



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**DISEÑO DE UNA RED FTTH UTILIZANDO EL ESTANDAR
GPON PARA LA DISTRIBUCIÓN DE RED DE BANDA ANCHA EN
LA URBANIZACIÓN VILLA DERRAMA ADMINISTRATIVA Y
PARAÍSO - JULIACA**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. DENIS ALBERTO APAZA CALLO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PUNO – PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

**DISEÑO DE UNA RED FTTH UTILIZANDO
EL ESTANDAR GPON PARA LA DISTRIBU
CIÓN DE RED DE BANDA ANCHA EN LA
URBANIZACIÓN VILLA DERRAMA ADMI
NISTRATIVA Y PARAÍSO - JULIACA**

AUTOR

DENIS ALBERTO APAZA CALLO

RECuento DE PALABRAS

18484 Words

RECuento DE CARACTERES

101127 Characters

RECuento DE PÁGINAS

130 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

5.5MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 2, 2024 10:45 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 2, 2024 10:47 PM GMT-5

● **14% de similitud general**

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

- 13% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)


M.Sc. GUIDO H. CAYO CABRERA
INGENIERO ELECTRÓNICO
C.I.P. N° 60792


Guido Alexander Camacho Chiriquio
Sub director de Investigación EPIS
Vº Bº al Reporte de Similitud mas
no al contenido de la tesis

Resumen



DEDICATORIA

A mi padre Rubén Apaza Pomari, quien supo impartir los valores y resiliencia para mi camino de formación y crecimiento profesional, a mi madre Ofelia Callo Paco, quien con decisión y amor me dio lecciones que me acompañan en mi vida. A mi hermano Rubén Hidalgo Apaza Callo, de quien aprendo día a día la fuerza y voluntad para seguir adelante a pesar de la adversidad, a mis tíos y a todos los integrantes de mi familia que siempre apoyaron mi vida universitaria, a los compañeros con quienes se compartieron ambientes académicos y ahora senderos de vida profesional a los que pasaron a ser amigos, en especial a Milagros, que me brindó la fortaleza emocional y me supo mostrar el sendero hermoso de la Fe, por todos los que no son mencionados que permitieron cumplir este objetivo.

Denis Alberto Apaza Callo



AGRADECIMIENTO

Deseo expresar muestras de agradecimiento:

A DIOS

Por el Amor vertido en mí, su creación, la cual dota de todo lo necesario para desarrollarse y darle gloria.

A MIS PADRES

Por permitirme formar criterio, así enfrentarme a la vida, por su amor y comprensión incondicional en cada paso que doy.

A MI ASESOR

Por las horas dedicadas a la enseñanza, la guía y apoyo que me brindo para el desarrollo y realización de esta investigación.

Denis Alberto Apaza Callo



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	18
ABSTRACT.....	19
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	22
1.2.1. Problema General.....	22
1.2.2. Problema Especifico.....	23
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	23
1.4. OBJETIVOS.....	23
1.4.1. Objetivo General	23
1.4.2. Objetivo Especifico	23
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.....	24
2.2. MARCO TEÓRICO	27



2.2.1. Planta externa	27
2.2.2. Definición.....	29
2.2.3. División de sistemas de instalación.....	29
2.2.4. Elementos empleados	30
2.2.5. Bucle de abonado de última milla.....	30
2.2.6. Redes y arquitectura FTTH.....	31
2.2.7. Estándar GPON.....	34
2.2.8. Normativas ITU – T G 984.X	35
2.2.8.1. ITU – T G984.1	35
2.2.8.2. ITU – T G984.2.....	38
2.2.8.3. ITU – T G984.3.....	41
2.2.8.4. ITU – T G984.4.....	41
2.2.8.5. ITU – T G984.5.....	42
2.2.9. Parámetros para certificar una red FTTH GPON (ITU-T G 984.X).....	42
2.2.10. Medios físicos dependientes	43
2.2.11. Análisis de factibilidad mediante el árbol de problemas	44
2.2.11.1. Construcción De Un Árbol De Problemas	45

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES.....	48
3.1.1. Fibra óptica.....	48
3.1.2. Terminal de línea óptica (OLT)	49
3.1.3. Terminal de red óptica (ONT).....	51
3.1.4. Distribuidor de fibra óptica (ODF)	52
3.1.5. Gabinete	53



3.1.6. Caja de terminación para fibra óptica (NAP).....	54
3.1.7. Cierre de empalme de fibra óptica (MUFA)	55
3.1.8. Caja de acceso universal	56
3.1.9. Divisor de fibra óptica (splitter)	57
3.1.10. Cable flexible de fácil acceso a las fibras (DROP)	58
3.1.11. Preformado	60
3.1.12. Fleje metálico	61
3.1.13. Herraje de suspensión y anclaje	62
3.1.14. Crucetas.....	63
3.1.15. Refractómetro en el dominio del tiempo (OTRD)	64
3.1.16. Medidor de Potencia	65
3.1.17. Empalmadora de fibra óptica	66
3.1.18. Odómetro.....	67
3.1.19. Transceiver	68
3.2. METODOS	69
3.2.1. Tipo de investigación	69
3.2.2. Nivel de investigación.....	69
3.2.3. Línea de investigación.....	69
3.2.4. Población.....	70
3.2.5. Muestra.....	70
3.2.6. Delimitación del área de la investigación y Ubicación.....	70
3.2.7. Procedimientos	72
3.2.8. Instrumentos	72

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



4.1.	ANÁLISIS DE RED EXISTENTE	73
4.2.	ANALISIS DE DEMANDA DE ABONADO POTENCIALES.....	74
4.3.	DISEÑO DE LA RED DE FIBRA.....	75
4.4.	RED DE FIBRA OPTICA TRANSPORTE	82
4.5.	RED DE FIBRA OPTICA DISTRIBUCION.....	84
4.6.	CALCULO DE ATENUACIONES.....	96
4.7.	CALCULO DE PRESUPUESTO DE POTENCIA OPTICA.....	98
4.8.	RESULTADO Y DISCUSION.....	100
4.9.	ARBOL CAUSA EFECTO	101
4.10.	CALCULOS DE PRESUPUESTOS ECONOMICOS	103
	4.10.1. Despliegue de fibra óptica y equipos	103
	4.10.2. Gastos administrativos e imprevistos.....	103
	4.10.3. Supervisión y liquidación.....	103
4.11.	DISCUSIÓN	108
V.	CONCLUSIONES.....	110
VI.	RECOMENDACIÓN.....	112
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113
	ANEXOS.....	121

AREA: Telecomunicaciones

TEMA: Fibra Óptica GPON

FECHA DE SUSTENTACION: 18 DE JULIO 2024



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Parámetros Para Certificar una Red FTTH GPON (ITU-T G 984.x)	42
Tabla 2	Valores de referencia de los medios físicos dependientes (IUT-T G 984.x)	43
Tabla 3	Descripción de las vías de abonados potenciales.....	74
Tabla 4	Criterios específicos de distanciamiento de la red fibra óptica vs redes eléctricas	76
Tabla 5	Distancias mínimas de seguridad de fibra óptica respecto al suelo	76
Tabla 6	Atenuación por inserción de splitter óptico	77
Tabla 7	Atenuaciones en un diseño.....	78
Tabla 8	Parámetros de potencia, sensibilidad y saturación.....	79
Tabla 9	Relación splitter y ancho de banda upstream.....	80
Tabla 10	Relación splitter y ancho de banda downstream.....	80
Tabla 11	Atenuaciones y presupuesto de potencia óptica en la red, OLT a ONT, 1490nm	82
Tabla 12	Atenuaciones y presupuesto de potencia óptica en la red, ONT a OLT, 1310nm	82
Tabla 13	Distancia de la troncal con proyecciones.....	83
Tabla 14	Descripción del tramo R1	85
Tabla 15	Descripción del tramo R2	88
Tabla 16	Descripción del tramo R3	91
Tabla 17	Descripción del tramo R4	93
Tabla 18	Atenuación de dimensión de fibra óptica.....	96
Tabla 19	Atenuaciones en la red OLT a ONT, 1490nm	98
Tabla 20	Atenuaciones en la red ONT a OLT, 1310nm	98
Tabla 21	Presupuesto de potencia óptica ONT a OLT, 1490nm	99



Tabla 22	Presupuesto de potencia óptica OLT a ONT, 1310nm	99
Tabla 23	Presupuesto de potencia óptica OLT a ONT 1550nm	100
Tabla 24	Contraste de rangos en OLT	100
Tabla 25	Contraste de rangos en ONT	100
Tabla 26	Cálculo de presupuesto económico en despliegue.....	104
Tabla 27	Cálculo de presupuesto económico administrativo.....	105
Tabla 28	Cálculo de presupuesto económico liquidación.....	105
Tabla 29	Cálculo de presupuesto económico.....	106
Tabla 30	Proyección de retorno de capital	106
Tabla 31	Datos de despliegue solo del tramo R4.....	106
Tabla 32	Proyección del retorno de capital.....	108



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Estándares de ANSI/TIA	27
Figura 2	Diagrama de Abonado de Ultima Milla.	31
Figura 3	Redes FTTX y Arquitectura FTTH	32
Figura 4	FTTC Tecnología Híbrida	33
Figura 5	Distancia Estándar GPON	35
Figura 6	Red FTTH.....	36
Figura 7	Partes de un Árbol de Problemas.....	47
Figura 8	Fibra Óptica internamente	49
Figura 9	OLT MA5801-GP08H2.....	50
Figura 10	ONT Huawei Echolife EG8145V5.....	52
Figura 11	ODF de 48 hilos UPC de 2RU	53
Figura 12	OAC-28U-A Huawei.....	54
Figura 13	Caja de terminal óptico FDB 1x8 PLC.....	55
Figura 14	Mufa Tipo Domo 48 H	56
Figura 15	Caja de acceso universal.....	57
Figura 16	Divisor de fibra óptica.	58
Figura 17	DROP fibra óptica de un 1 hilo	59
Figura 18	Preformado	61
Figura 19	Fleje metálico 3/4	62
Figura 20	Herraje de Suspensión y Anclaje.....	63
Figura 21	Cruceta.....	64
Figura 22	OTDR- IOLM EXFO-730D	65
Figura 23	Medidor de potencia	66
Figura 24	Fusionadora Alineamiento por Núcleo.....	67



Figura 25	Odómetro	68
Figura 26	Transceiver GPON OLT SFP+B56	69
Figura 27	Límites de la urbanización villa derrama administrativa	71
Figura 28	Limites nuevos con la ampliación	71
Figura 29	Desplazamiento de la troncal.....	84
Figura 30	Desplazamiento del primer tramo R1	84
Figura 31	Información óptica ONT - HG8145v5	86
Figura 32	Diagrama del tramo R1	87
Figura 33	Desplazamiento del segundo tramo R2	87
Figura 34	Información óptica ONT - HG8145v5	89
Figura 35	Diagrama del tramo R2	90
Figura 36	Desplazamiento del tercer tramo R3	90
Figura 37	Información óptica ONT - HG8145v5	92
Figura 38	Diagrama del tramo R3	92
Figura 39	Desplazamiento del cuarto tramo R4	93
Figura 40	Información óptica ONT - HG8145v5	95
Figura 41	Diagrama del tramo R4	95
Figura 42	Elementos pasivos desde el OLT A ONT	96



ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Hoja de datos de la fibra óptica.....	121
ANEXO 2: Hoja de datos del equipo OLT	122
ANEXO 3: Hoja de datos del Equipo ONT	123
ANEXO 4: Hoja de datos del splitter atenuaciones por división.....	124
ANEXO 5: Diseño de red de transporte SITE SECUNDARIO.	125
ANEXO 6: Diseño de red de transporte ingreso urbanización Paraíso.	125
ANEXO 7: Diseño de red de transporte y distribución en vista general.	126
ANEXO 8: Diseño de red de transporte y distribución parte superior.	126
ANEXO 9: Diseño de red de transporte y distribución parte inferior.....	127
ANEXO 10: Diseño de red de transporte y distribución lateral derecho.	127
ANEXO 11: Diseño en AutoCAD con leyenda.....	128
ANEXO 12: Mapeo de postes.....	128
ANEXO 13: Declaración Jurada de autenticidad de tesis.....	129
ANEXO 14: Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional. ..	130



ACRÓNIMOS

AC:	Atenuación de todos los conectores según su categoría.
AD/DC:	Alternating Current / Direct Current (Corriente Alterna/Corriente Directa).
ADSS:	All Dielectric Self Supported (Cable aéreo dieléctrico autosoportante).
AE:	Atenuación de todos los empalmes.
AFO:	Atenuación de la fibra óptica según su longitud de onda.
AM:	Atenuación de margen de error (seguridad).
ANSI:	American National Standards Institute (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares).
APC:	Angled Physical Contact (Contacto de pulido angular).
AS1:	Atenuación del splitter del primer nivel.
AS2:	Atenuación del splitter del segundo nivel.
AT:	Atenuación total.
CO:	Central office (Oficina central).
CNE:	Código Nacional de Electricidad.
DBA:	Data Base Administrator (Administrador de Bases de Datos).
DMS:	Distancia Mínima de Seguridad.
F.O:	Fibra óptica.
FC:	Ferrule Connector (Conector de Férula).
FTTB:	Fiber To The Building (Fibra al Edificio).
FTTC:	Fiber To The Curb (Fibra hasta la Acera).
FTTH:	Fiber To The Home (Fibra hasta el hogar).
FTTN:	Fiber To The Node (Fibra hasta el Nodo).



FTTX:	Fiber To The X (Fibra hasta el X).
GEM:	GPON Encapsulation Method (Método de encapsulación de la red óptica pasiva).
GPON:	Gigabit Passive Optical Network (Red óptica pasiva con capacidad de gigabits).
HFC:	Hybrid Fiber-Coaxial (Híbrido de Fibra y Coaxial).
IEC:	International Electrotechnical Commission (Comisión Electrotécnica Internacional).
IPTV:	Internet Protocol TV (Televisión por Protocolo de Internet).
ITU:	International Telecommunications Union (Unión internacional de telecomunicaciones).
LAN:	Local area network (Red de área local).
LC:	Lucent connector (Conector transparente).
NAP:	Network Access Point (Punto de acceso a la red).
NRZ:	No Return To Zero (No retorno a cero).
ODF:	Optical Distribution Frame (Distribuidor de fibra óptica).
OLT:	Optical Line Terminal (Línea de terminal óptica).
OND:	Local Convergence Point (Red de distribución óptica).
ONT:	Optical Node Terminal (Terminal de red óptica o terminal de nodo óptico).
ONU:	Optical Network Unit). Unidad de red óptica.
OSP:	Out Side Plant (Planta externa).
PMD:	Dispersion By Polarization Mode (Dispersión por modo polarización).
PMO:	Potencia media del OLT por el puerto GPON.



PON:	Passive Optical Network (Red óptica pasiva).
PPO:	Presupuesto de potencia óptica.
PVC:	Policloruro de Vinilo.
SC:	Suscriptor connector (Conector de suscriptor).
SM:	Single Mode (Mono Modo).
SSID:	Extended Service Set Identifier (Identificador de conjunto de servicios extendido).
ST:	Straight Tip (Punta recta).
TC:	Transmission Convergence (Convergencia de transmisión).
TDM:	Time Division Multiplexing (Multiplexación por división de tiempo).
TDMA:	time division multiplexing Access). Acceso por multiplexación de división de telecomunicaciones.
TWDM:	Transparent Wavelength Division Multiplexing (Multiplexación por División de Longitud de Onda Transparente).
TIA:	Telecommunications Industry Association (Asociación de la industria de las telecomunicaciones).
TIR:	Tasa Interna de Retorno.
TSP:	Telecommunications Service Provider (Proveedor de servicio de Telecomunicaciones).
UPC:	Ultra physical contact (Ultra contacto físico).
USB:	Universal Serial Bus (Transporte serie universal).
UV:	Ultra Violeta.
VAN:	Valor Actual Neto.
VOD:	Video on Demand (Vídeo a la carta).



VOIP:	Voice Over Internet Protocol (Voz sobre Protocolo de Internet).
WDM:	Wavelength Division Multiplexing (Multiplexación por División de Longitud de Onda).
WISP:	Wireless Internet Service Provider (Proveedor de Servicios de Internet Inalámbricos).
WLAN:	Wireless Local Area Network (Red de Área Local Inalámbrica).
WMM:	Multimedia Wi-Fi (Wi-Fi Multimedia).
WPS:	Wifi Protected Setup (Configuración de Wi-Fi Segura).
AC:	Atenuación de todos los conectores según su categoría.



RESUMEN

El trabajo de investigación tiene la ubicación en el Departamento de Puno, Provincia de San Román, Distrito de Juliaca, en la Urbanización Villa Derrama Administrativa y Paraíso. -15.540160, -70.106599 delimitado por el noreste con la avenida industrial por el sur con la calle numero 04 por el norte con el jirón san José por el sureste con el jirón porvenir y cuenta con una ampliación por el sur con la calle 06 y por el sureste con la carretera sierra sur de donde está ubicado el site secundario, existen 409 viviendas distribuidas en la urbanización villa derrama administrativa y la ampliación, se proyecta dar el servicios de TSP (IPTv ,VoIP e internet), el proyecto tiene un despliegue troncal de transporte de 1630 metros y los tramos de distribución son de 2608 metros hasta la nap 35-R4 siendo esta la última en la red, la inversión para ser ejecutado el proyecto se calculó en 209 032 soles el cual proyecta su recuperación al 100 % en 36 meses teniendo el 23.7% de abonados de última milla , procuró trabajar con los valores máximo de atenuación de todos los elementos que intervienen en la red ,esto garantiza que tenga el soporte ante factores muy agrestes durante el despliegue, el análisis para el tramo R1 que tiene una división en primer nivel de 1:16 y en segundo nivel de 1:8 para el proceso de distribución nos da -24.14dBm hasta la nap 12-R1 que sería la última en tramo R1 para los tramos R2,R3,R4 se tiene una división de 1:8 en el primer nivel y 1:8 y en el segundo en sus procesos de distribución obteniendo -21.03dBm , -21.25dBm , -21.31dBm respectivamente, y contando proveer en un promedio asimétrico de 100 Mbps en downstream y 50 Mbps en upstream, los cuales garantizan todos los servicios TSP.

Palabras claves: Asimétrico, Downstream, Upstream, abonado de última milla, (TSP) Proveedor de servicio de Telecomunicaciones.



ABSTRACT

The research work is located in the Department of Puno, Province of San Román, District of Juliaca in the Villa Derrama Administrativa y Paraiso Urbanization, -15.540160, -70.106599 delimited on the northeast with the industrial avenue on the south with street number 04 on the north with the Jirón San José to the southeast with the Jirón Porvenir and has an extension to the south with Calle 06 and to the southeast with the Sierra Sur highway where the secondary site is located, there are 409 homes distributed in the Villa urbanization administrative spill and expansion, it is planned to provide TSP services (IPTV, VoIP and internet), the project has a transport trunk deployment of 1630 meters and the distribution sections are 2608 meters to nap 35-R4, this being the last in the network, the investment to execute the project was calculated at 209,032 soles, which projects its 100% recovery in 36 months, having 23.7% of last mile subscribers, it tried to work with the maximum attenuation values of all the elements that intervene in the network, this guarantees that it has support against very rugged factors during the deployment, the analysis for the R1 section that has a division in the first level of 1:16 and in the second level of 1:8 for the process of distribution gives us -24.14dBm until nap 12-R1 which would be the last in section R1 for sections R2,R3,R4 there is a division of 1:8 in the first level and 1:8 and in the second in their processes of distribution obtaining -21.03dBm, -21.25dBm, -21.31dBm respectively, and counting on providing an asymmetric average of 100 Mbps in downstream and 50 Mbps in upstream, which guarantee all TSP services.

Keywords: Asymmetric, Downstream, Upstream, last mile subscriber, (TSP) Telecommunications service provider.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la necesidad de contar con servicios de telecomunicaciones para el desarrollo de las actividades de internet, IPTV y VoIP, requiere un ancho de banda adecuado con capacidades óptimas de la calidad de servicio (Osiptel, 2014); para evitar reclamos y migraciones de una empresa a otra en el rubro de telecomunicaciones corporativas de datos en fibra óptica.

En muchas zonas, aún se carecen de estos servicios. Tomando en cuenta esta necesidad de formar nuevas redes, las infraestructuras de redes pasivas ópticas con tecnologías de Fibra Hasta el Hogar Unión Internacional de Telecomunicaciones (2019), proveen coberturas más eficientes y con un costo de mantenimiento adecuado.

Las tecnologías actuales de FTTX garantizan servicios hasta 30 años de vida AXION CORPORACIÓN (2021), escalables y flexibles en la ampliación de alcance y cobertura, con solución de averías (mantenimiento preventivo y correctivo).

Durante los años 2015 a 2020 se vio un crecimiento del 25% en los hogares que ya cuentan con acceso a señal de banda ancha por fibra óptica, lo que representa un aumento del 10% con respecto al 2015 en América del sur (Economía, 2023).

Los países hispanoamericanos con más crecimiento de infraestructura en redes de fibra óptica en la región son 3: Chile, Uruguay y Colombia, a pesar de que la región está afrontando incidentes con factores macroeconómicos (Economía, 2023). Chile presenta un crecimiento del 80 % de los hogares en su territorio con despliegue de infraestructura de fibra óptica; Uruguay con el 90% de sus hogares en su territorio, cuenta con servicios de banda ancha (fibra óptica); y, Colombia al cierre del 2021 presenta un avance con fibra



óptica del 16.3% de los hogares, que representa un aumento del 45% respecto al año 2020 (Economía, 2023) .

Dada la crisis del COVID-19 en el año 2020, ha trascendido en el área de telecomunicaciones afectando el acceso de las comunicaciones telemáticas originando la saturación de datos y brechas digitales, puesto que las necesidades fueron de interacción virtual - no presencial. Ello ocasionó la saturación de servicios VoIP, internet e IPTV, llevando al límite la cobertura con tecnologías que ya venían siendo remplazadas con la fibra óptica; en la gran mayoría de zonas de Juliaca se notó la falta de acceso o saturación de las redes de fibra óptica desencadenando una crisis en las telecomunicaciones - telemáticas que afectaron a sectores nuevos (teletrabajo, teleeducación y telemedicina); situación que trascendió por experiencia propia en el ámbito laboral.

Teniendo en cuenta la necesidad en la que se encuentra la región Puno y en particular la ciudad de Juliaca para acceder a nuevas redes de telecomunicaciones por medios de fibra óptica, la investigación se divide en 4 capítulos.

El primer capítulo tiene como finalidad describir el problema de la investigación y los objetivos a desarrollar en la investigación.

El segundo capítulo describe estudios anteriores como antecedentes para la realización de la investigación y marco teórico que desarrolla el tema de planta externa y sus elementos, la arquitectura FTTH, el estándar GPON, la normativa ITU-T, así llegar al cliente de última milla o abonado final.

