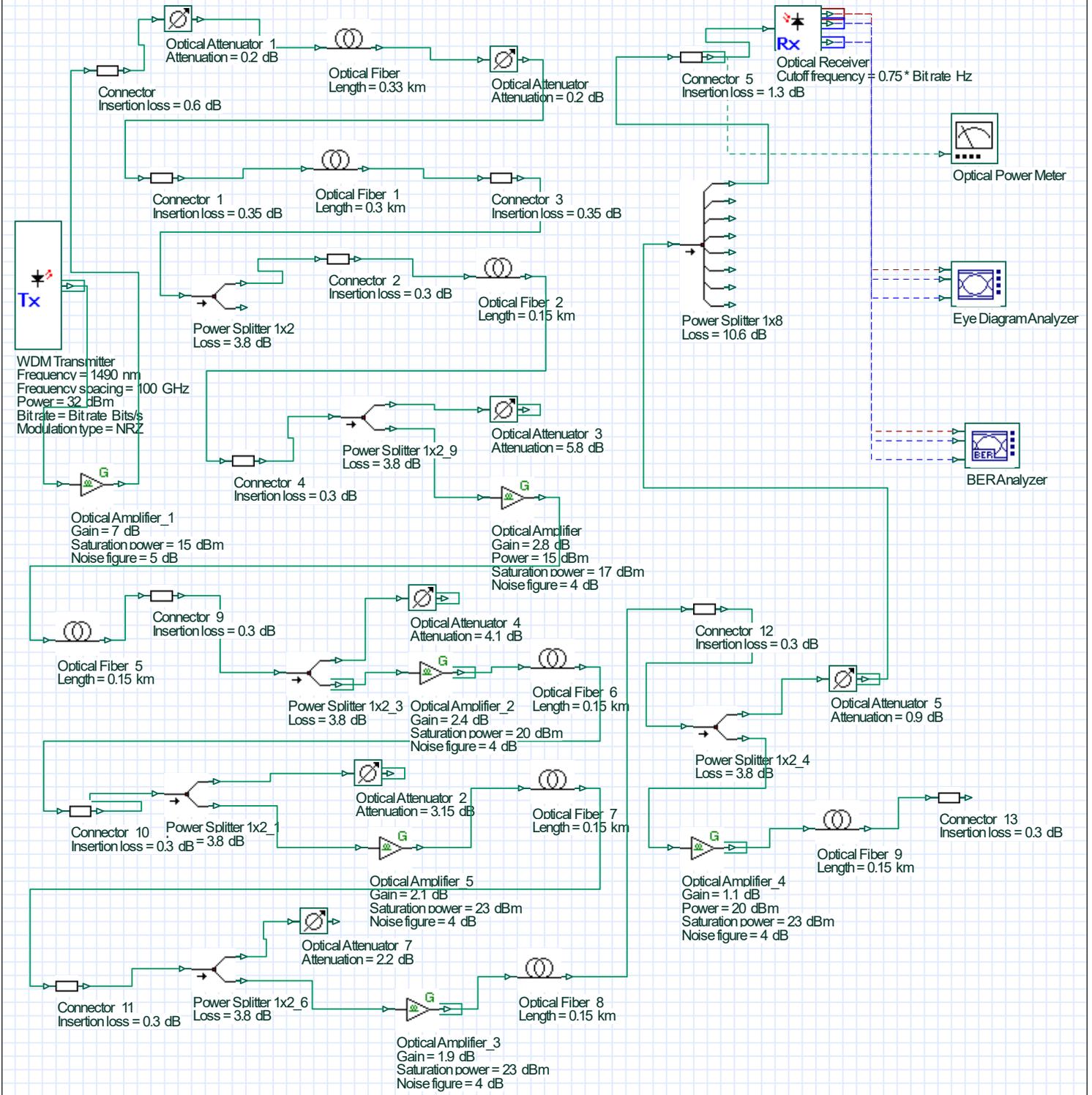
ANEXO XI











ANEXO XII

Costos y presupuestos - Tesis

Nro	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (S/.)	Total (S/.)
Costos Fijos					
1	Gastos de transportes - Huayllabamba	30	Viaje	20	600
2	Gastos de transportes - Sicuani	4	Viaje	20	80
3	Gastos de transportes - Urubamba	10	Viaje	20	200
4	Papelería y suministros	1	Varios	400	400
5	Internet	12	Mes	100	1200
6	Equipo informático	6	Mes	150	900
7	Software	6	Mes	100	600
Costos Variables					
8	Entrevistas y encuestas	4	Persona	100	400
9	Gastos de desplazamiento	50	Viaje	4	200
10	Consultoría a expertos	3	Ingenieros, asesor	0	0
Costos de Impresión y Presentación					
12	Impresión del documento final	5	Ejemplar	150	750
13	Gastos de presentación	1	Unidad	700	700
Costos Adicionales					
17	Capacitación o cursos especializados	1	Curso	800	800
18	Adquisición de libros o recursos académicos	1	Varios	500	500
20	Licencias adicionales de software	1	Licencia	200	200
23	Asistencia a conferencias o seminarios	1	Eventos	600	600
25	Costos de alojamiento y alimentación	1	Viaje	800	800
27	Costos de comunicaciones	1	Varios	200	200
28	Costos de impresión de materiales de apoyo	1	Varios	300	300
Total General					9630