En el tercer capítulo se desarrollan los parámetros de la investigación, alcance, tipo, métodos, procedimientos, técnicas y buenas prácticas empleadas en el diseño de una red FTTH con el estándar GPON.



En el cuarto capítulo se analiza los resultados obtenidos y se discute mediante la contrastación con autores afines a los resultados deducidos; y finalmente se establece el estudio de factibilidad técnico-económico, y de esta manera responder a las hipótesis planteadas.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la urbanización villa derrama administrativa y paraíso carecen de infraestructura y acceso a la red, esto dificultó que los habitantes puedan desarrollar normalmente sus actividades frente a lo que dejó la crisis de la pandemia del COVID 2019, llegando a requerir servicios WISP (Wireless Internet Service Provider). Básicamente, conexión a internet por proveedores inalámbricos ofrecieron una fiabilidad muy baja y la interrupción del servicio fue muy frecuente y no llegaron a cumplir con las necesidades básicas de servicios de banda ancha que ahora se requiere por el alcance de la tecnología emergente.

Se observó la necesidad del cambio de tecnología a redes FTTH para brindar un servicio más acorde a la actualidad garantizando el acceso a redes de banda ancha por fibra y Wireless, y con ello la satisfacción de los abonados de última milla - cliente final.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

¿Diseñar una red de acceso a banda ancha usando la arquitectura FTTH con estándar GPON para la urbanización Villa Derrama Administrativa y Paraíso?



1.2.2. Problema Especifico

- ¿Cómo se analiza el cálculo de potencias para una red con arquitectura FTTH en estándar GPON?
- ¿Cómo se cuantifican materiales e instrumentos a utilizar en la red de arquitectura FTTH con el estándar GPON?
- ¿Se analizará la factibilidad técnica y económica de la implementación del proyecto?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de una red FTTH con estándar GPON permitirá que la urbanización Villa Derrama Administrativa y Paraíso de la ciudad de Juliaca tenga acceso a servicios TSP.

1.4.OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Diseñar una red de acceso con tecnología FTTH utilizando el estándar GPON para la distribución de red de banda ancha en la urbanización Villa Derrama Administrativa y Paraíso del distrito de Juliaca.

1.4.2. Objetivo Especifico

- Diseñar una red de acceso con tecnología FTTH para servicios TSP.
- Determinar la factibilidad de la implementación del proyecto.



CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

Pachas (2018) describió la red FTTH y la arquitectura GPON utilizada para elaborar el diseño, la cual propone beneficiar a 580 hogares en el distrito de El Agustino y su dimensionamiento tiene los parámetros de transmisión mínima de 77.75Mbps. por cada hogar con un plan máximo de 170 Mbps y 17 Mbps de subida proporcionando con esa media el 40% de velocidad mínima garantizada. Para lograrlo su dimensionamiento consta de 19 divisores de nivel primero con la correspondiente de splitteo de 2:4 y una red de masificacion de 76 divisores de nivel segundo con la correspondiente de splitteo de 1:8. Su diseño de red FTTH contará con un tipo de red en anillo compuesta de 19 splitters de nivel primero y una red de masificación, la viabilidad de óptica en conexión y tasa de transmisión será de 2.2ps y 34.9ps para longitudes de onda de 1310 y 1490 nm. Y el backup con disgregación en 3.0 ps y 47.4 ps en las correspondientes longitudes de 1310 y 1490nm. Su despliegue se daría por medios no intrusivos pues el material PVC podría verse afectado y tener fugas y filtraciones. La estimación de inversión sería de 837 128.16 soles y una tasa TIR del 26% así garantiza al quinto año, se recupere la inversión.

Castro (2019) presentó la solución al plan de seguridad ciudadana del año 2017-2018 así interconectar cámaras de vigilancia con una red FTTH y el estándar GPON lo que se pretende es poner 60 videocámaras en los puntos de mayor índice delictivo y zonas de alto riesgo. De los 220 puntos donde se registran actos delictivos 89 puntos son considerados de alto riesgo a futuro se pretende no solo contar con las 60 videocámaras sino tener estos 89 puntos cubiertos pues la red lo permitiría al ser escalable. Es de notar que cada transceiver en modelo B+ en una OLT recorre en trayecto hasta 20 kilometros



y están diseñados para soportar 128 ONUs. Al tener una red de este tipo en la municipalidad de San Martín de Porres tendrá la red estructural FTTH con escalabilidad, robustez y con una vida útil amplia. Este diseño cuenta con un recorrido de 52 Km. de troncal de fibra óptica que se desplazará en gran parte por el distrito en la zona este y oeste. La presente red también podría abarcar servicios de triple play (datos, voz, IPTV). Al estar capacitada en transmisiones de ancho de banda en 2.5 Gbps. Y 1.25 Gbps.

Santiago (2021) realizó en Santiago de Surco entre el espacio que abarca la Av. Ayacucho, Av. Tomás Marsano, Jr. Augusto Wiese, y el Jr. Ismael Bielich. El cual piensa beneficiar a 411 domicilios entre la zona de despliegue. Se brindará el servicio asimétrico de 400 Mbps. en downstream y 200 Mbps. en upstream, sosteniendo un mínimo de 40% del servicio con respecto a lo fijado por OSIPTEL. En este diseño la red de transporte se realizará con topología anillo la cual permitirá que el hilo se pueda usar por ambos lados. Se vio que es viable en lo técnico y económico porque maneja su rango de mayor de atenuación en 27.02dB en la longitud de onda 1310 y 1490 nm. Cuyo margen se maneja alrededor de 30dB que se tiene de presupuesto óptico aceptable. El valor VAN es de 86303.93 soles y presenta un TIR de 19% el cual permitiría que la inversión se pueda recuperar en 5 años, siendo viable su ejecución.

Ríos (2020) desarrolló la red en arquitectura FTTH y así masificar el servicio Triples Play dirigido al distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa en la provincia Tacna. Se describe la arquitectura FTTH, problemas de última milla, tienen como proyección darles servicio a 3034 usuarios finales, distribuidos en la asociación de viviendas Las Pampas de Viñani. Contemplan el análisis y dimensionamiento adecuado para brindar un servicio eficiente a estos 3034 usuarios finales. Los servicios que describe en su diseño son los de Triple play (voz, internet, cable), los cuales se distribuirán a los abonados finales dependiendo la necesidad que se requieran.



Calvillo (2017) analizó la conectividad entre 3 regiones aledañas las cuales no cuentan con una red actual se estudia la arquitectura y la tecnología más adecuada para ser desplegada. Optan por desplegar una red FTTH con estándar GPON pues ofrece los mejores beneficios para llevar una correcta escalabilidad a futuro. El criterio utilizado más resaltante de la fibra óptica para el diseño es la distancia entre la central y el usuario final la cual puede superar los 10 kilómetros facilitando el despliegue y ampliando su zona de cobertura, aminorando las centrales que se requerirían en otras tecnologías adicionando su característica de inmunidad a interferencias radioeléctricas con la cual hace que este medio sea el adecuado para realizar el diseño. El siguiente punto es el costo razonable en su inversión pues es una red de altas prestaciones en telecomunicaciones ya que se podría garantizar productos hasta de 1 Gbps. Adicionando su facilidad de escalado, evolución y costo.

Morales (2020) analizó la problemática actual con respecto al acceso de datos en tiempo real para transmisiones (streaming) partiendo de la actual demanda con conexiones físicas ADSL en el barrio La Leon sector Chilibulo. La misma que no llegan a abastecer ni satisfacen la demanda actual de acceso de red. Aprovechando la tecnología FTTH optaron por desarrollar el diseño de la red, usando el programa Matlab determinaron distancias más cortas para cubrir todo el Barrio León sector Chilibulo a su vez se aplicaron los algoritmos Prim y Kruskal los cuales optimizaron distancias de diseño y redujeron de costos. Desarrollaron la simulación con el software Optsim permitiendo obtener parámetros adecuados los cuales cumplen con tener una señal de calidad entre la OLT y la ONU así cumplen con los estándares para una distancia de 4 kilómetros. Tienen como proyección recuperar el capital a partir del cuarto año y un mes, si el proyecto fuera ejecutado y se lleve a implementación.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Planta externa

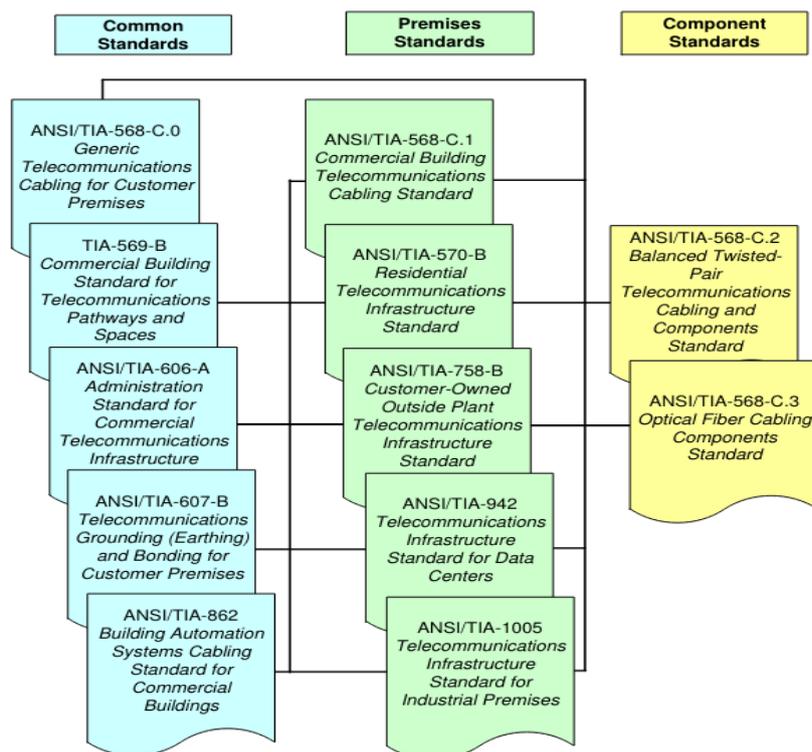
Para el análisis se aplicó en función de las normativas de (TIA) Comité de Ingeniería de la Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones.

Tiene como tarea el desarrollo, manteniendo estándares en telecomunicaciones para la infraestructura de cableado de telecomunicaciones.

Figura 1

Estándares de ANSI/TIA

ANSI/TIA-758-B



Nota: (Tia _Standard, 2012)



El estándar ANSI/TIA se desglosa en tres ramas que nos dan a conocer en que ámbitos trabajan y se aplican como se ve están definidas del siguiente modo (Tia _Standard, 2012):

- **Estándares ANSI/TIA generales**

- En general ANSI/TIA - 568.0 – D.
- Caminos, rutas y espacios ANSI/TIA - 569 - D.
- Administración ANSI/TIA - 606 - B.
- Pozo a Tierra ANSI/TIA - 607 - C.
- Planta Externa ANSI/TIA - 758 - B.
- Estándar de infraestructura de cableado estructurado para edificios inteligentes ANSI/TIA - 862 - B.

- **Estándares ANSI/TIA locales**

- Cableado para edificios comerciales ANSI/TIA - 568.1 - D.
- Estándar de infraestructura de telecomunicaciones residencial ANSI/TIA - 570 - C.
- Estándar de infraestructura de telecomunicaciones data center ANSI/TIA - 942 - A.
- Estándar de infraestructura de telecomunicaciones industrial ANSI/TIA - 1005 - A.
- Infraestructura de telecomunicaciones para instalaciones sanitarias ANSI/TIA - 1179.
- Infraestructura de telecomunicaciones para instalaciones educativas ANSI/TIA - 4966.

- **Estándares ANSI/TIA de componentes**



- Componentes y cableado de telecomunicaciones de par trenzado ANSI/TIA - 568.2 - D.
- Componente de cableado de fibra óptica ANSI/TIA - 568.3 - D.
- Componentes y cableado coaxial ANSI/TIA-568-C.4 (Tia _Standard, 2012).

2.2.2. Definición

La definición que brinda el estándar OSP ANSI/TIA-758-B Planta Externa.

Es la estructura en telecomunicaciones para el diseño en instalaciones para exterior hasta el abonado de última milla.

Entonces podemos decir que planta externa es todo aquel despliegue de infraestructura que se encuentra por las calles, jirones, pasajes, avenidas por medio de postes de concreto, madera, fibra de vidrio, canales subterráneos, cámaras de concreto, lecho marino intercontinental, etc., teniendo como inicio la cabecera de telecomunicación hasta la acometida del abonado o cliente de última milla. (Maldonado, 2022).

2.2.3. División de sistemas de instalación

Aéreo: Se realiza mediante postes de concreto, madera o fibra de vidrio, fijando en estos herrajes, preformados artículos de sujeción, soporte y suspensión.

Subterráneo: Se ejecuta el despliegue y conectividad del cable por debajo de la tierra mediante ductos o directamente enterrados en tierra.



2.2.4. Elementos empleados

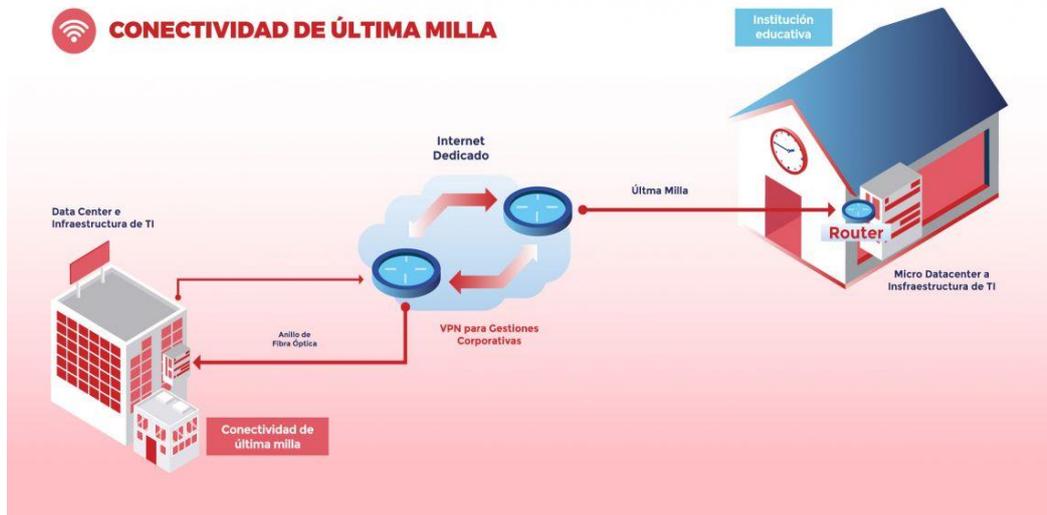
- **Planta externa aérea**
 - Cable exterior autoportado o no autoportado dieléctrico o armado.
 - Herrajes
 - Fleje de acero inoxidable.
 - Hebillas
 - Caja de empalme.
 - Caja de distribución.
 - Resonadores.
 - Terminal antivibración.
 - Preformados
 - Cinchos PVC con protector UV.
- **Planta externa subterránea**
 - Cables exteriores armado o dieléctrico.
 - Tuberías monotubo o microtubo.
 - Tubos protectores.
 - Registro de telecomunicaciones.
 - Cajas de empalmes.
 - Cámaras de despliegue.
 - Pedestales (Thorsman, 2020).

2.2.5. Bucle de abonado de última milla

Se conoce por abonado de última milla o bucle de última milla al tramo de línea guiada de transferencia de datos que va desde la central o cabecera hasta el domicilio del cliente, conocida como acometida.

Figura 2

Diagrama de Abonado de Última Milla.



Nota: (MTIC, 2020)

2.2.6. Redes y arquitectura FTTH

La arquitectura FTTH toma las siglas de los términos en inglés FIBER TO THE HOME, pero esta misma asimila sus siglas a los términos generales de FTTX siendo X el destino al cual se dirigirá o estará ubicada la fibra como punto en el que se empleará. La descripción que brinda “*desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de infraestructuras FTTH de Yaroslav Marchukov toma entre las más destacables las siguientes familias de arquitecturas*” (Yaroslav, 2011).

FTTN (Fiber to The Node): La fibra como tramo estará ubicada a una distancia de 1.5 a 3.0 kilómetros del usuario final en una cabina.

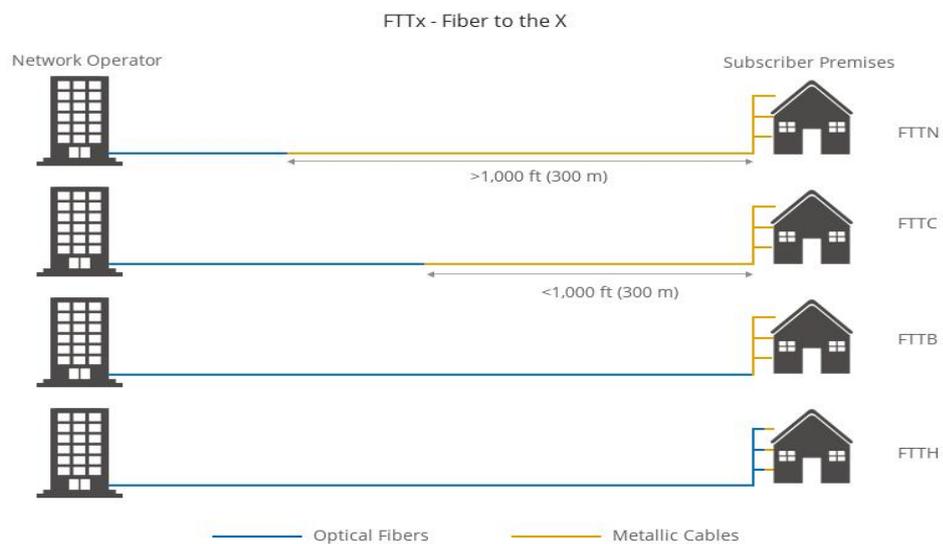
FTTC (Fiber to The Curb): La fibra como tramo estará ubicada a una distancia de 300 a 600 metros del usuario final en una cabina ubicada en una acera.

FTTB (Fiber to The Building o Fiber to The Basement): La fibra como tramo llega hasta el cuarto de distribución en un edificio del cual distribuye hasta el usuario final por medio de un par trenzado de cobre UTP.

FTTH (Fiber to The Home): La fibra como tramo llega hasta el interior de la vivienda del usuario final. (Yaroslav, 2011).

Figura 3

Redes FTTX y Arquitectura FTTH



Nota: (FS, 2020)

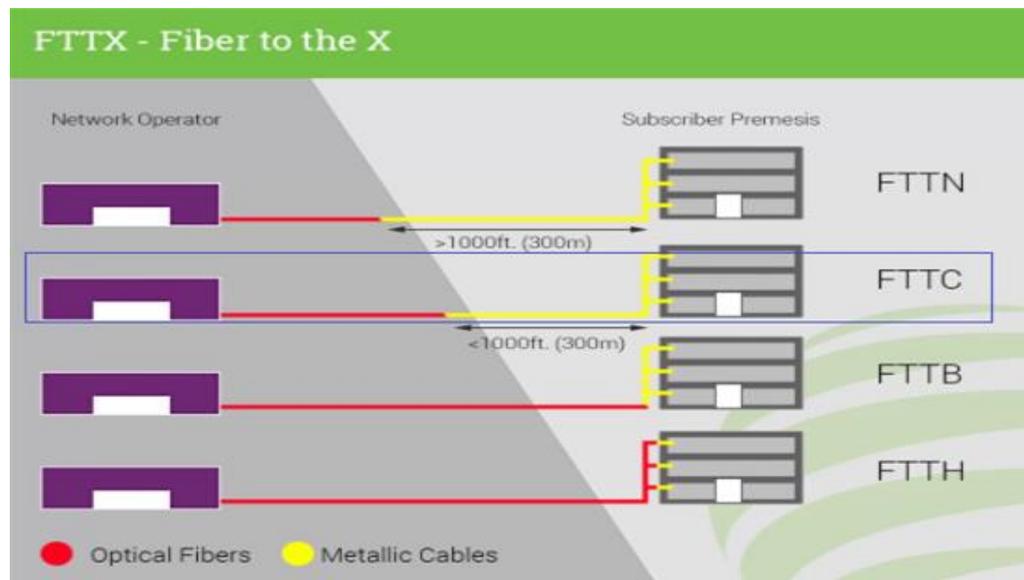
La descripción elaborada por la empresa certificadora Axion (2021) como familia de FTTX.

siendo X la variable que indica que tan próximo estará la fibra del usuario final, nombra una de donde parte la tecnología HFC.

FTTC (Fiber to The Cabinet): Fibra instalada desde una central principal hasta una pequeña central de distribución de donde parte la tecnología HFC hasta el usuario final teniendo como medio el cobre. (Axion, 2021).

Figura 4

FTTC Tecnología Híbrida



Nota: (Axion, 2021)

Las redes FTTX son parte de una amplia gama de tecnologías y de sistemas de transmisión de datos e información en banda ancha en el mundo de las telecomunicaciones, todas estas tienen como función principal transportar señales digitales a través de fibra óptica y cobre.

La tecnología FTTH implica el desplazamiento de red de fibra óptica desde la central de distribución, oficina central hasta el usuario de última milla donde se requiere cubrir la necesidad de datos voz y video por el mismo medio y dando paso a que este sea escalable en cualquier momento en el que el usuario final lo necesite.

FTTH es la arquitectura predominante en la actualidad desplazando a la arquitectura FTTC (HFC). En la zona donde se está realizando el estudio existen fenómenos meteorológicos intensos, causando muchas averías a equipos de la misma red (HFC) y del usuario final (cliente), la arquitectura FTTH al tener en su red sistemas pasivos a excepción de inicio y final de la red, se considera la fibra



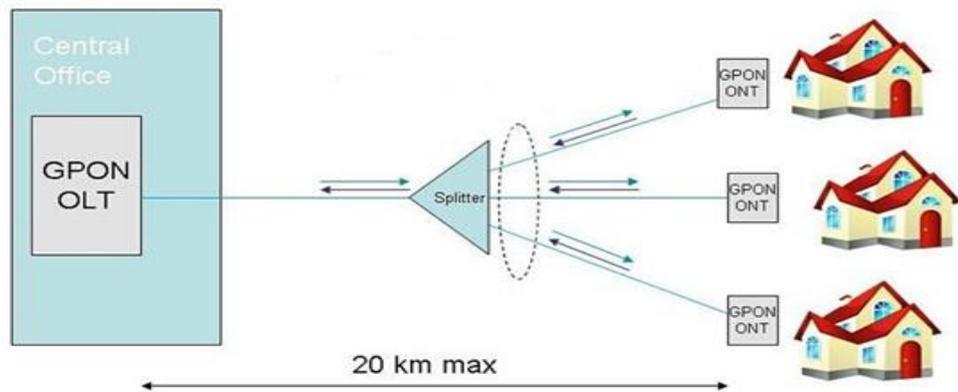
óptica como materiales con inmunidad a campos electromagnéticos y diferente de cables de cobre, la fibra óptica no se ve afectada por interferencias electromagnéticas. Dando paso a que las empresas tomen en cuenta el cambio tecnológico por FTTH. (Axion, 2021).

2.2.7. Estándar GPON

El estándar GPON es la red pasiva en Gigabit más usada, la tecnología trabaja excelentemente en redes de arquitectura FTTH y soporta trabajos con velocidad mayor a 1 Gbps, con un alcance físico de 20 KM. Con características de subida UPSTREAM de 1.5 Gbps y en bajada DOWNTREAM de 2.5 Gbps. Soportando servicios de transmisión de datos TWDM. y brindando servicios simétricos y asimétricos demarcando que cada hilo de fibra óptica puede soportar de 64 a 128 clientes, desplazando así a las diversas tecnologías que venían establecidas en el mercado. (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2008).(Huawei, 2024).

Figura 5

Distancia Estándar GPON



Nota: (FOCC, 2019)

2.2.8. Normativas ITU – T G 984.X

2.2.8.1. ITU – T G984.1

Se nos brindan recomendaciones para una arquitectura de red FTTH apoyando categorías de servicio.

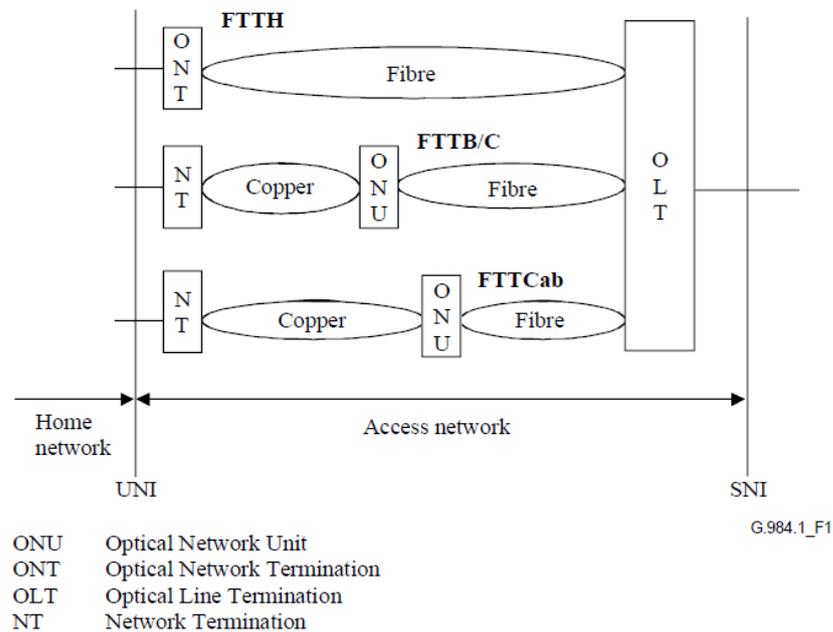
Servicios asimétricos en banda ancha (transmisión digital, descarga de archivos, VOD, etc.).

Servicios simétricos en banda ancha (transmisión de contenido, correos electrónicos, envío y recepción de archivos, teleeducación, telemedicina, juegos en tiempo real, etc.).

Una red debe proporcionar en forma flexible, servicios para telefonía de banda angosta en el momento adecuado para su introducción. (ITU, 2008).

Figura 6

Red FTTH



Nota: (ITU, 2019)

Se requiere que GPON pueda tener el alcance para todos los servicios brindados actualmente y todos los servicios que futuramente puedan escalar y que en la actualidad se están desarrollando para abonados de última milla y a su vez para empresas que requieran servicios más específicos, corporativos, por la misma disposición de banda ancha.

Pues todo depende de cada operador y su desarrollo particular y en gran medida de los medios regulatorios del mercado que lo rige, no solo dependientes de mercado y su rentabilidad sino a su vez de condiciones legales y sobre todo de condiciones en las que se incluyen la estructura de telecomunicaciones para la ramificación a abonados de última milla y en combinación de abonados de última milla y empresas o servicios corporativos.



Tasa de bits, del estándar GPON apunta como recomendación tener transmisiones con velocidades iguales o mayores a 1.2 Gbit/s. así se identifica GPON por la combinación de dos transmisiones de datos:

- 2.4 Gbit/s. DOWNSTREAM y 1.2 Gbit/s. UPTREAM.
- . 2.4 Gbit/s. DOWNSTREAM y 2.4 Gbit/s. UPTREAM

Siendo más común el primer ítem mencionado 1.2 Gbit/s. UPTREAM. 2.4Gbit/s. DOWNSTREAM. Por ser el más desplegado en el Perú.

Como alcance lógico, se nos hace la recomendación de que la distancia entre un terminal ONT y OLT exceptuando la limitación en la capa física, del estándar GPON está determinado por un alcance máximo de 60KM.

Como alcance físico, se nos hace la recomendación de que la distancia entre un terminal ONU/ONT y la OLT se define por dos:

- 10 km.
- 20 km.

10 kilómetros es la máxima distancia la cual se puede utilizar PF - LD en la ONT para velocidades de bits altas, como en nuestro caso de 1.5Gbit/s. y superiores.

20 kilómetros en GPON es la distancia máxima diferencial, afectando este el tamaño de la ventana de alcance.



Retardo medio máximo de transporte de señal GPON. Como sistema GPON específicamente se debe a un tiempo de retardo medio máximo para transferencias menores a 1.5 ms.

Relación de división a mayores posibilidades de división es más atractivo para los operadores que llevan sus redes en tecnología GPON. No obstante, una mayor división genera una mayor división óptica, lo que genera un presupuesto mayor en energía para soportar un alcance físico, la división de 1:64 es realista para la capa física teniendo en cuenta la tecnología en 2008, en la actualidad 2023 se trabajan con divisiones de 1:128 puesto que se van desarrollando nuevas tecnologías y estas mismas soportan la división. (ITU, 2008).

2.2.8.2. ITU – T G984.2

Código de línea, la codificación de DOWNSTREAM y UPSTREAM se realiza sin retorno a cero (NRZ). En la capa PMD no está definido el método de codificación.

La convención utilizada para el nivel lógico óptico es:

- Un “1” binario, nivel alto de emisión de luz.
- Un “0” binario, nivel bajo de emisión de luz.

Longitudes de onda operativas.

Dirección, DOWNSTREAM Para la dirección descendente, el rango para la longitud de onda de operación en sistemas de fibra única es 1630 - 1500 nm.



Dirección UPSTREAM, Las longitudes de onda para su operación va de 1260 – 1360nm.

Rango de atenuación o clases de pérdida de trayecto óptico dependiendo de la clase en la que está basada el diseño será de:

Clase A mínimo 5 dB y máximo 2 dB.

Clase B mínimo 10 dB y máximo 25 dB.

Clase C mínimo 15 dB y máximo 30 dB.

Tasa mínima de extinción, la convención utilizada.

- Un “1” binario, nivel alto de emisión de luz.
- Un “0” binario, nivel bajo de emisión de luz.

Determinada por:

$$EX = 10 \log_{10} \left(\frac{A}{B} \right)$$

Donde A está definido como nivel de la potencia óptica promedio, como centro del “1” lógico y B referido a nivel de potencia óptica promedio, como centro del “0” lógico.

EX para señal con dirección ascendente en modo ráfaga se aplicará desde el bit primero de preámbulo hasta el bit último de la señal de ráfaga inclusive.

Rango de atenuación referido nos da los siguientes datos:

- Pérdidas generadas por conectores de -0.3 a -0.5 dB.



- Pérdida por empalme mecánico -0.5 dB.
- Pérdida por fusión -0.10 dB.
- En longitud de onda de 1310nm. -0.4 dB. por kilómetro. Medio ADSS.
- En longitud de onda de 1550nm. -0.3 dB. por kilómetro. Medio ADSS.

Recomendaciones para la OLT y la ONU, niveles de potencia óptica clase B+ para DOWNSTREAM 2.4 Gbit/s y UPSTREAM 1.2 Gbit/s. en una fibra única son los siguientes:

OLT

- Potencia media lanzada MIN +1.5 dBm.
- Potencia media lanzada MAX 5.0 dBm.
- Sensibilidad mínima -28 dBm.
- Sobre carga mínima - 8dBm.
- Penalización Óptica Downstream 0.5 dBm.

ONT

- Potencia media lanzada MIN +0.5 dBm.
- Potencia media lanzada MAX 5.0 dBm.
- Sensibilidad mínima -27 dBm.
- Sobre carga mínima - 8dBm.
- Penalización Óptica UPSTREAM 0.5 dBm.

Presupuesto de pérdidas en clase B+ para un sistema GPON de una fibra sola.



- Pérdida óptica mínima a 1490nm es de 13 dB.
- Pérdida óptica mínima a 1310nm es de 13 dB.
- Pérdida óptica máxima a 1490nm es de 28 dB.
- Pérdida óptica máxima a 1310nm es de 28 dB.

El presupuesto de GPON debe ser compatible con todas las PON desplegadas con anterioridad. (ITU, 2019).

2.2.8.3. ITU – T G984.3

Las recomendaciones mencionadas van primero con la especificación de la capa de convergencia de transmisión TC (Transmission Convergence). Método de acceso al medio, método ranking, formatos de trama a utilizar, la seguridad necesaria para redes GPON, función OAM.

- Especificación de la capa TC en la tecnología GPON.
- Arquitectura de multiplexación GTC y pila de protocolos.
- Registro y activación de la ONU.
- Especificaciones de DBA.
- Alarmas, rendimiento y seguridad. (ITU, 2020).

2.2.8.4. ITU – T G984.4

Las recomendaciones realizadas en este punto son la especificación de la interface de control y gestión OCMI, teniendo como prioridad los servicios y recursos procesados de una base de información entre la ONT/ONU a la OLT. Se detalla la administración de servicios y sus tramas según las relaciones y atributos dentro del sistema de encriptación.

- Formatos de mensajes OCMI.

- Dispositivos de gestión de trama OCMI.
- Principios de trabajo de OCMI. (ITU, 2010).

2.2.8.5. ITU – T G984.5

En las recomendaciones brindadas en este punto se nos hace alcance de las longitudes de onda y rangos de banda ancha para futuras implementaciones de servicios emergentes o nuevos apoyados en la multiplexación WDM, TWDM y así aprovechar óptimamente las redes ópticas pasivas haciéndolas escalables. (ITU, 2022).

2.2.9. Parámetros para certificar una red FTTH GPON (ITU-T G 984.X)

Tabla 1

Parámetros Para Certificar una Red FTTH GPON (ITU-T G 984.x)

Norma ITU_T G984.x			
ITU_T G984.1	Características generales	Arquitectura del sistema OAM tipo de interfaz: servicio, usuario, Alcance lógico	Tipo de servicio tasa física de transmisión y recepción rendimiento del sistema
ITU_T G984.2	Medios físicos dependientes	Parámetros Class B+: Potencia óptica máxima Potencia óptica Mínima Sensibilidad mínima Potencia óptica mínima de sobrecarga	ONT OLT +5 dBm +5 dBm +0.5 dB+1.5 dBm -27 dBm -28 dBm -8 dBm -8 dBm
ITU_T G984.3	Convergencia de transmisión	Subcapas GPON TC rango	Formato de trama Seguridad

		Ancho de banda dinámico
		Operaciones, administración y mantenimiento
ITU_T G984.4	Gestión ONT especificación de la interfaz de control	Inter operatividad entre OLTs y ONTs de diferentes proveedores
ITU_T G984.5	Mejoramiento de banda	Define longitudes de onda reservados para las señales de servicio adicionales utilizando WDM en la futura red GPON. Especifica los requisitos técnicos para la aplicación del filtro de longitud de onda en la ONT.
ITU_T G984.6	Mayor alcance	Describe los parámetros de la arquitectura y la interfaz para los sistemas GPON con mayor alcance

Nota: (Quisnancela & Espinosa, 2016)

2.2.10. Medios físicos dependientes

La certificación de la OND implica verificar la continuidad y los niveles de atenuación en los diferentes elementos de la red. (Quisnancela & Espinosa, 2016).

Tabla 2

Valores de referencia de los medios físicos dependientes (IUT-T G 984.x)

Medios Físicos Dependientes	
Máxima Velocidad Downstream	20488 Gbit/s
Máxima Velocidad UPstream	1244 Gbit/s
Máximo Alcance Físico	20 km
Máximo Alcance Lógico	60 km
Atenuación en Punto de Fusión	≤ 0.30 dB
Atenuación en Conectores Mecánicos	≤ 0.50 dB



Atenuación en Conectores	≤ 0.75 dB
Atenuación en Mangas	≤ 0.15 dB
Margen de Seguridad	+3 dB
Atenuación $\lambda = 1310$	0.35 dB/km
Atenuación $\lambda = 1550 / 1490$ nm	0.22 dB/km
Divisor Óptico (splitter)	
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

Nota: (Quisnancela & Espinosa, 2016)

2.2.11. Análisis de factibilidad mediante el árbol de problemas

Una de las prácticas como técnicas usadas, con la que se nos permite diferir el problema o una necesidad principal dando una causa y efecto de la misma, en su planteamiento y su análisis, corresponde definir qué se pretende satisfacer o cuál es el problema que se quiere resolver visualizando claramente su magnitud.

Un buen análisis del problema, se enfoca en identificar los aspectos negativos de una problemática a resolver, y a su vez necesitamos establecer las relaciones entre causa y efecto del problema o problemas detectados.

El análisis del problema nos puede brindar una idea o adelantar el análisis de soluciones las cuales serán la propuesta del objetivo de proyecto y esto ayuda en gran manera al ejercicio del diseño del proyecto, en el empleo de la herramienta denominada marco lógico.



A esta técnica en su conjunto para el análisis de problemas se le conoce como el árbol de problemas y soluciones. Conocido así por la semejanza que mantiene o refiere a un árbol y su estructura.

Tiene un método lógico utilizado normalmente en la planeación de proyectos para discutir, identificar, analizar y presentar gráfica y descrita el problema principal de dicho problema las causas que derivan de este y sus efectos o consecuencias.

Una vez se aplica esta herramienta y se determina, analiza valora la situación es muy cómodo proseguir con el diagramado del árbol de problemas, árbol de soluciones o árbol de objetivos. (Hernández & Garnica, 2015).

2.2.11.1. Construcción De Un Árbol De Problemas

En la construcción de un árbol de problemas tenemos que tener primero claras sus partes y así ir identificando qué parte de cada análisis le pertenece a cada cual e ir jerarquizando y priorizando lo que en verdad no ayudara a construir un árbol de problemas con la certeza de haber abarcado lo necesariamente fundamental.

El problema principal será el tronco del cual caen y se elevan diversos elementos (causas y efectos). que nos apoyarán para la construcción. El tronco viene a ser lo principal del análisis.

Para apoyarnos en conseguir la identificación del tronco o problema principal tenemos que tener claro cuál es el déficit o carencia mediante una lluvia de ideas se establecerá un juicio del grupo de análisis, así obtener el problema principal que afecta a la comunidad analizada.



Se debe tener mucho cuidado con las carencias o necesidades que deriven o dependa de la responsabilidad de un organismo o institución pues todas estas no dependerán de ti para su resolución siempre se verá afectado por el organismo o institución.

Las causas son la derivación que existen de tronco o problema principal y están ancladas al nivel inferior formando las raíces que alimentan el problema principal y viene a ser los pilares de la cuestión problemática. Y revelan las razones fundamentales de la problemática.

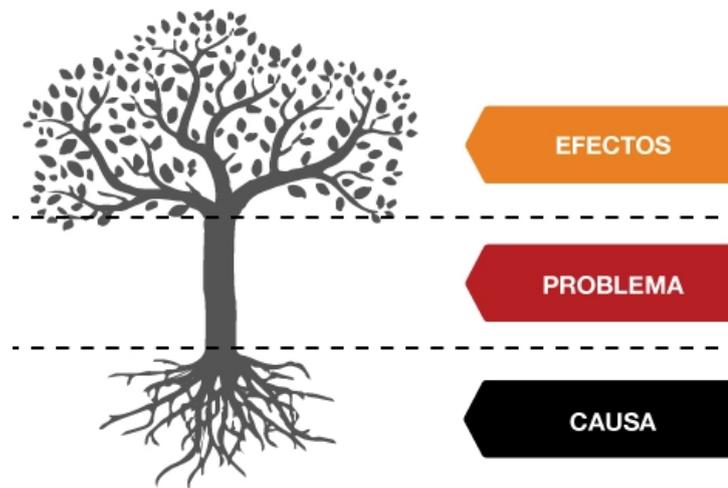
En este punto nos ayudan mucho las cuestiones y preguntas que hagamos por las cuales se está produciendo la problemática considerada indeseable. Nos preguntaremos las causas y las ubicaremos en la parte inferior.

Los efectos que nos ilustran las consecuencias y manifestaciones derivadas del problema principal nos hacen ver claramente cómo la cuestión afecta en varios aspectos.

Se muestra claramente que los efectos son importantes y entre más importantes son los efectos se necesita que esta misma tenga una solución y se va hasta la causa que la está ocasionando pero para la construcción inicial necesitamos tener en cuenta cuáles son los efectos que van derivados del tronco o problema principal, tenemos efectos de primer nivel y a su vez estos mismos pueden tener más efectos y se van ubicando en la parte superior del árbol y se va construyendo con la prioridad de la cual se regenera cada efecto. (González & Sánchez, 2023).

Figura 7

Partes de un Árbol de Problemas.



Nota: (Twind, 2023)



CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

Se analizarán, todos los componentes que serán empleados en el diseño de la red FTTH con el estándar GPON.

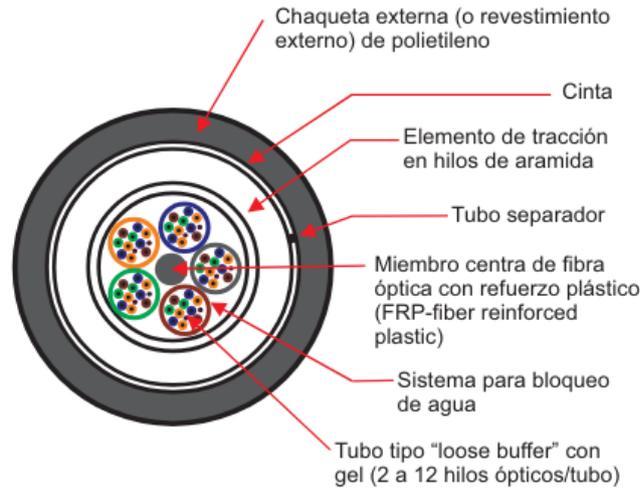
3.1.1. Fibra óptica

La fibra óptica es el medio por el cual se realizará el envío de información mediante los haz de luz, el que se empleará en el diseño por la zona, compatibilidad y seguridad será una fibra de tipo monomodo SM ADSS aéreo pues el desplazamiento se realizará por postes eléctricos, la fibra que cumple y brinda una cobertura meteorológica amplia por la zona geográfica es la de la marca Fiber-Home que ayuda con temperaturas bajas y vientos de intensidad media.

La fibra óptica SM ADSS O2 de 48 H, 24H con características absolutamente dieléctricas sin metal y sin conductividad ayudando al desplazamiento por postes eléctricos con alta fuerza de tracción bajo componente de expansión lineal, 20 años de vida útil (AMS-Cabletransmore, 2024), cumple con los estándares y con adaptación meteorológica. (Ver [Anexo 1](#)).

Figura 8

Fibra Óptica internamente



Nota: (Fiber-Home, 2023)

3.1.2. Terminal de línea óptica (OLT)

La OLT MA5801-GP08H2 es una OLT compacta y de densidad baja en forma de caja, que proporciona soluciones diversas para FTTH para la construcción de una red cómoda y eficientes, se puede implementar de manera flexible en escenarios de convergencia móvil fija, escenarios de cobertura de banda ancha nacional y escenarios de campus totalmente ópticos en una empresa.

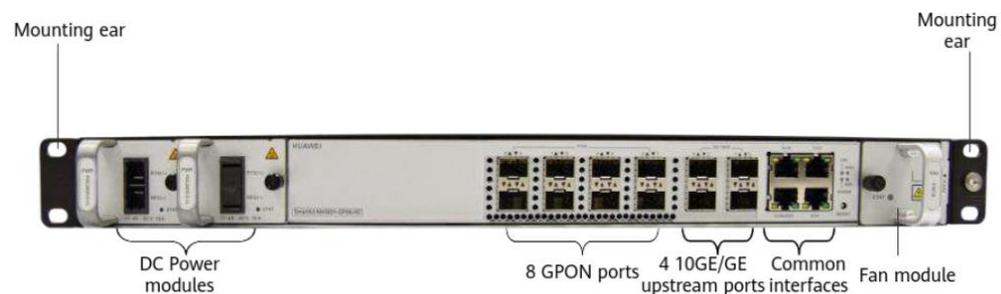
La OLT tiene forma de caja y alberga un módulo de control y servicio integrado ,1 módulo de ventilador enchufable y 2 módulos de alimentación enchufables, su montaje tiene las especificaciones IEC, el cual pueden ser implementado en rack o gabinetes del mercado actual.

Se pueden agregar 2 tarjetas para la escalabilidad del servicio que soporta GPON ,10GPON, EPON, 10 G-EPON con sus 8 puertos de trabajo. (Ver [Anexo 2](#)).

- Módulo de control es el núcleo de control del sistema y de la conmutación y escalado de servicios funciona del mismo modo como núcleo de gestión y control del sistema integrado de gestión de red.
- Módulo ascendente proporciona 4 puertos ascendentes 10GE/GE.
- Módulo de procesamiento de servicios trabaja conjuntamente con la unidad de red óptica ONU para proporcionar servicios de acceso GPON.
- Módulo de interfaz acepta funciones como entrada y salida de parámetros digitales de alarma.
- Módulo de potencia brinda energía a cada módulo funcional de la placa.
- Módulo de reloj genera señales de reloj para cada módulo funcional de la placa.

Figura 9

OLT MA5801-GP08H2



Nota: (Huawei, 2021)



3.1.3. Terminal de red óptica (ONT)

Los terminales de red óptica ONT por la estandarización ITU-T deben ser compatibles con las demás marcas y ayudar en cambios tecnológicos, pero según las recomendaciones brindadas por HUAWEI y para evitar dificultades en añadir un software extra, optaremos por la ONT que compite con las demás en precio y eficiencia de la marca HUAWEI Echolife EG8145V5, la cual nos garantiza ser compatible con la OLT MA5801-GP08H2 de la marca HUAWEI (Ver [Anexo 3](#)).

Especificaciones:

- Dimensiones: 17,3 cm x 1,2 cm x 3 cm
- Temperatura de trabajo: de 40°C a 0°C.
- Humedad de trabajo: de 5% a 95%.
- Alimentación: 100 V a 240 V CA.
- Alimentación del sistema: 11 V a 14 V.
- Puertos de la red: 01 GPON.
- Puertos de usuario: 1 POTS + 4GE + USB.
- Señales lumínicas: PON, LOS, LAN1, LAN2, LAN3, LAN4, USB, WLAN y WPS.

WIFI:

- IEEE 802.11b/g/n (2,4G).
- IEEE 802.11 a/n/ac (5G).
- 2 × 2 MIMO (2,4G y 5G).
- Ganancia de antena: 5 dBi.
- WMM/Múltiples SSID/WPS.

- 2,4G y 5G simultáneos.
- Velocidad de interfaz aérea: 300 Mbit/s (2,4G); 867 Mbps (5G).

Figura 10

ONT Huawei Echolife EG8145V5



Nota: (Huawei, 2020)

3.1.4. Distribuidor de fibra óptica (ODF)

Un distribuidor de fibra óptica ODF 48H debe tener factores característicos y específicos que ayuden en el diseño FTTH para el cual será dirigido y en la disposición del rack en gabinete así permita al equipo técnico hacer los mantenimientos y generar nuevos servicios a futuro.

Características:

- Cantidad de fibras: 48 por cada 1RU.
- Dimensiones: 43cm X 32cm X 2RU
- Rackeable de 19".
- Peso: 3.5kg.
- Incluye cable de salida conectorizado SC/UPC.

- Incluye pigtails y adaptadores.
- Instalación de conectores: FC, SC, ST y LC.
- Protección: Pintura epoxi de alta resistencia a rayados.

Figura 11

ODF de 48 hilos UPC de 2RU



Nota: (Multiplay, 2024)

3.1.5. Gabinete

El gabinete que se necesita para el desarrollo del diseño es el OAC-28U- A HUAWEI ayuda en la protección de los equipos y garantiza la impermeabilidad por sus factores IP que son necesarios para garantizar un trabajo eficiente.

Características:

- Dimensión: 1600 * 1100 * 650mm.
- Capacidad: 28U.
- Material: Metal inoxidable.
- Fuente de alimentación: AC/DC.
- Nivel de protección: IP55.

Figura 12

OAC-28U-A Huawei



Nota: (Telhua, 2023)

3.1.6. Caja de terminación para fibra óptica (NAP)

La caja de terminal óptico FDB 1x8 PLC, que se precisa para el diseño es una empotrable en poste con división de 1x8, que pueda aceptar terminales UPC, APC y con 3 salidas para facilitar la escalabilidad cuando se requiera.

Características:

- Caja de Distribución protección: IP65.
- Entrada de cables hasta 15 mm de diámetro.
- Máximo 08 salidas de Cable Drop.
- Hasta 08 adaptadores SC.
- Permite fusiones + 01 splitter 1x8.
- Protección adicional: UV.

Figura 13

Caja de terminal óptico FDB 1x8 PLC



Nota: (FDB, 2024)

3.1.7. Cierre de empalme de fibra óptica (MUFA)

Una MUFA es una caja de empalmes de diversas formas que garantiza la seguridad, impermeabilidad y protección de los puntos de fusión en una red de planta externa. Vienen de acuerdo con el diseño o proyección que tiene cada red 12H,24H,36H,48H,96H.144H y son a su vez implementados en postes, cables soportados y paredes. La MUFA escogida para este diseño es la MUFA DOMO 48 H vertical tipo bala.

Características:

- Dimensiones (mm): 44 x 24 x 24 cm.
- Peso embalado (kg): 2,8.
- Número máximo de bandejas de empalme: 5.
- Número de puertos: 4.
- Capacidad máxima (hilos): 48.
- Insumos para aislación.
- Insumos de instalación y fusión.

Figura 14

Mufa Tipo Domo 48 H



Nota: (Multiplay, 2023)

3.1.8. Caja de acceso universal

La caja de acceso universal va dirigida a darle protección, accesibilidad, segregación, organización, continuidad y distribución de cables ópticos en la red, el diseño de la caja nos permite realizar empalmes mecánicos, fusiones y organización de splitters. La caja de acceso universal Box (UAC) 4 puertos 128/256 fusiones IP68, escogida para el diseño nos soporta 256 hijos de fibra a diversas derivaciones.

Características:

- Dimensión: 553 X 288 X 100mm.
- Empalme máximo: 256 x empalmes.
- Puertos máximos: 4 puertos.
- Material: PVC con protección UV.

Figura 15

Caja de acceso universal.



Nota: (Merocom, 2020)

3.1.9. Divisor de fibra óptica (splitter)

Los divisores de fibra óptica nos ayudan a distribuir los haces de luz donde se transportan los datos a cada uno de los usuarios finales por un mismo filamento de fibra óptica se escogió divisores de fibra óptica de 1:8 y 1:16 para el nivel 1 y nivel 2 respectivamente o según el diseño lo disponga.

El divisor de fibra óptica FURUKAWA 1:8, 1:16 nos garantiza los valores fiables a su vez nos ayudan en el diseño de la red por tener fiabilidad en el mercado.

Características:

- Operación Longitud de onda: 1260 - 1650.
- Número de canal: 1x2,1x4,1x8,1x16,1x32,1x64.
- Pérdida de inserción (máx.): 3.7 dB,7.1 dB,10.5 dB,13.7 dB,17.1 dB,20.5 dB.

- Para: EPON, GPON, FTTH.
- Estándar: GR-1221, GR-1209.
- Temperatura de funcionamiento (°C): -50 – 85.

Figura 16

Divisor de fibra óptica.



Nota: (Furukawa, 2022)

3.1.10. Cable flexible de fácil acceso a las fibras (DROP)

El cable drop se usa para brindar al servicio al cliente final o usuario de última milla, vienen en diversas presentaciones, preconectorizados, conectorizados, libres de 01,02,04 fibras, el más eficiente cuenta con mensajero de acero para proteger la fibra óptica el cual ayuda a darte transporte por postes y diversos medios, se escogió para el diseño es el DROP Lubeck GJYXCH-1FO-3M de una sola fibra.

Características:

- Virola de zirconio de cerámica: 1,25 mm.
- Atenuación del conector (insertar, intercambio, repetir): ≤ 0.3 dB.
- Pérdida de retorno: $APC \geq 60$ dB, $UP \geq 50$ dB, $PC \geq 40$ dB.
- Resistencia de aislamiento: ≥ 1000 M Ω / 500 V. (DC).
- Tensión soportada: ≥ 3000 V (DC)/ 1 min.
- Temperatura de trabajo: -40 °C \sim $+ 60$ °C.
- Humedad relativa: $\leq 85\%$ (+ 30 °C).
- Largo: 2 kilómetros.
- Material: ABS y metal.
- Peso: 45Kg.
- Dimensiones: 420x420x450mm.

Figura 17

DROP fibra óptica de un 1 hilo



Nota: (Sincables, 2024)



3.1.11. Preformado

Los remates preformados vienen en diversas dimensiones y para diversos trabajos dependiendo de la tensión a la que será ejercida la fibra, el diámetro del recubrimiento exterior de la fibra y el herraje que se empleará en el transporte, se diferencian por colores, el compatible con la medida exterior de 10.7mm que tiene nuestra fibra troncal es de color naranja, el remate preformado PLP ADSS, Spawn 100/200 m para diámetros 10.2 – 11.2 mm tiene las siguientes especificaciones.

Características:

- Tensión de aplicación: 5.2 kN máximo.
- Marca: naranja.
- Longitud Total: 718 mm (28.2").
- Longitud de Aplicación: 487 mm (19.1").
- Para cable de fibra óptica: 10.2 – 11.2 mm.
- Pierna: Dispareja.
- Diseñado: Cable óptico dieléctrico.
- Material: Metal.

Figura 18

Preformado



Nota: (FIBRAMARKET, 2018)

3.1.12. Fleje metálico

El material BAND-IT es una cinta metálica con alta resistencia al óxido y de material no magnético y dirigido a trabajos en exterior de terminación limpia y uniforme que ayuda a la fijación de los herrajes junto con una hebilla que hace el medio de retención.

Características:

- Modelo: FLEJE DE ACERO INOXIDABLE 201SS 3/4.
- Material: ACERO INOXIDABLE 201SS.
- Peso: 3.5Kg.
- Rollo: 30.5m.
- Medida: 19.1 mm x 0.76 mm.
- Resistencia a la Ruptura: 1875 LBS.

Figura 19

Fleje metálico 3/4



Nota: (Electroferr, 2021)

3.1.13. Herraje de suspensión y anclaje

El Herraje de tensión viene fabricado en acero galvanizado para garantizar su resistencia al exterior y a los climas de la región humedad y radiación UV con mecanismo de seguridad, y está diseñado para trabajos en fibra óptica planta externa, el que se escogió para el diseño es el Herraje Tipo D y Aislador 53-1 que tiene el aislador con estándar ANSI 53-1.

Características:

- Modelo: Herraje Clevis Tipo D con aislador.
- Material: Acero galvanizado.
- Aislador: Cerámico ANSI53-1.
- Diámetro: 10cmx8cm.

Figura 20

Herraje de Suspensión y Anclaje



Nota: (GLOBALELECTRIC-SOLAR, 2022)

3.1.14. Crucetas

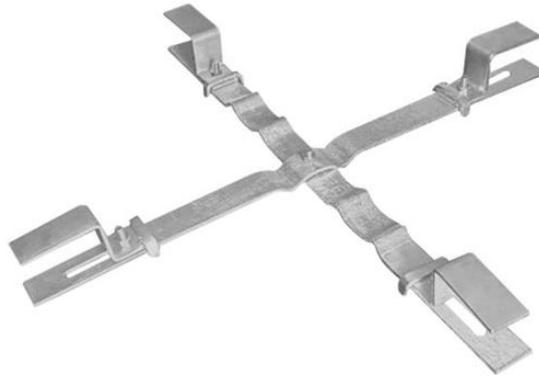
La cruceta es un soporte de reserva de cables los cuales ayudan a organizar las reservas con las que cuenta una red de fibra óptica para posteriores derivaciones o alta de nuevos servicios, hecho de acero galvanizado.

Características:

- Diámetro: 80cm x 80cm.
- Uso: poste, torre.
- Material: acero galvanizado.

Figura 21

Cruceta



Nota: (Superfiber, 2024)

3.1.15. Refractómetro en el dominio del tiempo (OTRD)

Óptica Time Domain Reflectometer (OTDR) o Refractómetro en el Dominio del Tiempo, es un instrumento de medición que sirve para evaluar una red de fibra óptica troncal de un punto A a un punto B en donde se visualizara punto a punto eventos en toda la trama analizada verificando fusiones, empalmes mecánicos, atenuaciones, rupturas, reflexión, refracción y terminales con algún problema. Para una red FTTH debido a las divisiones de primer y segundo grado se necesita un instrumento especializado, intelligent Optical Link Mapper IOLM o Mapeador de enlaces ópticos inteligente, el cual ayuda a determinar si en un punto del usuario final o usuario de última milla se encuentra alguna falla en la fibra y va dando una lectura más específica de los eventos ruptura, atenuación, niveles elevados, suciedad en los terminales, reflectancia, reflectancia, etc. La más conocida en el mercado y la que se requiere para dar la certificación de la red son las de la marca EXFO, por contar con servicio técnico en Perú donde pueden calibrarla dependiendo del tiempo requerido.

Figura 22

OTDR- IOLM EXFO-730D



Nota: (EXFO, 2023)

3.1.16. Medidor de Potencia

El Power Meter o Medidor de Potencia es un instrumento encargado de dar lectura al nivel de señal en un punto determinado, cada equipo ONT tiene un margen de trabajo en el cual se desempeña de un modo óptimo, excediendo o reduciendo los límites ocurren fallas en el mismo, el medidor de potencia nos ayuda a visualizar la potencia con la que está llegando el haz de luz desde la OLT.

Figura 23

Medidor de potencia



Nota: (EXFO, 2024)

3.1.17. Empalmadora de fibra óptica

El equipo encargado de hacer las fusiones es la Empalmadora óptica encargada de alinear los núcleos de dos fibras ya previamente limpiadas y con un corte de 90 grados y procediendo a someterlas a una temperatura por medio de electrodos que uniformizan los dos terminales volviendo los mismos en una sola pieza la pérdida por fusión en estos puntos no debe exceder de 0.10 dB para que la misma resulte óptima, este rango tiene que evaluarse por el promedio de un punto A a un punto B donde este ubicada la fusión.

Figura 24

Fusionadora Alineamiento por Núcleo



Nota: (FUJIKURA, 2021)

3.1.18. Odómetro

El equipo conocido como odómetro es un instrumento encargado de dar medida de forma secuencial del tramo que va a tomar la red de fibra óptica, el cual nos ayuda a tener una idea clara de la fibra óptica que se va requerir en la construcción de una red o en algún mantenimiento donde se requiera una medida en específico, a contar con una rueda que dirige el conteo en metros puede dar soporte técnico eficiente.

Figura 25

Odómetro



Nota: (TRUPER, 2024)

3.1.19. Transceiver

El Transceiver GPON OLT SFP+B56 es el escogido para el diseño el cual nos garantiza el acople de cambio, para que la red pueda estar enviando y recibiendo la señal de la OLT a las ONTs y viceversa cuenta con las siguientes características:

- Medios compatibles: Mono modo.
- Tipo de conector: SC/UPC.
- Transmisión: 1490 nm.
- Recepción: 1310 nm.
- Velocidad de datos descendentes: 2.5 Gbps
- Velocidad de datos ascendentes: 1.25 Gbps.
- Distancia: 20 km.
- cumple con ITU-T G.984.2.

Figura 26

Transceiver GPON OLT SFP+B56



Nota: (UBIQUITI, 2023)

3.2. METODOS

3.2.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación, está en la dirección de investigación aplicada y tiene un enfoque cuantitativo, nuestro desempeño está en determinar los parámetros de la red FTTH con el estándar GPON, con el estudio se establecerá la viabilidad y factibilidad para la solución del abonado de última milla en la urbanización Villa Derrama Administrativa y Paraíso. (Lozada, 2014) (Ujaén, 2016).

3.2.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es de tipo aplicada. (Lozada, 2014).

3.2.3. Línea de investigación

La línea en la que está ubicada la investigación es de Telecomunicaciones y redes de datos.



3.2.4. Población

Para el presente trabajo de investigación, la población está establecida en el diseño por la troncal de transporte y los 04 tramos de distribución, estos van en diseño por la Urbanización Villa Derrama Administrativa y Paraíso – Juliaca.

3.2.5. Muestra

La muestra es definida por la zona donde está ubicado el diseño de la troncal de transporte por la Carretera Sierra Sur, Calle 06 y Avenida Industrial, los 04 tramos de distribución en las 17 calles por donde están dirigidas la red del diseño hacia el abonado de última milla.

3.2.6. Delimitación del área de la investigación y Ubicación

El trabajo de investigación tiene como ubicación el Departamento de Puno Provincia de San Román y Distrito de Juliaca en la Urbanización Villa Derrama Administrativa y Paraíso, -15.540160, -70.106599, delimitado por:

- NORESTE: AVENIDA INDUSTRIAL
- SUR: CALLE N° 04.
- NORTE: JR. SAN JOSE.
- SUROESTE: JIRON. PORVENIR.

AMPLIACIÓN:

- SUR: CALLE 06.
- SURESTE: CARRETERA SIERRA SUR.

Figura 27

Límites de la urbanización villa derrama administrativa



Nota: Elaboración Propia

Figura 28

Limites nuevos con la ampliación



Nota: Elaboración Propia



3.2.7. Procedimientos

Los procedimientos del proyecto de investigación se verán dirigidos hacia el cumplimiento de los objetivos siguientes:

- Adquisición de datos para el proyecto de investigación, forma bibliográfica y en campo.
- Recolección de datos catastrales.
- Recolección de viviendas en la zona.
- Revisión de clientes.
- Recolección de empresas que ya brindan servicio de telecomunicaciones.
- Recolección de datos en infraestructura, eléctrica o telecomunicaciones.
- Diseño de la red FTTH con el estándar GPON, en el marco de los datos obtenidos, cálculos e información.

3.2.8. Instrumentos

La Gerencia de Desarrollo Urbano, Área de Control Urbano y Catastro de la Ciudad de Juliaca, de la cual tenemos el instrumento de datos adquiridos por la Municipalidad de Juliaca.

En campo tenemos el instrumento de GPS localizador para ubicar puntos en específico, los cuales no se encuentran en los planos de catastro.

Instrumento de procesamiento de datos son recabados en:

- Tablas de Microsoft Word.
- Google Earth Pro.
- AutoCAD.



CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DE RED EXISTENTE

En la actualidad el área donde está ubicada la urbanización Villa Derrama Administrativa y Paraíso no cuenta con servicios en redes de fibra óptica, el único medio por el que tenían acceso red de banda ancha era por medio de servicios inalámbricos los cuales por el avance y renovación tecnológica se ven mejorados por redes FTTH.

Para poder desarrollar un diseño de red se tienen que tener varios criterios básicos en redes FTTH los cuales deben ir respaldados por la parte de factibilidades técnicas. Ya realizada la revisión de los fundamentos en Planta externa, redes FTTH y los estándares ITU-T, podemos plasmar nuestro diseño de red FTTH con estándar GPON.

El diseño debe ir dirigido a optimizar las áreas donde irán dispuestas las cajas Nap para la distribución del servicio de acuerdo a los abonados que más requieren del servicio, esto debe ir apoyado con un análisis de demanda de abonados, así se incide más en los puntos donde el servicio será requerido prontamente y dejando los puntos más aislados con una disposición a ampliación o escalabilidad en futuro.

Es necesario hacer este análisis de demanda para aminorar costos innecesarios que no generarán una rentabilidad al proyecto y así se dispongan las redes en servicio con un buen ancho de banda maximizando la calidad y disminuyendo los cortes, molestias y mantenimientos.



4.2. ANALISIS DE DEMANDA DE ABONADO POTENCIALES

Se hace necesario realizar el análisis para determinar los clientes que ya cuentan con servicios inalámbricos, cuántos de estos quieren migrar, cuándo requieren un servicio nuevo y cuántos simplemente no desearían el servicio por diversos factores, teniendo en cuenta proyecciones para futuros clientes, a su vez esto tiene que venir justificado con la inversión que se requerirá.

La urbanización cuenta con 409 domicilios, de los cuales se tiene como finalidad brindar el servicio al 23.7% que vendrían a ser 97 domicilios con los cuales se justificaría la inversión económica y recuperación del capital invertido en un plazo de 3 años, se muestra la tabla 1 donde se ven detallado los datos obtenidos para el diseño, se considerarán 205 abonados finales que son el 50% de viviendas (criterio técnico de factibilidad asumida).

Tabla 3

Descripción de las vías de abonados potenciales

Tipo de vía	Nombre de la vía	Números de viviendas
Calle	Calle 1	48
Calle	Calle 2	48
Calle	Calle 3	24
Calle	Calle 4	12
Calle	Calle 5	0
Calle	Calle 6	4
Avenida	Avenida Industrial	44
Pasaje	Pasaje 1	20
Pasaje	Pasaje 2	18
Pasaje	Pasaje 3	26
Pasaje	Pasaje 4	10
Pasaje	Pasaje 5	4



Pasaje	Pasaje 6	9
Pasaje	Pasaje 7	20
Pasaje	Pasaje 8	18
Pasaje	Pasaje 9	14
Pasaje	Pasaje 10	4
Jirón	Odon Cárdenas Mayta	13
Jirón	Miguel Diaz Saldanha	14
Jirón	Velazco Alvarado	18
Jirón	San José	9
Jirón	Porvenir	32
NÚMERO DE VIVIENDAS EN TOTAL		409

Nota: Elaboración Propia

4.3. DISEÑO DE LA RED DE FIBRA

En la urbanización Villa Derrama Administrativa se cuentan con 409 viviendas, se proyecta dar servicio a 97 abonados finales teniendo esta base del 23.7% para que la inversión económica pueda ser recuperada en una proyección de tiempo adecuada, se realizará el diseño para el 50% viviendas así distribuirla entre los lugares con más afluencia habitacional. El desplazamiento de la fibra óptica se realizará de modo aéreo por postes de la empresa Electro Puno S.A.A.

Electro Puno S.A.A. por el aérea de seguridad y salud en el trabajo, capacita a todo aquel personal que intervendrá en algún trabajo, en todas las redes eléctricas o postes que pertenecen a la empresa, dando a conocer el reglamento interno de seguridad y salud en el trabajo, el cual brinda las siguientes buenas prácticas para la implementación de redes de fibra óptica por su infraestructura. (ElectroPuno-SAA, 2023).

Tabla 4*Criteria específicos de distanciamiento de la red fibra óptica vs redes eléctricas*

Redes eléctricas	Distancia de red eléctrica a fibra óptica
Baja Tensión	60 centímetros
Media Tensión	180 centímetros
Alta Tensión	Prohibido

Notas: (Electro-Puno-SAA, 2023)

Para el diseño de red FTTH en lo que concierne a Distancias Mínimas de Seguridad (DMS), será de acuerdo a la normativa del Código Nacional de Electricidad-Suministro 2011. RM-214-2011, el Código Nacional de Electricidad (CNE) es de uso obligatorio en el Perú. (Mamani & Cherino, 2022).

Tabla 5*Distancias mínimas de seguridad de fibra óptica respecto al suelo*

Cuando la fibra óptica cruza o sobresale	DMS en metros
Vías férreas de ferrocarril (excepto ferrovías electrificadas que utilizan conductores de trole aéreos.	7.3
Carreteras y avenidas sujetas al tráfico de camiones.	6.5
Caminos, calles y otras áreas sujetas al tráfico de camiones.	5.5
Calzadas, zonas de parqueo y callejones	5.5
Otros terrenos recorridos por vehículos tales como: cultivos, pastos, bosques, huertos, etc.	5.5
Espacios y vías peatonales no transitables por vehículos.	4.0
Calles y caminos en zonas rurales.	5.5
Áreas de agua no adecuadas para barcos de vela o donde su navegación está prohibida.	5.5
La fibra óptica recorre a lo largo y no sobresale	DMS en metros
Carretera y avenidas.	5.5
Caminos, calles o callejones.	5.0



Espacios y vías peatonales no transitables por vehículos.	4.0
Calles y caminos en zona rurales.	5.0
Caminos no carrozables en zonas rurales.	4.5

Nota: (Mamani & Cherino, 2022)

Como afecta las atenuaciones en la red, atendiendo la literatura en la parte número II, ITU- T G.984.X, ITU- T G.984.2, referencia del cual obtenemos:

Tasa de división óptica, pérdida de inserción ITU-T G.984.X. Tomando la hoja de datos de los splitters a utilizar en el diseño. (Ver [Anexo 4](#)).

Tabla 6

Atenuación por inserción de splitter óptico

Divisor óptico	Atenuación dB
1:2	3.7
1:4	7.1
1:8	10.5
1:16	13.7
1:32	17.1
1:64	20.5

Nota: Elaboración Propia

Atenuaciones adicionales al del splitter de primer nivel y segundo nivel.

Tabla 7

Atenuaciones en un diseño

Descripción	Atenuación dB
Empalme por Fusión	-0.1
Empalme Mecánico	-0.5
Perdida Por Inserción conector APC/UPC	-0.3 ~ -0.5
Fibra Óptica 1550nm	-0.3
Fibra Óptica 1490nm	-0.35
Fibra Óptica 1310nm	-0.45
Margen de Error (seguridad)	-3

Nota: Elaboración Propia.

Los splitters de primer nivel para la red son tomados por el criterio del diseñador para abarcar el número de abonados finales que se calculó como el 50%, 205 viviendas distribuidas en cuatro tramos R1, R2, R3, R4, los cuales tienen splitters de primer nivel de 1:16 ,1:8 ,1:8 ,1:8 respectivamente.

Los splittes de segundo nivel para la red son escogidos por criterio del diseñador según la distribución de los tramos y la densidad de viviendas en cada tramo, para optimizar las cajas NAP, los splitters que se emplean para los tramos R1, R2, R3, R4 son 1:8 ,1:8 ,1:8 ,1:8 respectivamente, estos se encuentran en las 35 cajas NAP que se encuentran distribuidas a lo largo de toda la urbanización.

El parámetro de potencia, sensibilidad y saturación de los equipos activos como la OLT y ONT a tener en cuenta por la normativa ITU-T G.984.2 y la ficha de datos de los equipos son los siguientes.

Tabla 8

Parámetros de potencia, sensibilidad y saturación

Descripción	Valor OLT dBm	Valor ONT dBm
Sensibilidad	-28	-27
Saturación	-8	-8
Potencia Máxima Media	+ 5.0	+ 5.0
Potencia Mínima Media	+ 1.5	+ 0.5

Nota: (Chayña, 2017)

El ancho de banda para los servicios que se ofrecen según diseño es:

Internet de alta velocidad, el cual oscila entre los 39 Mbps a 78 Mbps Downstream.

Telefonía IP, de 100 Kbps por servicio en Downstream y Upstream.

IPTV con alta definición, con un Upstream de 100 Kbps y en Downstream de 8 Mbps, en 5 canales en tiempo real dan 40 Mbps. El cual estará apartado para garantizar un servicio de calidad.

La relación del splitter y el ancho de banda para la OLT y su puerto GPON en Upstream.

La relación descrita en la tabla 9 nos ayuda a tener una relación splitter y ancho de banda, considerando los 97 abonados de última milla divididas en los 4 tramos nos darían en promedio 24 clientes y la relación que muestra es de 100 Mbps en Downstream y 50 Mbps en Upstream.

Tabla 9

Relación splitter y ancho de banda upstream

Splitter upstream 1.25 Gbps.	Ancho de banda upstream
1:2	625 Mbps
1:4	312 Mbps
1:8	156 Mbps
1:16	78 Mbps
1:32	39 Mbps
1:64	19.5 Mbps

Nota: (Mamani, 2022)

La relación del splitter y el ancho de banda para la OLT y su puerto GPON en Downstream.

Tabla 10

Relación splitter y ancho de banda downstream

Splitter downstream 2.5 Gbpsd	Ancho de banda downstream
1:2	1.25 Gbps
1:4	625 Mbps
1:8	312 Mbps
1:16	156 Mbps
1:32	78 Mbps
1:64	39 Mbps

Nota: (Mamani, 2022)

El presupuesto óptico, es la suma de las atenuaciones generadas en la Tabla 04. Estas las podemos poner en una lista.

AS1 = Atenuación del splitter del primer nivel.

AS2 = Atenuación del splitter del segundo nivel.



AFO = Atenuación de la fibra óptica (Dimensión)/Km., según longitud de onda.

1490nm = 0.35/km, 1310nm = 0.40/km.

AE = Atenuación de todos los empalmes.

AC = Atenuación de todos los conectores según su categoría, 0.35dB = UPC,
0.40dB = APC.

AM = Atenuación de margen de error (seguridad).

AT = Atenuación total.

$AT = (AS1 + AS2 + AFO + AE + AC + AM)$

Dimensión = Distancia de la troncal, tramo de distribución y tramo de
dispersión + Lups + reservas de distribución o proyectadas.

PPO = Presupuesto de potencia óptica.

PMO = Potencia media del OLT por el puerto GPON.

$PPO = PMO - (AT)dBm$.

El PPO debe encontrarse en el rango de potencia, sensibilidad y saturación
óptimas para que la señal no se vea afectada.



Tabla 11

Atenuaciones y presupuesto de potencia óptica en la red, OLT a ONT, 1490nm

Tramo	AS1	AS2	AFO	AE	AC	AM	-AT + PMO	Resultado dBm
R1	13.5	10.5	0.49	0.6	1.05	3	-29.14 + 5	- 24.14
R2	10.5	10.5	0.38	0.6	1.05	3	- 26.03 + 5	- 21.03
R3	10.5	10.5	0.60	0.6	1.05	3	- 26.25 + 5	- 21.25
R4	10.5	10.5	0.66	0.6	1.05	3	- 26.31 + 5	- 21.31
Troncal			0.52			3	- 3.52	- 3.52

Nota: Elaboración Propia

Tabla 12

Atenuaciones y presupuesto de potencia óptica en la red, ONT a OLT, 1310nm

Tramo	AS1	AS2	AFO	AE	AC	AM	-AT + PMO	Resultado dBm
R1	13.5	10.5	0.56	0.6	1.05	3	- 29.21 + 5	- 24.21
R2	10.5	10.5	0.44	0.6	1.05	3	- 26.09 + 5	- 21.09
R3	10.5	10.5	0.68	0.6	1.05	3	- 26.33 + 5	- 21.33
R4	10.5	10.5	0.73	0.6	1.05	3	- 26.38 + 5	- 21.38
Troncal			0.60			3	- 3.60	- 3.60

Nota: Elaboración Propia

4.4. RED DE FIBRA OPTICA TRANSPORTE

El diseño cuenta con el siguiente recorrido de fibra óptica para la alimentación; este recorrido se toma bajo el estándar FTTH y la optimización de materiales.

Se inicia en el SITE SECUNDARIO donde estará ubicado el equipo OLT de donde partirá la fibra óptica de 48 hilos el cual tiene la extensión descrita en la tabla

13.



Tabla 13

Distancia de la troncal con proyecciones

Desplazamiento y función	Fibra en metros
Site Secundario	30
Tramo Av. Mártires	142
Reserva de Cruce	20
Tramo Calle 06	135
Reserva 01 de Proyección	20
Tramo Calle 06	124
Reserva 02	20
Tramo Calle 06	150
Reserva 03	20
Tramo Calle 06	158
Mufa 01 Proyección	30
Tramo Av. Industrial	122
Reserva 04	20
Tramo Av. Industrial	111
Reserva 05	20
Mufa 02 Proyección	30
TOTAL	1480

Nota: Elaboración Propia

Se añadirá a la troncal de alimentación 150 metros, que sería el 10% del tramo, obteniendo 1630 metros de fibra de 48 hilos para la troncal de alimentación.

Figura 29

Desplazamiento de la troncal



Nota: Elaboración Propia

4.5. RED DE FIBRA OPTICA DISTRIBUCION

Se emplearán 4 tramos para la distribución de las Cajas Nap, distribuidas por las rutas R1, R2, R3, R4 y está distribuido del siguiente modo:

En la ruta del Tramo R1 de distribución, se utilizará fibra de 24 hilos.

Figura 30

Desplazamiento del primer tramo R1



Nota: Elaboración Propia



Tabla 14

Descripción del tramo R1

UBICACIÓN DE LA CAJA NAP	NUMERO DE LA CAJA	FIBRA OPTICA METROS
Calle 3	NAP 01 – R1	48
Calle 5	NAP 02 – R1	70
Calle 2	NAP 03 – R1	92
Pasaje 7	NAP 04 – R1	65
Calle 5	NAP 05 – R1	70
Pasaje 8	NAP 06 – R1	86
Calle 6	NAP 07 – R1	80
Pasaje 3	NAP 08 – R1	120
Pasaje 2	NAP 09 – R1	65
Pasaje 1	NAP 10 – R1	72
Calle 1	NAP 11 – R1	68
Avenida Industrial	NAP 12 – R1	63
TOTAL	12	900

Nota: Elaboración Propia

El splitter que se utilizará en el primer nivel será de 1:16 y en las cajas nap será de 1:8, así garantizamos que la señal se maneje en los rangos adecuados para el usuario final en la ONT.

La fibra troncal hasta la RESERVA 02 es de 491 metros y de la Reserva número 02 a la caja NAP 12 – R1 es de 900 metros.

$$PPO = PMO - (AT)dBm.$$

Presupuesto de potencia óptica = (conector UPC +conector APC + splitter 1:16 + splitter 1:8 + conector APC + Atenuación de todos los empalmes + tramo de fibra óptica + Atenuación de margen de error).

Presupuesto de potencia óptica = (0.45 dB + 0.30 dB + 13.5 dB + 10.5 dB + 0.30 db +0.6 dB + 0.49 db + 3 dB).

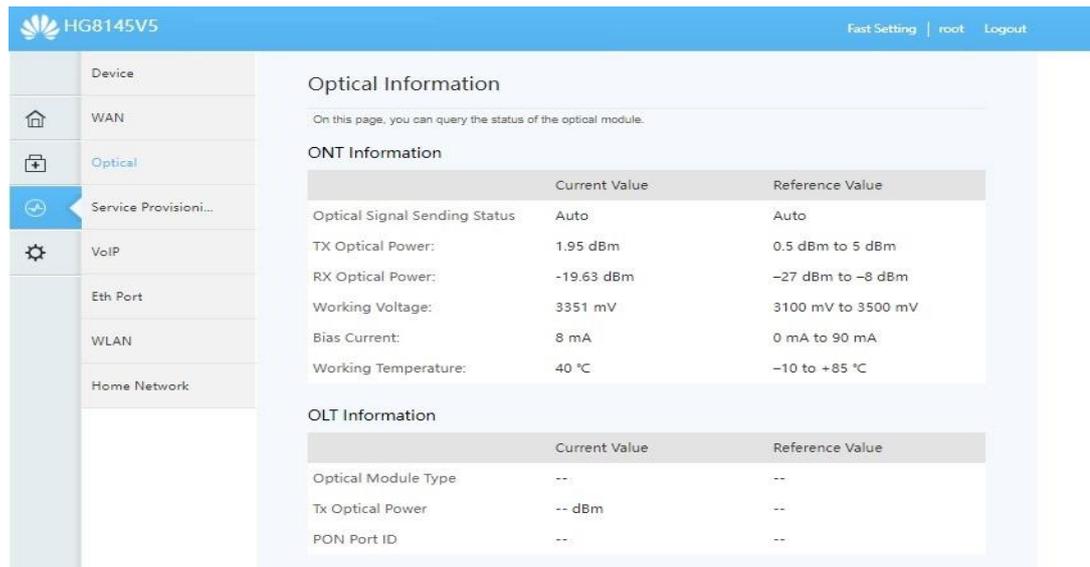
Presupuesto de potencia óptica = -29.14dB

La señal emitida por el equipo OLT (PMO) es de +5 dBm -24.14dBm del PPO = PMO - (AT)dB.

Presupuesto de potencia óptica = -24.14dBm la ONT Huawei tiene como rango de trabajo de -27dbm a -8dBm, teniendo -24.14dBm estamos en los rangos óptimos.

Figura 31

Información óptica ONT - HG8145v5



Nota: Elaboración Propia

El diagrama del tramo R1:

Figura 32

Diagrama del tramo R1



Nota: Diagrama del Tramo R1

En la ruta del Tramo R2 de distribución, se utilizará fibra de 24 hilos, teniendo como punto de inicio el SITE SECUNDARIO pasando por la RESERVA O3 y terminando en la NAP 20 – R2.

Figura 33

Desplazamiento del segundo tramo R2



Nota: Elaboración Propia



Tabla 15

Descripción del tramo R2

UBICACIÓN DE LA CAJA NAP	NUMERO DE LA CAJA	FIBRA OPTICA METROS
Pasaje 3	NAP 13 – R2	45
Pasaje 10	NAP 14 – R2	70
Pasaje 9	NAP 15 – R2	38
Pasaje 9	NAP 16 – R2	50
Pasaje 10	NAP 17 – R2	65
Calle 1	NAP 18 – R2	45
Calle 1	NAP 19 – R2	40
Avenida Industrial	NAP 20 – R2	80
TOTAL	8	433

Nota: Elaboración Propia

El splitter que se empleará en el primer nivel será de 1:8 y en las cajas nap será de 1:8, el tramo R2 cuenta con viviendas 80 viviendas con una división de 1:8 en el primer nivel y en el segundo de 1:8 estaremos ofreciendo niveles adecuados y dimensionamiento óptimo para estas viviendas.

La fibra troncal del SITE SECUNDARIO hasta la RESERVA 03 es de 664 metros y de la RESERVA 03 a la caja NAP 20 – R2 es de 433 metros.

$$PPO = PMO - (AT)dBm.$$

Presupuesto de potencia óptica = (conector UPC + conectar APC + splitter 1:8 + splitter 1:8 + conector APC + tramo de fibra óptica + Atenuación de todos los empalmes + Atenuación de margen de error).

Presupuesto de potencia óptica = (0.45 dB + 0.30 dB + 10.5 dB + 10.5 dB + 0.30 dB + 0.38 dB + 0.6 dB + 3 dB).

Presupuesto de potencia óptica = - 26.03 dB.

La señal emitida por el equipo OLT (PMO) es de +5 dBm - 26.03 dBm del
PPO = PMO - (AT)dBm.

Presupuesto de potencia óptica = - 21.03 dbm la ONT Huawei tiene como
rango de trabajo de -27 dBm a -8 dBm, teniendo -21.03 dBm estamos en los rangos
óptimos.

Figura 34

Información óptica ONT - HG8145v5

The screenshot shows the web interface for a Huawei HG8145V5 ONT. The left sidebar contains navigation options: Device, WAN, Optical, Service Provisioni..., VoIP, Eth Port, WLAN, and Home Network. The main content area is titled 'Optical Information' and includes a sub-section 'ONT Information' with the following data:

	Current Value	Reference Value
Optical Signal Sending Status	Auto	Auto
TX Optical Power:	1.95 dBm	0.5 dBm to 5 dBm
RX Optical Power:	-19.63 dBm	-27 dBm to -8 dBm
Working Voltage:	3351 mV	3100 mV to 3500 mV
Bias Current:	8 mA	0 mA to 90 mA
Working Temperature:	40 °C	-10 to +85 °C

Below this is the 'OLT Information' section with the following data:

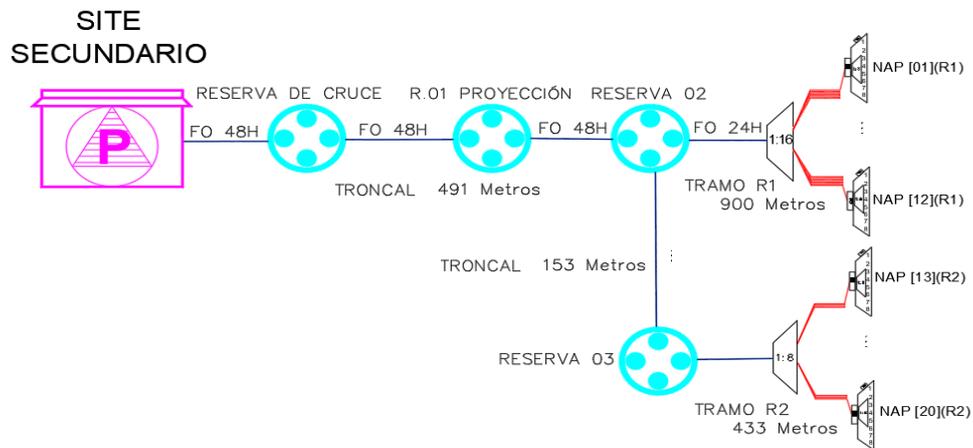
	Current Value	Reference Value
Optical Module Type	--	--
Tx Optical Power	-- dBm	--
PON Port ID	--	--

Nota: Elaboración Propia

El diagrama del Tramo R2

Figura 35

Diagrama del tramo R2



Nota: Elaboración Propia

En la ruta del Tramo R3, se empleará fibra óptica de 24 hilos y el recorrido inicia en el SITE SECUNDARIO pasando por la RESERVA 05 hasta el NAP 28 – R3.

Figura 36

Desplazamiento del tercer tramo R3



Nota: Elaboración Propia



Tabla 16

Descripción del tramo R3

UBICACIÓN DE LA CAJA NAP	NUMERO DE LA CAJA	FIBRA OPTICA METROS
Calle 4	NAP 21 – R3	35
Calle 4	NAP 22 – R3	85
Calle 4	NAP 23 – R3	85
Calle 4	NAP 24 – R3	80
Calle 2	NAP 25 – R3	55
Pasaje 6	NAP 26 – R3	90
Calle 2	NAP 27 – R3	70
Calle 3	NAP 28 – R3	80
TOTAL	8	580

Nota: Elaboración Propia

El splitter que se empleará en el primer nivel será de 1:8 y en las cajas nap será de 1:8, estaremos ofreciendo niveles adecuados y dimensionamiento óptimo para estas viviendas.

La fibra troncal del SITE SECUNDARIO hasta la RESERVA 05 ES DE 1122 metros y de la RESERVA 05 a la caja NAP 28 – R3 es de 580 metros.

$$PPO = PMO - (AT)dBm.$$

Presupuesto de potencia óptica = (conector UPC +conector APC+ splitter 1:8 + splitter 1:8 + conector APC + tramo de fibra óptica + Atenuación de todos los empalmes + Atenuación de margen de error).

Presupuesto de potencia óptica = (0.45 dB + 0.30 dB + 10.5 dB + 10.5 dB + 0.30 db + 0.60 dB + 0.6 dB + 3 dB).

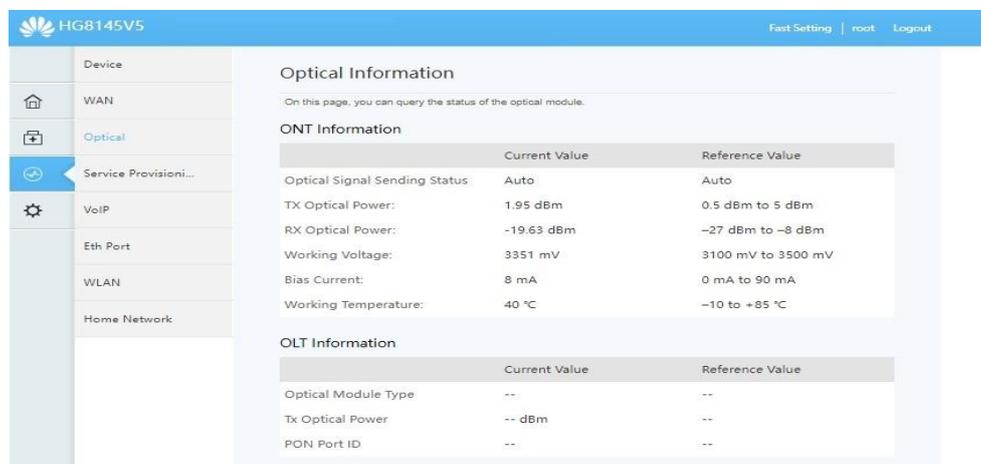
Presupuesto de potencia óptica = -26.25 dB.

La señal emitida por el equipo OLT (PMO) es de +5 dBm -26.25 dBm del PPO
= PMO - (AT)dBm.

Presupuesto de potencia óptica = -21.25 dbm la ONT Huawei tiene como rango de trabajo de -27 dBm a -8 dBm, teniendo -21.25 dBm estamos en los rangos óptimos.

Figura 37

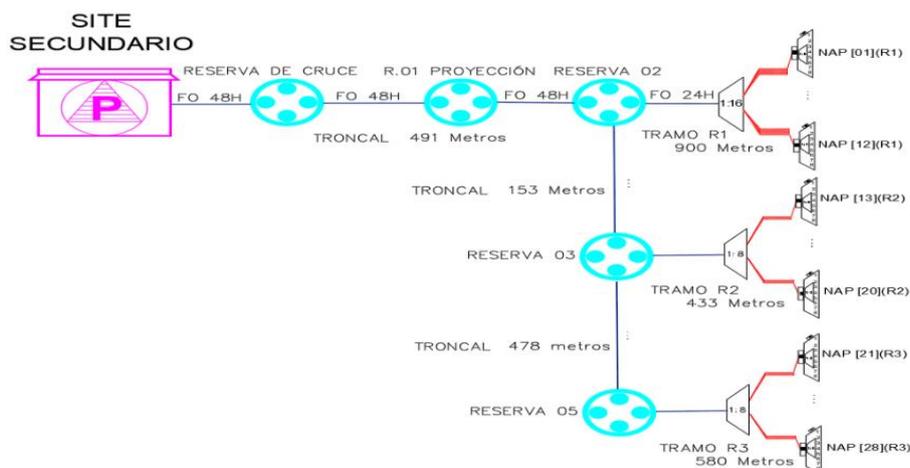
Información óptica ONT - HG8145v5



Nota: Elaboración Propia

Figura 38

Diagrama del tramo R3



Nota: Elaboración Propia

En la ruta del Tramo R4, se empleará fibra óptica de 24 hilos y el recorrido inicia en el SITE SECUNDARIO pasando por las RESERVA 05 hasta el NAP 35 – R4.

Figura 39

Desplazamiento del cuarto tramo R4



Nota: Elaboración Propia

Tabla 17

Descripción del tramo R4

UBICACIÓN DE LA CAJA NAP	NUMERO DE LA CAJA	FIBRA OPTICA METROS
Jr. Odon Cárdenas Mayta	NAP 29 – R4	105
Jr. Miguel Diaz Saldanha	NAP 30 – R4	155
Jr. Velazco Alvarado	NAP 31 – R4	115
Jr. Porvenir	NAP 32 – R4	100
Jr. Porvenir	NAP 33 – R4	75
Jr. Porvenir	NAP 34 – R4	80
Jr. Porvenir	NAP 35 – R4	65
TOTAL	7	695

Nota: Elaboración Propia



El splitter que se empleará en el primer nivel será de 1:8 y en las cajas nap será de 1:8, estaremos ofreciendo niveles adecuados y dimensionamiento óptimo para estas viviendas.

La fibra troncal del SITE SECUNDARIO hasta la RESERVA 05 ES DE 1,122 metros y de la RESERVA 05 a la caja NAP 35 – R4 es de 695 metros.

$$PPO = PMO - (AT)dBm.$$

Presupuesto de potencia óptica = (conector UPC +conector APC + splitter 1:8 + splitter 1:8 + conector APC + tramo de fibra óptica + Atenuación de todos los empalmes + Atenuación de margen de error).

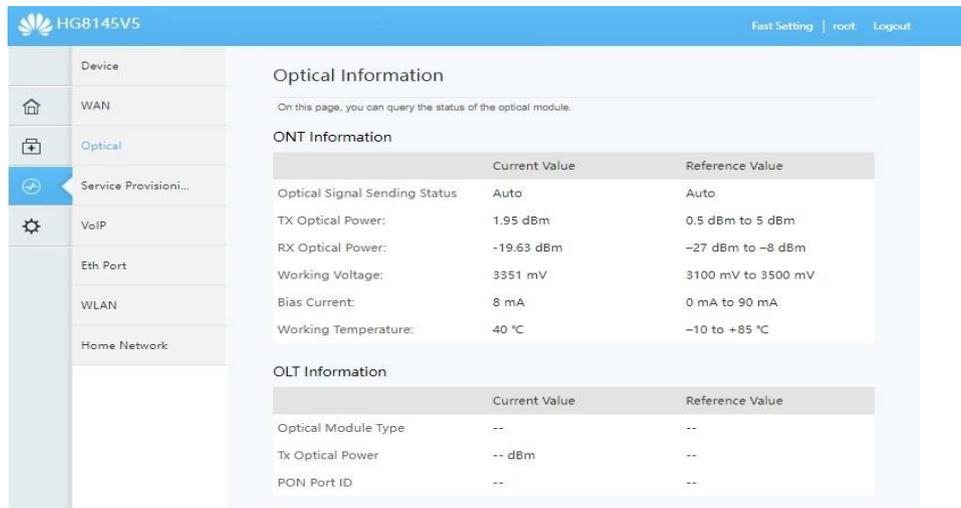
$$\text{Presupuesto de potencia óptica} = (0.45 \text{ dB} + 0.30 \text{ dB} + 10.5 \text{ dB} + 10.5 \text{ dB} + 0.30 \text{ dB} + 0.66 \text{ dB} + 0.6 \text{ dB} + 3 \text{ dB}).$$

$$\text{Presupuesto de potencia óptica} = - 26.31 \text{ dB}.$$

La señal emitida por el equipo OLT es de + 5 dBm -26.31 dBm del Presupuesto de potencia óptica = -21.31 dbm la ONT Huawei tiene como rango de trabajo de -27 dBm a -8 dBm, teniendo -21.31 dBm estamos en los rangos óptimos.

Figura 40

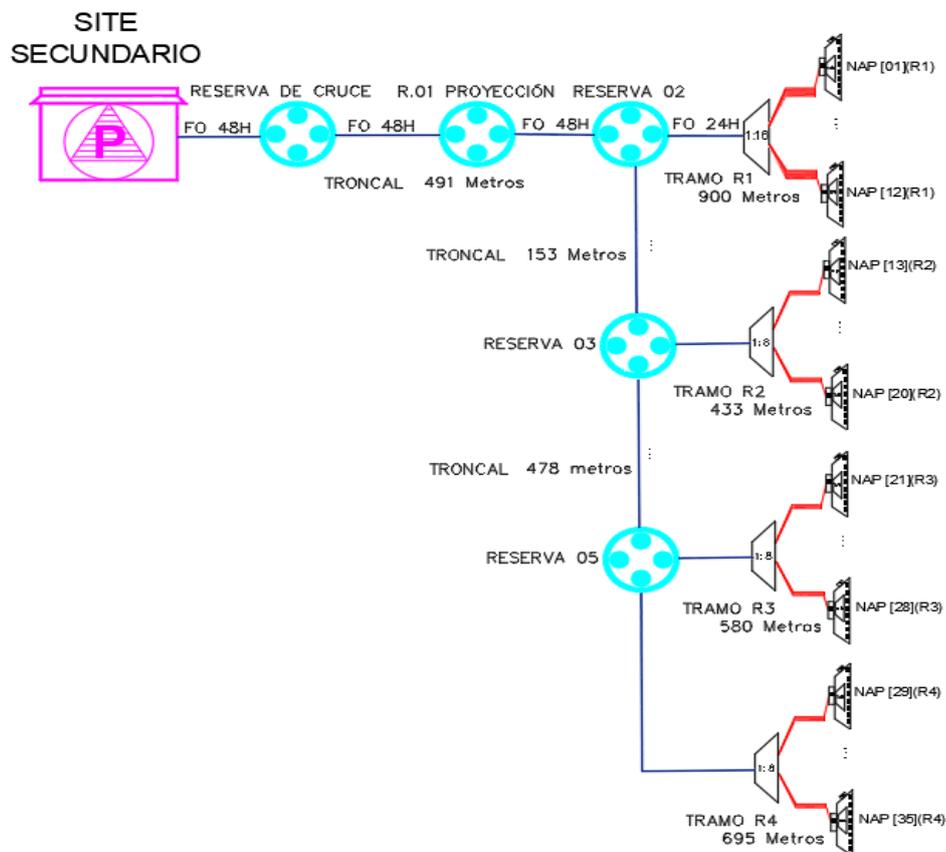
Información óptica ONT - HG8145v5



Nota: Elaboración Propia

Figura 41

Diagrama del tramo R4



Nota: Elaboración Propia

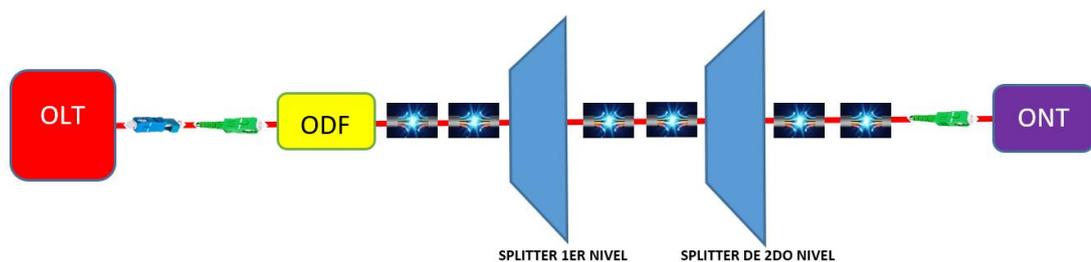
Planos descriptivos del diseño (ver [Anexo 5](#)).

4.6. CALCULO DE ATENUACIONES

El cálculo de atenuaciones se da sumando todos los elementos pasivos que están a lo largo de la troncal y los tramos que se encuentran en la figura 42.

Figura 42

Elementos pasivos desde el OLT A ONT



Nota: Elaboración Propia

La distancia de fibra óptica en el diseño es el siguiente:

Tabla 18

Atenuación de dimensión de fibra óptica

Descripción	Descripción de fibra	Punto inicial y final	Distancia a fibra de 48/24 = total	Atenuación distancia downstream 1490nm ,0.35/km.	Atenuación distancia upstream 1310nm ,0.40dBm/km.
troncal	48h	site secundario/mufa 02-proyectada.	1630 metros	0.52db	0.60db
tramo R1	48h/24h	site secundario/caja nap 12 – r1	491+900= 1391 m	0.49db	0.56db



tramo R2	48h/24h	site secundario/ca ja nap 20 – r2	664+433= 1097 m	0.38db	0.44db
tramo R3	48h/24h	site secundario/ca ja nap 28 – r3	1122+580 =1702 m	0.60db	0.68db
tramo R4	48h/24h	site secundario/ca ja nap 35 – r4	1122+695 =1817 m	0.66db	0.73db

Nota: Elaboración Propia

Completamos el cálculo de atenuaciones con los datos de la tabla 03, donde se nos dan las atenuaciones por los Splitters en primer y segundo nivel.

AS1 = Atenuación del splitter del primer nivel.

AS2 = Atenuación del splitter del segundo nivel.

AFO = Atenuación de la fibra óptica (Dimensión)/Km., según longitud de onda.

1490nm = 0.35/km, 1310nm = 0.40/km.

AE = Atenuación de todos los empalmes.

AC = Atenuación de todos los conectores según su categoría, 0.35 dBm=UPC,
0.40 dBm=APC.

AM = Atenuación de margen de error.

AT = Atenuación total.

$AT = (AS1+AS2+AFO+AE+AC+AM)$

Dimensión = Distancia de la troncal, tramo de distribución y tramo de dispersión + Lups + reservas de distribución o proyectadas.

Tabla 19

Atenuaciones en la red OLT a ONT, 1490nm

Tramo	AS1	AS2	AFO	AE	AC	AM	-AT
R1	13.5	10.5	0.49	0.6	1.05	3	- 29.14
R2	10.5	10.5	0.38	0.6	1.05	3	- 26.03
R3	10.5	10.5	0.60	0.6	1.05	3	- 26.25
R4	10.5	10.5	0.66	0.6	1.05	3	- 26.31
Troncal			0.52			3	- 3.52

Nota: Elaboración Propia

Tabla 20

Atenuaciones en la red ONT a OLT, 1310nm

Tramo	AS1	AS2	AFO	AE	AC	AM	-AT
R1	13.5	10.5	0.56	0.6	1.05	3	- 29.21
R2	10.5	10.5	0.44	0.6	1.05	3	- 26.09
R3	10.5	10.5	0.68	0.6	1.05	3	- 26.33
R4	10.5	10.5	0.73	0.6	1.05	3	- 26.38
Troncal			0.60			3	- 3.60

Nota: Elaboración Propia

4.7. CALCULO DE PRESUPUESTO DE POTENCIA OPTICA

Teniendo los datos de las atenuaciones por tramos y de la troncal se puede calcular el presupuesto de potencia óptica para cada uno de los tramos.

PPO = Presupuesto de potencia óptica.

PMO = Potencia media del OLT por el puerto GPON.

$PPO = PMO - (AT)dBm.$



El PPO debe encontrarse en el rango de potencia, sensibilidad y saturación óptimas para que la señal no se vea afectada.

$PMO = +5$ dBm nivel de potencia emitida por el Transceiver – GPON OLT SFP+B56.

Tabla 21

Presupuesto de potencia óptica ONT a OLT, 1490nm

Tramo	AS1	AS2	AFO	AE	AC	AM	-AT + PMO	PPO -dBm
R1	13.5	10.5	0.49	0.6	1.05	3	- 29.14 + 5	- 24.14
R2	10.5	10.5	0.38	0.6	1.05	3	- 26.03 + 5	- 21.03
R3	10.5	10.5	0.60	0.6	1.05	3	- 26.25 + 5	- 21.25
R4	10.5	10.5	0.66	0.6	1.05	3	- 26.31 + 5	- 21.31
Troncal			0.52			3	- 3.52	- 3.52

Nota: Elaboración Propia

Tabla 22

Presupuesto de potencia óptica OLT a ONT, 1310nm

Tramo	AS1	AS2	AFO	AE	AC	AM	-AT + PMO	PPO -dBm
R1	13.5	10.5	0.56	0.6	1.05	3	- 29.21 + 5	- 24.21
R2	10.5	10.5	0.44	0.6	1.05	3	- 26.09 + 5	- 21.09
R3	10.5	10.5	0.68	0.6	1.05	3	- 26.33 + 5	- 21.33
R4	10.5	10.5	0.73	0.6	1.05	3	- 26.38 + 5	- 21.38
Troncal			0.60			3	- 3.60	- 3.60

Nota: Elaboración Propia

Tabla 23

Presupuesto de potencia óptica OLT a ONT 1550nm

Tramo	AS1	AS2	AFO	AE	AC	AM	-AT + PMO	PPO -dBm
R1	13.5	10.5	0.42	0.6	1.05	3	- 29.07 + 5	- 24.07
R2	10.5	10.5	0.33	0.6	1.05	3	- 25.98 + 5	- 21.98
R3	10.5	10.5	0.51	0.6	1.05	3	- 26.16 + 5	- 21.16
R4	10.5	10.5	0.55	0.6	1.05	3	- 26.2 + 5	- 21.2
Troncal			0.44			3	- 3.44	- 3.44

Nota: Elaboración Propia

4.8. RESULTADO Y DISCUSION

Tabla 24

Contraste de rangos en OLT

Tramo	ITU-T G984.2 (rango admisible)	EQUIPO (rango óptimo) ¹	RESULTADO (Análisis)	% limite
R1	-8dBm ~ -28dBm	-8dBm ~ -28dBm	- 24.14 dBm	82
R2	-8dBm / -28dBm	-8dBm / -28dBm	- 21.03 dBm	65.15
R3	-8dBm / -28dBm	-8dBm / -28dBm	- 21.25 dBm	66.25
R4	-8dBm / -28dBm	-8dBm / -28dBm	- 21.31 dBm	66.55

Nota: Elaboración Propia

Tabla 25

Contraste de rangos en ONT

Tramo	ITU-T G984.2 (Rango admisible)	EQUIPO (rango óptimo) ²	RESULTADO (Análisis)	% limite
R1	-8dBm / -27dBm	-8dBm / -27dBm	- 24.21 dBm	85.32
R2	-8dBm / -27dBm	-8dBm / -27dBm	- 21.09 dBm	68.90
R3	-8dBm / -27dBm	-8dBm / -27dBm	- 21.33 dBm	70.15

¹ Fuente: (Huawei, 2021)

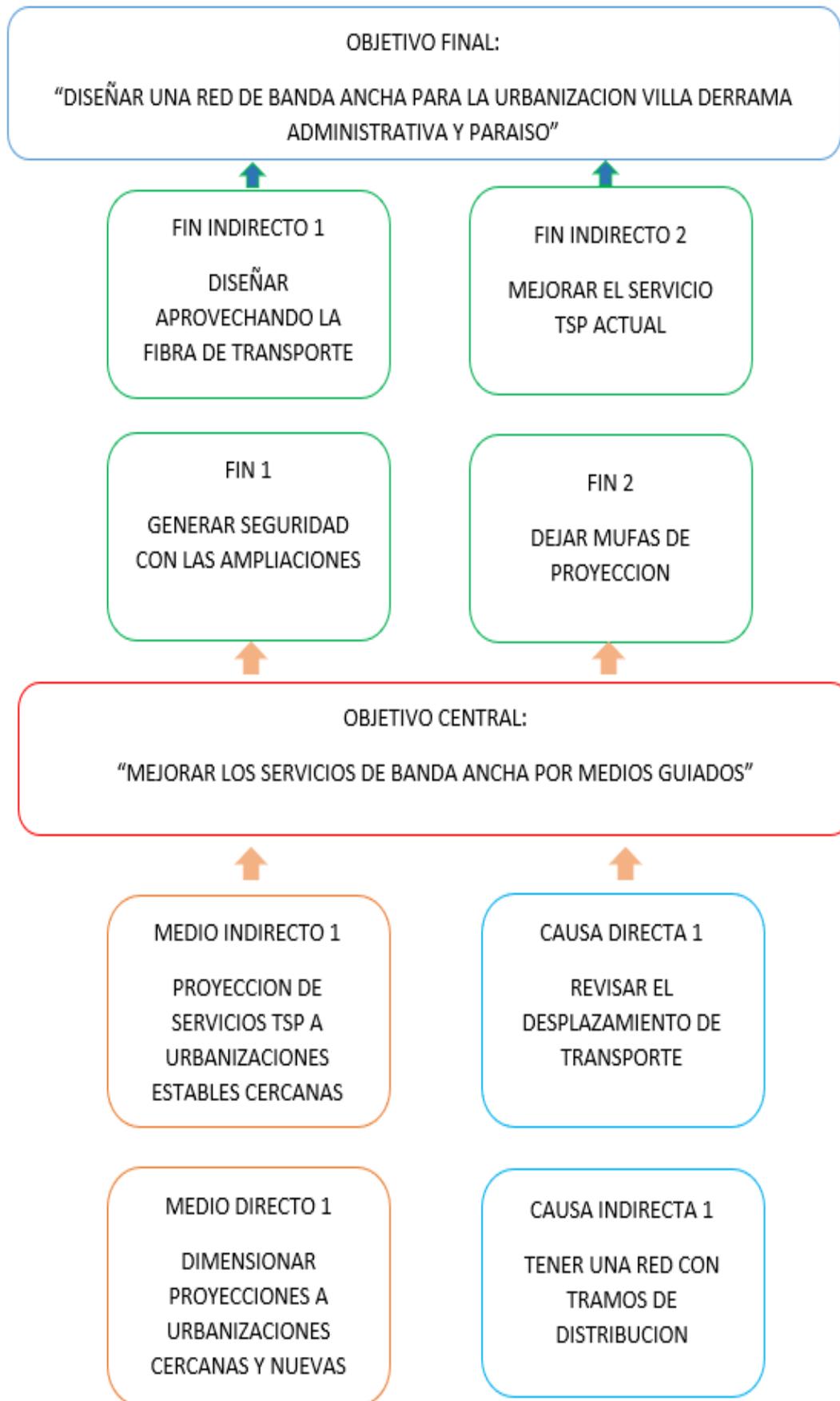
² Fuente: (Huawei, 2020)

R4	-8dBm / -27dBm	-8dBm / -27dBm	- 21.38 dBm	70.42
----	----------------	----------------	-------------	-------

Nota: Elaboración Propia

4.9. ARBOL CAUSA EFECTO







4.10. CALCULOS DE PRESUPUESTOS ECONOMICOS

El cálculo de inversión total de la implementación será de 209,032 soles, que será descrita y desarrollada en la siguiente tabla.

4.10.1. Despliegue de fibra óptica y equipos

En este punto se considera el pago por alquiler de todos los postes a utilizar, recorrido de fibra de transporte y distribución como se describió en el diseño la Trocal y los 04 tramos, los equipos pasivos, activos, fusionadora, medidor de potencia, OTDR y acabados, los cuales ascienden a un costo de 180 939 soles.

4.10.2. Gastos administrativos e imprevistos

Se considerarán los gastos generados en la presentación del expediente a la empresa quien alquilará la infraestructura para la autorización de la red, visita de supervisión y habilitación de los técnicos para la ejecución del proyecto. Se tomará el 10% del despliegue de fibra óptica e instalación de equipos por 18 093 soles.

4.10.3. Supervisión y liquidación

La supervisión constará de un profesional en el área que brindará el soporte para cualquier modificación, ampliación y verificará la seguridad del personal encargado del despliegue e implementación para lo cual se considera 10 000 soles.



Tabla 26

Cálculo de presupuesto económico en despliegue

Despliegue de Fibra Óptica e instalación de equipos				
Equipos y Materiales	Und.	Cant.	P. Unitario S/.	P. Total S/.
OLT MA5801-GP08H2	und	01	18900	18 900
ONT HUAWEI EG8145V5	und	250	240	60 000
ODF de 48 hilos UPC de 2RU	und	01	200	200
OAC-28U-AHUAWEI Gabinete	und	01	7400	7 400
Box (UAC) 4 puertos	und	01	450	450
Mufa Tipo Domo 48 H.	und	05	250	1 250
Caja Nap FDB 1x8 PLC.	und	40	75	3 000
Splitter FURUKAWA 1:16	und	01	32	32
Splitter FURUKAWA 1:8	und	03	28	84
Clevi Tipo D con Aislante	und	350	6	2 100
Caja de Fleje de Acero 5/8 30m.	und	20	180	3 600
Caja de Hebilla 5/8 100und	und	04	60	240
Cruceta Galvanizada 80cm.	und	05	18	90
Cruce Americano Herraje	und	25	12	300
Preformado Azul, Rojo y amarillo	und	350	10	3 500
Bobina Acero 13mm Cruces 2k	und	01	2300	2 300
Bobina Fibra 48 Hilos ADSS 5k	und	01	18480	18 480
Bobina Fibra 24 Hilos ADSS 5k	und	01	10388	10 388



Bobina Drop 01 Hilo ADSS 2k	und	01	450	450
Consumibles	Gnrl	01	300	300
Alquiler Postes Baja Tensión x mes	und	150	4.5	675
Alquiler Poste media Tensión x mes	und	05	6.0	30
Fusionadora Fujikura 90S+	und	01	24150	24 150
Medidor de Potencia EXFO	und	01	2300	2 300
OTDR- IOLM EXFO- 730D	und	01	20 720	20 720
TOTAL				180 939

Nota: Elaboración Propia

Tabla 27

Cálculo de presupuesto económico administrativo

Gastos Administrativos E imprevistos	Und.	Cant.	Punitorio S/.	P. Total S/.
Presentación del Expediente	Gnrl.	01	10%	18 093
Representación Legal	Gnrl.	01	10%	
Imprevistos	Gnrl.	01	10%	
TOTAL				18 093

Nota: Elaboración Propia

Tabla 28

Cálculo de presupuesto económico liquidación

Supervisión y liquidación	Und.	Cant.	P. Unitario S/.	P. Total S/.
Profesional del Área	Gnrl	01	4 000	4 000
Liquidación	Gnrl	01	6 000	6 000
TOTAL				10 000

Nota: Elaboración Propia



Tabla 29

Cálculo de presupuesto económico

CALCULO DE PRESUPUESTO ECONOMICO			
Detalle y Descripción	Und	Cant.	Cant. Total, S/.
Despliegue de Fibra Óptica e instalación de equipos	Gnrl	01	180 939
Gastos Administrativos E imprevistos	Gnrl	01	18 093
Supervisión y liquidación	Gnrl	01	10 000
TOTAL			209 032

Nota: Elaboración Propia

Tabla 30

Proyección de retorno de capital

Proyección Para la Recuperación del Capital				
Abonado de Ultima Milla	Plan Estándar S/.	Meses	Recuperación S/.	% de Recuperación
97	59.9	36	209 170.8	100.06
205	59.9	36	442 062	211.48
409	59.9	36	881 967.6	421.92

Nota: Elaboración Propia

Tabla 31

Datos de despliegue solo del tramo R4

Despliegue de Fibra Óptica e instalación de equipos Solo Para el Tramo R4					
Equipos y Materiales	Und.	Cant.	P. Unitario S/.	P. Total S/.	
OLT MA5801-GP08H2	und	01	18900	18 900	
ONT HUAWEI EG8145V5	und	20	240	4 800	
ODF de 48 hilos UPC de 2RU	und	01	200	200	



OAC-28U-AHUAWEI Gabinete	und	01	7400	7 400
Box (UAC) 4 puertos Caja Universal	und	01	450	450
Mufa Tipo Domo 48 H.	und	05	250	1 250
Caja Nap FDB 1x8 PLC.	und	10	75	750
Splitter FURUKAWA 1:16	und	00	00	00
Splitter FURUKAWA 1:8	und	01	28	28
Clevi Tipo D con Aislante	und	140	6	840
Caja de Fleje de Acero 5/8 30m.	und	12	180	2 160
Caja de Hebilla 5/8 100und	und	02	60	120
Cruceta Galvanizada 80cm.	und	02	18	36
Cruce Americano Herraje	und	2	12	24
Preformado Azul, Rojo y amarillo	und	140	10	140
Bobina Acero13mmCruces 2k	und	01	2300	2 300
Bobina Fibra 48 Hilos ADSS 5k	und	01	18480	18 480
Bobina Fibra 24 Hilos ADSS 5k	und	01	10388	10 388
Bobina Drop 01 Hilo ADSS 2k	und	01	450	450
Consumibles	Grml	01	300	300
Alquiler Postes Baja Tensión x mes	und	60	4.5	270
Alquiler Poste media Tensión x mes	und	04	6.0	24
Fusionadora Fujikura 90S+	und	01	24150	24 150



Medidor de Potencia EXFO	und	01	2300	2 300
OTDR- IOLM EXFO- 730D	und	01	20 720	20 720
TOTAL				116 480

Nota: Elaboración Propia

Tabla 32

Proyección del retorno de capital

Proyección Para la Recuperación del Capital Solo del Tramo R4				
Abonado de Ultima Milla	Plan Estándar S/.	Meses	Recuperación S/.	% de Recuperación
65	59.9	36	138 128	101.47
58	59.9	36	125 071.2	90.54
116	59.9	36	250 142.4	181.09

Nota: Elaboración Propia

Con el 23.7% con el que después de las ampliaciones se tendría la recuperación del capital invertido en 36 meses, no se podría obtener los mismos resultados solo con el tramo R4, el cual necesitaría tener el 56.03% de abonados de última milla para tener un retorno de capital en los plazos dispuestos.

4.11. DISCUSIÓN

Los resultados nos dan respuesta al segundo objetivo específico de verificar la factibilidad del diseño si este se llevara a implementación los niveles de atenuación mostrados en la tabla 23 son: -29.14 dB en el tramo R1 , -26.03 dB en R2, -26.25 dB en R3 y -26.31 dB en R4 los cuales revisados con los antecedentes de investigación harían factible la distribución de red de banda ancha ya teniendo los niveles de potencia en cada uno de los tramos de distribución en la ONT : -24.14 dBm(R1),-21.03 dBm(R2),-21.25 dBm(R3) y -21.31(R4) los cuales se hallan en la tabla 22 y 23, hacen



que el diseño sea recomendable para brindar servicios TSP hacia el abonado de última milla.



V. CONCLUSIONES

- Las buenas prácticas recomendadas por las normativas ITU-T G984.X aseguraron la escalabilidad de la troncal de transporte de 48 hilos: 4 utilizados en los tramos de distribución R1 a R4, y 44 en las reservas de proyección RP1 a RP5; y considerando la capacidad de la OLT en cada puerto GPON B+ que admite 128 abonados de última milla, totalizando 5632 abonados de última milla en la proyección del diseño.
- La fiabilidad del diseño de red de acceso FTTH en servicios TSP (VoIP, internet de alta velocidad e IPTV); mostraron rangos de confiabilidad en las atenuaciones de la red de transporte y distribución con un margen de seguridad de 3dB (Mamani & Cherino, 2022): -29.14dB en el tramo R1, -26.03dB en R2, -26.25dB en R3 y -26.31dB en R4; con splitteos para el tramo R1 (de mayor atenuación): 1:16 en el primer nivel RP2, 1:8 en el segundo nivel (abonados de última milla); tramos R2 a R4 : 1:8 para el primer y segundo nivel; determinando niveles ópticos en la ONT : -24.14dBm(R1), -21.03dBm(R2), -21.25dBm(R3) y -21.31(R4), que representan niveles óptimos permisibles de -8dBm (sobre carga máxima) a -28dBm (sensibilidad mínima) considerando +5dBm de potencia de transmisión máxima OLT.
- La factibilidad del proyecto, en condiciones mínimas, garantiza la sustentabilidad y sostenibilidad flexible y dinámica de los servicios TSP del despliegue total de la red que consideró una línea base inicial de 116 viviendas y una ampliación actual de 293 totalizando 409 viviendas, siendo su despliegue efectivo el 50% de fiabilidad y aseguramiento garantizable del sistema estimado de 205 abonados de última milla, considerando que la red de la urbanización villa derrama administrativa, y sus ampliaciones (tramos R1, R2 y R3) posibilitó la ampliación



del mercado inicial, que en 36 meses con 97 abonados de última milla se puede recuperar la inversión de capital en un 100% (S/209 032).



VI. RECOMENDACIÓN

- Se recomienda la revisión en campo de cualquier tipo de diseño pues no solo se cuenta con impedimentos técnicos o de infraestructura preexistente de empresas eléctricas, sino que también legales los cuales repercuten en una posible implementación o inversión de capitales para empresas interesadas en despliegue de fibra óptica para el hogar o corporativas.
- Los diseños siempre deben contar con proyecciones futuras estas mismas ayudan en la escalabilidad de la red en posibles urbanizaciones emergentes dentro de nuestra red de transporte el cual abre paso a mercados nuevos aprovechados con una misma red la desplegada.
- se recomienda la ampliación de tramos nuevos dentro de la zona de transporte para que la red tenga un impacto más directo en los abonados de última milla por la cercanía de la red de transporte la habitabilidad de la zona es reducida e inestable.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AMS - Cablestransmore. (2024). *Hacia un Futuro Duradero: Explorando la Vida Útil de las Fibras Ópticas*. <https://zmscable.es/vida-util-de-fibras-opticas/>
2. Axion. (2021, noviembre 25). *DISEÑO DE UNA RED FTTH*. AXION CORPORACION. <https://axioneduca.com/>
3. Calvillo, M. I. (2017). *Diseño de una red FTTH para un operador global de telecomunicaciones en el área de la CAPV* [Trabajo Fin de Master, ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA BILBAO]. <https://addi.ehu.es/handle/10810/23416>
4. Castro, R. C. (2019). *Diseño de una red FTTH basado en el estándar GPON para la conexión de videocámaras para el distrito de San Martin de Porres* [Para optar el título profesional de Ingeniero de Redes y Comunicaciones, FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/625704?show=full>
5. Chayña, J. P. (2017). *DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO FTTH UTILIZANDO EL ESTANDAR GPON PARA LA EMPRESA AMITEL S.A.C, PUNO*. Universidad Nacional del Altiplano.
6. Economía. (2023, marzo 9). *Como va el crecimiento de las redes de fibra óptica en América*. <https://www.revistaeconomia.com/como-va-el-crecimiento-de-las-redes-de-fibra-optica-en-america-latina/>
7. ELECTROFERR. (2021). FLEJE ACERO INOXIDABLE 3/4" BAND - IT. En *HOUSE ELECTRIC IMPORT*. <https://www.electroferr.com.pe/fleje-acero-inoxidable-34-band-it-6/p>
8. ElectroPuno-SAA. (2023). Capacitación en Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el Trabajo. En *Capacitación Presencial*.



9. EXFO. (2023). MaxTester 730D PON/Metro OTDR. En *EXFO*.
<https://melcox.com/portfolio/otdr-exfo-max-730d-sm8-ftth-y-planta-externa/>
10. EXFO. (2024). Optical Power Expert. En *EXFO*.
<https://www.exfo.com/es/productos/pruebas-de-redes-de-campo/medidores-de-potencia/optical-power-expert/>
11. FDB. (2024). Caja NAP 8 salidas con Splitter 1x8 PLC. En *SuperFiber*.
<https://superfiber.pe/producto/caja-nap-3x8-salidas-con-splitter-1x8-plc/>
12. Fiber-Home. (2023). Fibra Óptica ADSS Mono 48 Hilos. En *Hoja de Datos*.
<https://www.kroton.com.pe/product/fibra-optica-adss-mono-48-hilos/>
13. FIBRAMARKET. (2018). Remate Preformado para Fibra Óptica ADSS – Rango 10.2 – 11.2 mm. En *FIBRAMARKET*.
<https://www.fibramarket.com/p/remate-preformado-10-2-11-2-mm/>
14. FOCC. (2019, abril 22). *Introducción a las tecnologías PON*. Redes ópticas pasivas Gigabit (GPON). <https://www.fibresplitter.com/news/introduction-to-pon-technologies-24255482.html>
15. FS. (2020, julio 27). *Comprensión integral de la red FTTx*. COMFS.
<https://community.fs.com/es/article/a-comprehensive-understanding-of-fttx-network.html>
16. FUJIKURA. (2021). Fusionadora Alineamiento por Núcleo 90S+. En *FUJIKURA-TLD*.
<https://www.fusionsplicer.fujikura.com/es/products/fusionadora-alineamiento-por-nucleo90s-kit-3/>
17. FURUKAWA ELECTRIC. (2022). DIVISOR ÓPTICO 1XN EQUILIBRADO TELCORDIA. En *FURUKAWA SOLUTIONS*.
<https://www.furukawatam.com/es/versao-et-pdf/=a0A6100000blnoA>



18. GLOBALELECTRIC-SOLAR. (2022). *CLEVIS Y AISLADOR 53-1*.
GLOBAL ELECTRIC SOLAR E.I.R.L.
<https://globalelectricsolar.com.pe/producto/clevis-y-aislador/>
19. González, M. S., & Sánchez, P. L. (2023). Árbol de problemas como base en la investigación. *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*.
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ICSA/article/download/11153/10729/>
20. Hernández, H. N., & Garnica, G. J. (2015). Árbol de Problemas del Análisis al Diseño y Desarrollo de Productos. *Conciencia Tecnológica*.
<https://www.redalyc.org/pdf/944/944443423006.pdf>
21. Huawei. (2020). EchoLife EG8145V5 Datasheet. En *HUAWEI TECNOLOGIES*.
<https://www.codipro.com/img/cms/Datasheets/EchoLife%20EG8145V5.pdf>
22. Huawei. (2021). SmartAX MA5801-GP08-H2 Product Datasheet. En *ANVIMUR TELECOMUNICACIONES*.
<https://www.anvimur.com/es/material-fibra-optica/2318-olt-huawei-smartax-ma5801-gp08-h2-8-puertos-gpon.html>
23. Huawei. (2024, febrero 20). *¿Qué es TWDM PON?* HUAWEI.
<https://forum.huawei.com/enterprise/es/%25C2%25BFqu%25C3%25A9-es-twdm-pon/thread/667239587501719552-667212890693840896>
24. ITU. (2008). REDES OPTICAS PASIVAS CON CAPACIDADES GIGABIT CARACTERÍSTICAS GENERALES. En *Telecomunicaciones Sector De Normalización* (Vol. 1). UIT - T. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1-200803-I/es>



25. ITU. (2010). REDES ÓPTICAS PASIVAS CON CAPACIDADES GIGABIT, INTERFAZ DE GESTION Y CONTROL DE LA ONT ESPECIFICACIÓN. En *Telecomunicaciones Sector De Normalización* (Vol. 1). UIT - T. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.4/es>
26. ITU. (2019). REDES OPTICAS PASIVAS CON CAPACIDADES GIGABIT, ESPECIFICACIÓN DE CAPA DEPENDIENTE DE MEDIOS FISICOS. En *Telecomunicaciones Sector De Normalización* (Vol. 1). UIT - T. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.2/es>
27. ITU. (2020). REDES ÓPTICAS PASIVAS CON CAPACIDADES GIGABIT, ESPECIFICACIÓN DE LA CAPA DE CONVERGENCIA DE TRANSMISIÓN. En *Telecomunicaciones Sector De Normalización* (Vol. 1). UIT - T. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.3/es>
28. ITU. (2022). REDES ÓPTICAS PASIVAS CON CAPACIDADES GIGABIT, BANDA DE MEJORA. En *Telecomunicaciones Sector De Normalización* (Vol. 1). UIT - T. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.5-202202-I/es>
29. Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada. *TICs y Sociedad*, 3. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>
30. Maldonado, P. Á. J. P. C. J. F. (2022). *Diseño e Implementación de Módulos Didácticos para redes de planta externa GPON en el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena*. [TRABAJO DE TITULACIÓN, UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8877>



31. Mamani, Y., & Cherino, A. (2022). *DISEÑO DE UNA RED FTTH BASADO EN ARQUITECTURA GPON PARA BRINDAR MAYOR CAPACIDAD DE ANCHO DE BANDA DEL DISTRITO DE TARACO*. Universidad Nacional del Altiplano.
32. MEROCOM. (2020). Caja de Empalme Acceso Universal (CAU) | 4 puertos – 128/256 fusiones_ IP68. En *MCSOLUCIONES*.
<https://merocomolutions.com/producto/cau-128-256-fusiones>
33. Morales, R. N. Q. A. B. (2020). *DISEÑO DE LA RED FTTH DEL BARRIO LA LEÓN SECTOR CHILIBULO PARA LA EMPRESA ARTEKSOLUTION CIA.LTDA*. [Titulación previo a la obtención del título, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO].
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18232>
34. MTIC. (2020). Conectividad de Ultima Milla. En *CONECTIVIDAD A INSTITUCIONES EDUCATIVAS*.
<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fmitic.gov.py%2Fconectividad-de-ultima-milla%2F&psig=AOvVaw3SKk7zjA3cLeZ7U5FCic7a&ust=1715896146819000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBMQjhxqFwoTCOjO47jRkIYDFQAAAAAdAAAAABAE>
35. Multiplay. (2023). Caja de empalme (Mufa) tipo domo de 48 hilos. En *MULTIPLAY TELECOMUNICACIONES*.
<https://multiplay.com.pe/producto/producto/caja-de-empalme-mufa-tipo-domo-de-48-hilos/>



36. Multiplay. (2024). ODF de 48 hilos UPC de 2RU. En *MULTIPLAY TELECOMUNICACIONES*. <https://multiplay.com.pe/producto/producto/odf-de-48-hilos-upc-de-2ru/>
37. Osiptel. (2014). Reglamento de calidad del servicio. En *RESOLUCION DE CONSEJO DIRECTIVO N° 123-2014-CD-OSIPTEL* (pp. 1–28). <https://www.osiptel.gob.pe/n%C2%BA-123-2014-cd-osiptel/>
38. Pachas, M. (2018). *PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA*. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13945>
39. Quisnancela, E., & Espinosa, N. (2016, agosto 16). *Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x*. ENFOQUE UTE RESVISA. <https://www.redalyc.org/journal/5722/572261626002/html/>
40. Ríos, E. A. (2020). *DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO CON TECNOLOGÍA FTTH PARA DISTRIBUIR SERVICIOS DE BANDA ANCHA EN EL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, PROVINCIA TACNA* [TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO, UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA]. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1453>
41. Santiago, A. T. (2021). *Diseño de una Red FTTH aplicando el estándar GPON en el distrito de Santiago de Surco* [Escuela Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/17648>
42. SINCABLES. (2024). GJYXCH-1FO-3M Bobina F.O. Lubeck Drop 1H triple Mensajero. En *SINCABLESEC*.



- <https://www.sincables.com.ec/product/gjyxch-1fo-3m-lubeck-bobina-f-o-drop-1h-triple-mensajero-2km/>
43. SUPERFIBER. (2024). *Cruceta Metálica de 80 cm para FO*. GYDINNOVA-COMPANY. <https://superfiber.pe/producto/cruceta-metalica-de-80-cm-para-fo/>
44. TELHUA. (2023). OAC-28U-A HUAWEI - TELHUA. En *TELHUA COMUNICACIONES*. <https://telhua.com/products/huawei-outdoor-telecom-cabinet-air-conditioner/>
45. THORSMAN, T. B. T. G. (2020). *PLANTA EXTERNA TODO LO QUE DEBES CONOCER*. THORSMAN BY THORSMEX GROUP. <https://thorsmex.mx/blog/planta-externa-todo-lo-que-debes-conocer/>
46. TIA_STANDARD. (2012). Planta exterior propiedad del cliente Infraestructura de Telecomunicaciones Estándar. *ASOCIACIÓN INDUSTRIAL DE TELECOMUNICACIONES*, 1, 1–92. https://www.academia.edu/34034123/TIA_758_B_Revision_of_TIA_758_A_Customer_Owned_Outside_Plant_Telecommunications_Infrastructure_Standard
47. TRUPER. (2024). Odómetro con freno, rueda de 13", Truper. En *TRUPER-SAC*. https://www.truper.com/ficha_tecnica/Odometro-con-freno-rueda-de-12-3981.html
48. Twind. (2023, agosto 31). *Árbol de Causas para la Resolución de Problemas*. <https://twind.io/co/arbol-de-causas-para-la-resolucion-de-problemas/>
49. UBIQUITI. (2023). SFP Transceiver – GPON OLT SFP+B56 – UF-GP-B+. En *UBIQUITI NETWORKS*. <https://datacamperu.com/producto/sfp-transceiver-gpon-olt-sfpb56-uf-gp-b-ubiquiti/>



50. Ujaén. (2016). *METODOLOGIA CUANTITATIVA*. Universidad de Jaén.
https://web.ujaen.es/investiga/tics_tfg/enfo_cuanti.html
51. Yaroslav, M. (2011). “*Desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de infraestructuras FTTH* [Sistemas De Telecomunicaciones, UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA].
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13413/memoria.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1: Hoja de datos de la fibra óptica

Cables de Fibra Óptica SM ADSS 48 Hilos

KROTON

FiberHome



Fibra Óptica ADSS Mono 48 Hilos

Código: ADSS-48B1

- Máxima Tensión Permisible 2200N.
- Compresión 1000N /10cm.
- Temperatura de Operación -25°C +65°C.
- SPAN 100 Metros.
- Protección UV y contra la Humedad.



Características Generales	
Características	Tipo
Cubierto Exterior	HDPE
Armadura Dieléctrica	Hilos de Aramida (Miembro adicional de fuerza)
Tubo Suelto	PBTP
	Color: Azul, Naranja, Verde, Marrón
Fibra	Fibra a base de Silicona (G.652D)
Fibra UV, Colores	Azul, Naranja, Verde, marrón, Gris, Blanco
	Rojo, Negro, Amarillo, Violeta, Rosado, Agua
Miembro Central	FRP

Características de Atenuación		
Características	Unid.	Medición
1310nm	dB/Km	≤ 0.345
1383nm	dB/Km	≤ 0.340
1550nm	dB/Km	≤ 0.210
1625nm	dB/Km	≤ 0.230

Características Mecánicas		
Características	Unid.	Medición
Máxima Tensión Permisible	N	2200
Compresión	N/10cm	1000
Temperatura de Operación	°C	-25 a 65
Span Máximo	m	100
Condiciones máximas de Viento (sin hielo)	m/s	25

Características Dimensionales		
Características	Unid.	Medición
Diámetro Exterior	mm	11.3±0.5

ANEXO 2: Hoja de datos del equipo OLT

Product Specifications

Item	Value
Dimensions (W x D x H) (mm)	Excluding mounting ears: 442 x 220 x 43.6 Including IEC mounting ears: 482.6 x 220 x 43.6 Including ETSI mounting ears: 531 x 220 x 43.6
Maximum fully-loaded weight	5 kg
Power supply mode	<ul style="list-style-type: none"> DC power supply (dual backup) AC power supply (dual backup)
Working voltage range	<ul style="list-style-type: none"> DC power supply: -38.4 V to -72 V AC power supply: 100 V to 240 V
Rated voltage	<ul style="list-style-type: none"> DC power supply: -48 V/-60 V AC power supply: 110 V/220 V
Maximum input current	<ul style="list-style-type: none"> DC power supply: 6 A AC power supply: 2.5 A
Ambient temperature	-40°C to +65°C The device can start up at a lowest temperature of -25°C. NOTE The +65°C temperature refers to the highest temperature measured at the air intake vent of a service subrack.
Ambient humidity	5%–95% RH
Atmospheric pressure	70–106 kPa
Altitude	< 4000 m. The air density varies with the altitude and will affect the heat dissipation of a device. Therefore, the working environment temperature of the device varies with the altitude.
System switching capacity	110 Gbit/s
MAC addresses	32768
Access ONT	1024
IPv4 routing table	8192
IPv6 routing table	4096
ARP table	16384
Bit error rate (BER) in full load	A BER smaller than 10 e-10 for a port that transmits data in full load
Upstream ports	4 GE/10GE
Service ports	8 GPON
Power consumption	DC power supply:

GPON Optical Module

Type	One-fiber bidirectional optical module, class B+	One-fiber bidirectional optical module, class C+	One-fiber bidirectional optical module, class C++
No.	1	2	3
Operating Wavelength	Tx: 1490 nm Rx: 1310 nm	Tx: 1490 nm Rx: 1310 nm	Tx: 1490 nm Rx: 1310 nm
Encapsulation Type	SFP	SFP	SFP
Port Rate	Tx: 2.488 Gbit/s Rx: 1.244 Gbit/s	Tx: 2.488 Gbit/s Rx: 1.244 Gbit/s	Tx: 2.488 Gbit/s Rx: 1.244 Gbit/s
Minimum Output Optical Power	1.5 dBm	3 dBm	6 dBm
Maximum Output Optical Power	5 dBm	7 dBm	10 dBm
Maximum Receiver Sensitivity	-28 dBm	-32 dBm	-35 dBm
Optical Connector Type	SC	SC	SC
Optical Fiber Type	Single-mode	Single-mode	Single-mode
Overload	-8 dBm	-12 dBm	-15 dBm

ANEXO 3: Hoja de datos del Equipo ONT

Device Parameters

Dimensions (H x W x D) (without external antenna and pads)	30 mm x 173 mm x 120 mm (without external antenna and pads)	System power supply	11–14 V DC, 1.5A
Weight	About 250 g	Static power consumption	5.3 W
Operating temperature	0°C to 40°C	Maximum power consumption	18 W
Operating humidity	5% RH to 95% RH (non-condensing)	NNI	GPON
Power adapter input	100–240 V AC, 50/60 Hz	UNI	1POTS + 4GE + 2.4G/5G Wi-Fi+ 1USB
Indicators	Power/PON/LOS/LAN/TEL/USB/WLAN/WPS	Optical Connector	SC/APC



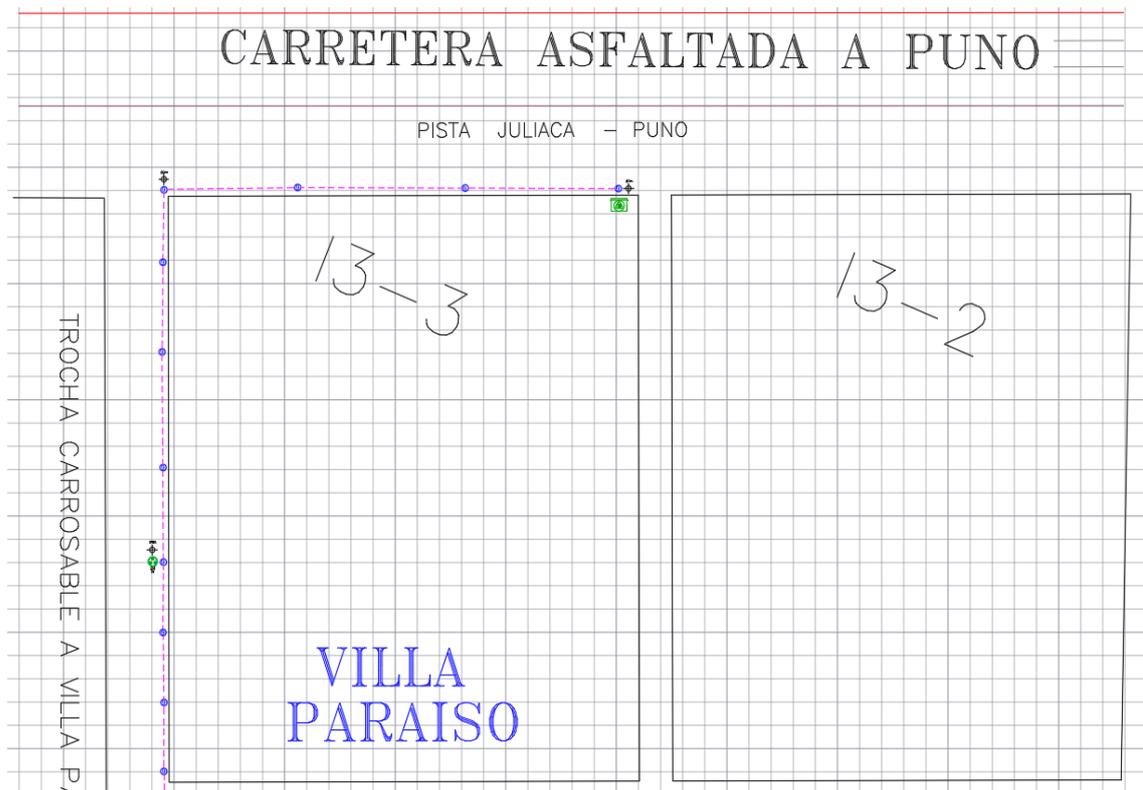
Interface Parameters

<p>GPON port</p> <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) 	<p>POTS port</p> <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) <p>USB port</p> <ul style="list-style-type: none"> • USB2.0 • FTP-based network storage • File/Print sharing based on SAMBA • DLNA function
<p>Ethernet port</p> <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 • Interoperable with 3rd party device. 	<p>WLAN</p> <ul style="list-style-type: none"> • IEEE 802.11 b/g/n (2.4G) • IEEE 802.11 a/n/ac (5G) • 2 × 2 MIMO (2.4G&5G) • Antenna gain: 5 dBi • WMM/Multiple SSIDs/WPS • 2.4G&5G concurrent • Air interface rate:300 Mbit/s (2.4G); 867 Mbit/s(5G)

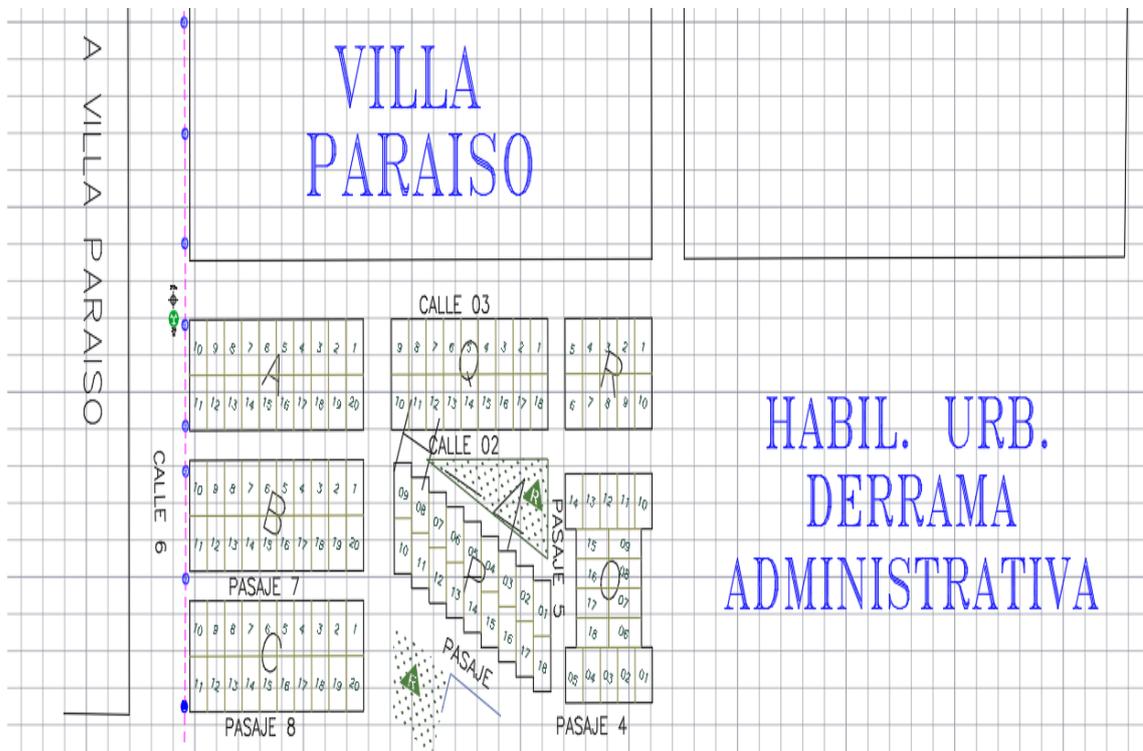
ANEXO 4: Hoja de datos del splitter atenuaciones por división

Parámetro	1x2	1x4	1x8	1x16	1x32	1x64
Banda Óptica Pasante	PLC: 1260~1650 FBT:1260~1360nm e 1480~1650nm					
Pérdida de Inserción Máxima (dB) *	3,7	7,1	10,5	13,7	17,1	20,5
Uniformidad (dB)	0,5	0,6	1	1,3	1,5	1,7
Sensibilidad a la Polarización Máxima - PDL (dB)	0,2	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5
Directividad (dB)	>55					
Pérdida de Retorno (dB)	>55					

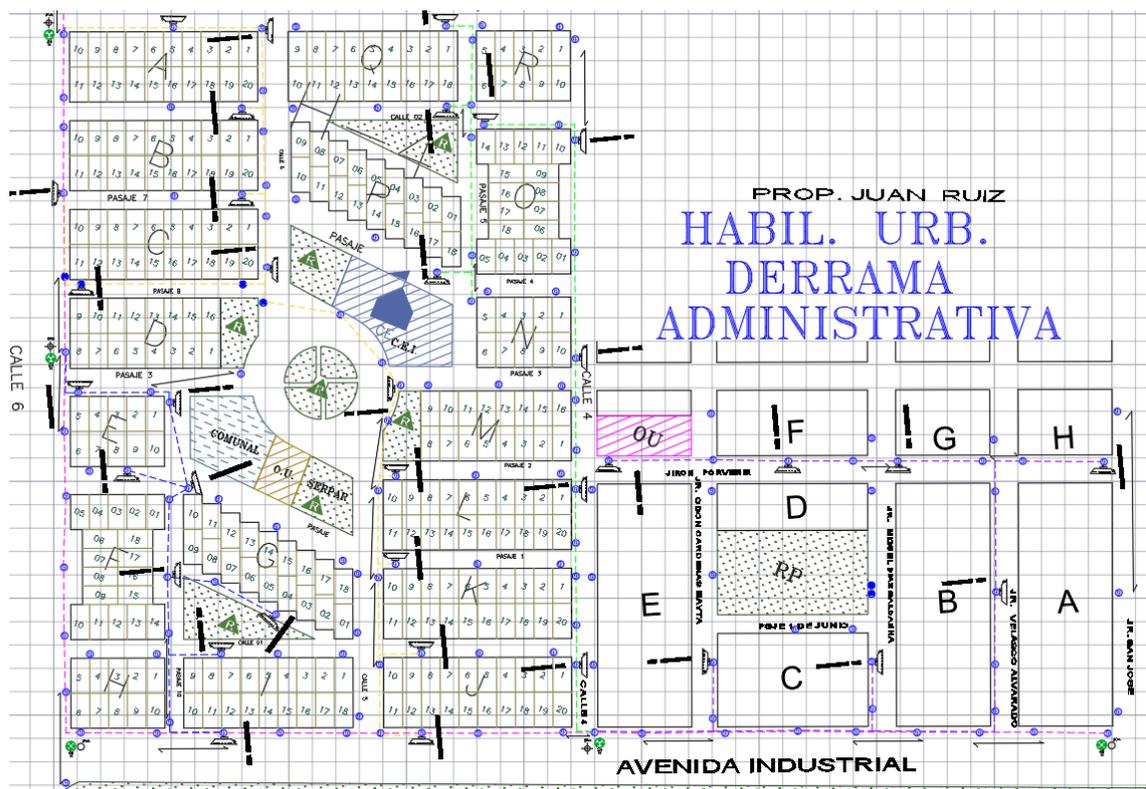
ANEXO 5: Diseño de red de transporte SITE SECUNDARIO.



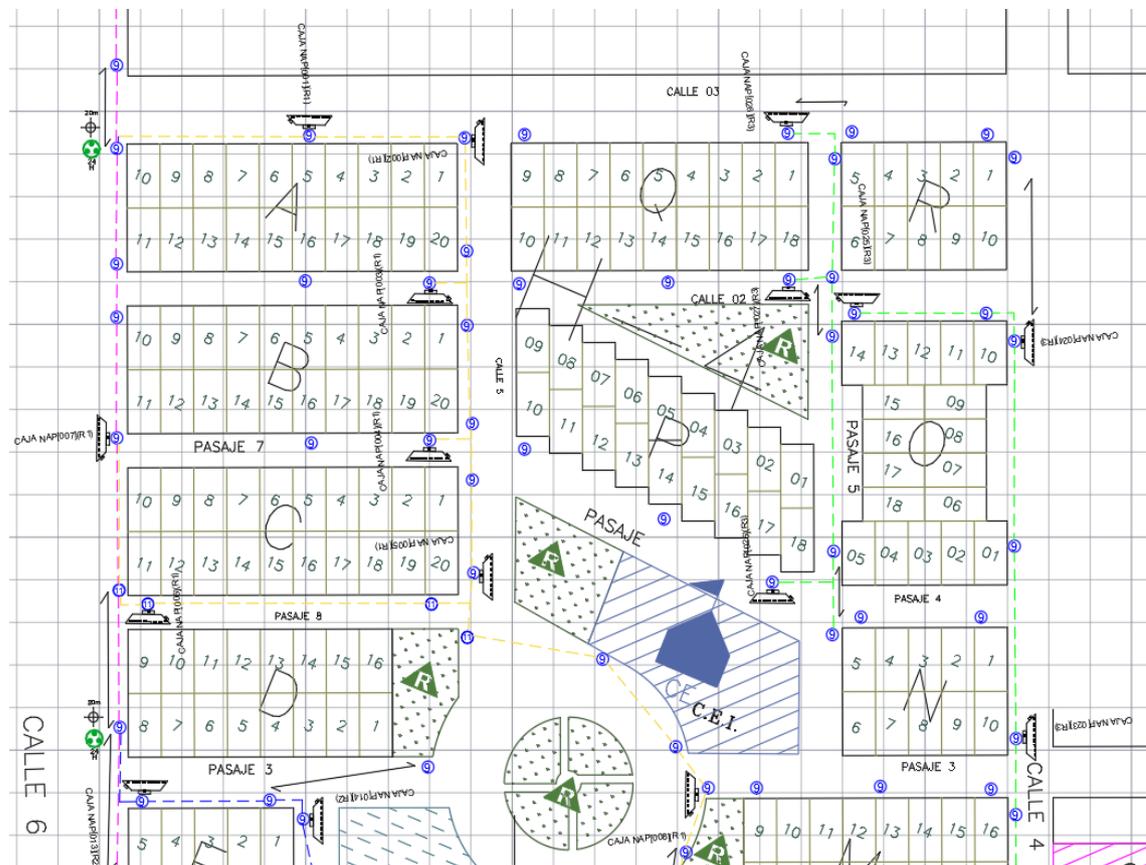
ANEXO 6: Diseño de red de transporte ingreso urbanización Paraíso.



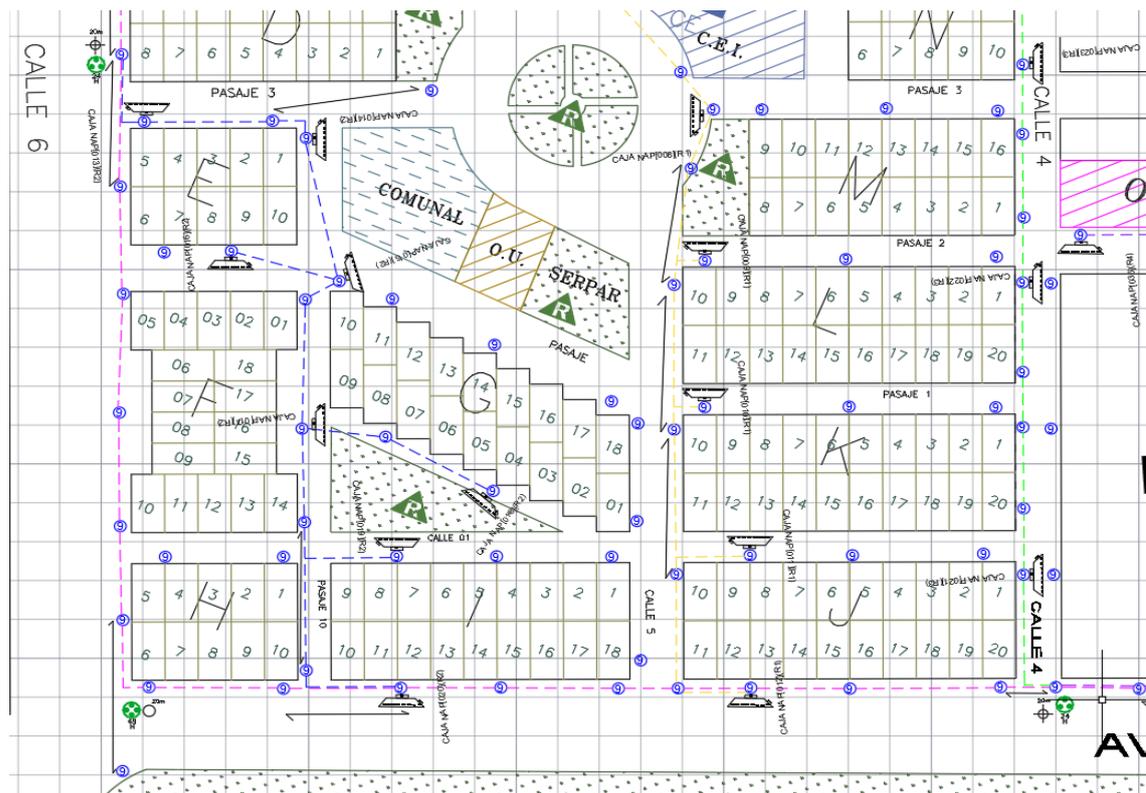
ANEXO 7: Diseño de red de transporte y distribución en vista general.



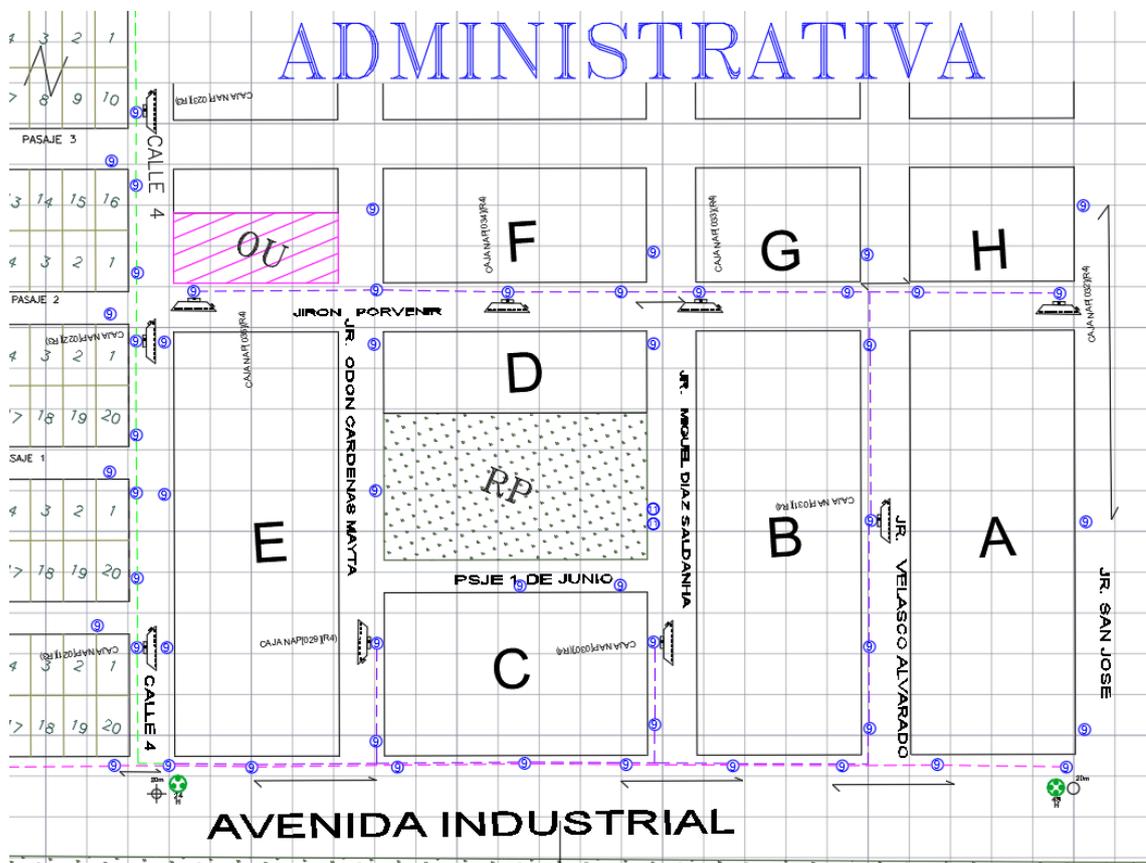
ANEXO 8: Diseño de red de transporte y distribución parte superior.



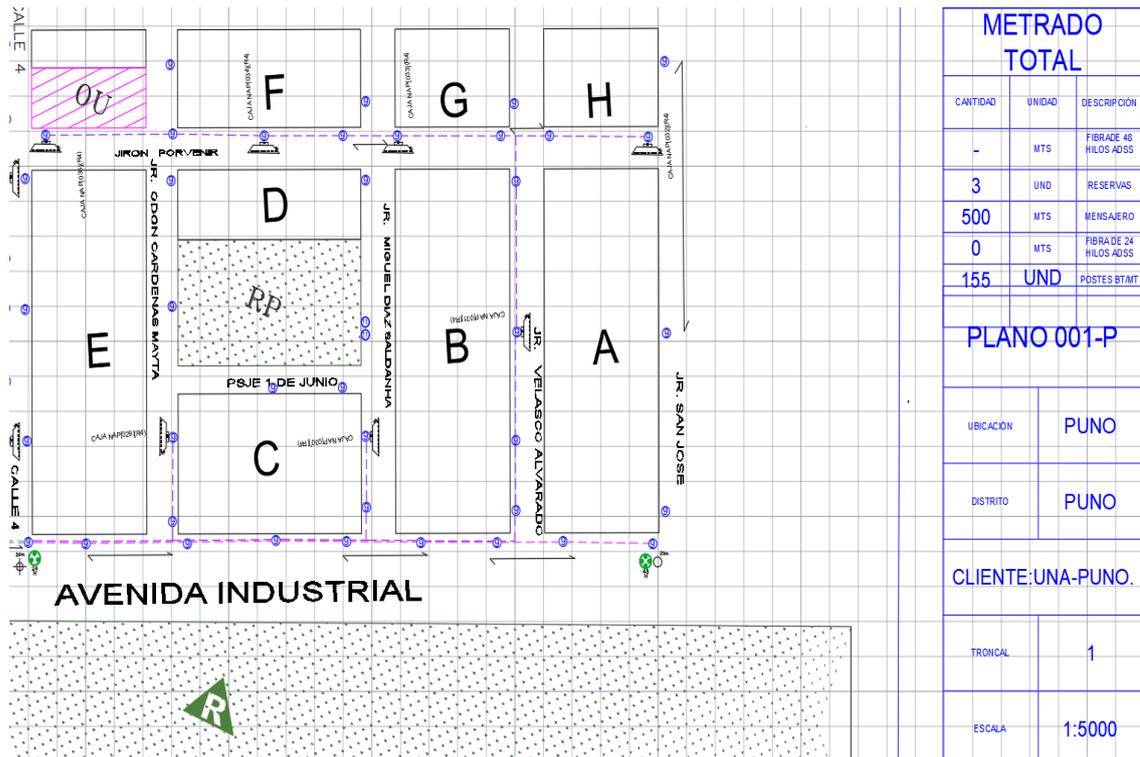
ANEXO 9: Diseño de red de transporte y distribución parte inferior.



ANEXO 10: Diseño de red de transporte y distribución lateral derecho.



ANEXO 11: Diseño en AutoCAD con leyenda.



ANEXO 12: Mapeo de postes.





ANEXO 13: Declaración Jurada de autenticidad de tesis.



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Denis Alberto Apaza Callo
identificado con DNI 72177044 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Ingeniería Electrónica

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"DISEÑO DE UNA RED FTTH UTILIZANDO EL ESTANDAR GPON PARA LA
DISTRIBUCION DE RED DE BANDA ANCHA EN LA URBANIZACION
VILLA DERRAMA ADMINISTRATIVA Y PARAISO - JULIACA "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 28 de Junio del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 14: Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional.



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Denis Alberto Apaza Callo,
identificado con DNI 72177044 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Electronica,
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"DISEÑO DE UNA RED FTTH UTILIZANDO EL ESTANDAR GPON
PARA LA DISTRIBUCIÓN DE RED DE BANDA ANCHA EN LA URBANIZACIÓN
VILLA DERRAMA ADMINISTRATIVA Y PARAISO - JULIACA"

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

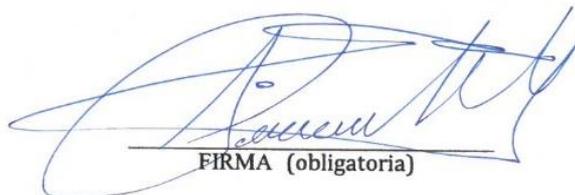
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 28 de JUNIO del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella