



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

*ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS
RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES*

CARRERA INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

TÍTULO

“DISEÑO DE UNA RED DE DATOS BASADA EN
TECNOLOGÍA XG-PON systems (*10 GIGABIT-
CAPABLE PASSIVE OPTICAL NETWORKS*) PARA EL
PROGRAMA DE VIVIENDA CIUDAD VERDE”

Tesis de grado previo a obtener el
Título de Ingeniero en Electrónica
y Telecomunicaciones

AUTOR:

David Israel Sarango Sánchez

DIRECTOR:

Ing. Juan Gabriel Ochoa Aldeán Mg. Sc.

LOJA – ECUADOR

2015

CERTIFICACIÓN

Ing. Juan Gabriel Ochoa Aldeán Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en “**Diseño de una Red de Datos Basada en Tecnología XG-Pon Systems (10 Gigabit-Capable Passive Optical Networks) para el Programa de Vivienda CIUDAD VERDE**”, previa a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, realizado por el señor egresado: **David Israel Sarango Sánchez**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, 04 de Agosto del 2015



Ing. Juan Gabriel Ochoa Aldeán Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, **DAVID ISRAEL SARANGO SÁNCHEZ**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional- Biblioteca Virtual

A handwritten signature in black ink that reads "David Sarango". The signature is written in a cursive style with a horizontal line underneath. There are arrows pointing left and right from the ends of this line, and a small upward-pointing arrow at the end of the signature.

Firma:

Cédula: 1104187180

Fecha: 04 de Agosto del 2015


CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, **DAVID ISRAEL SARANGO SÁNCHEZ**, declaro ser autor de la tesis titulada: **“DISEÑO DE UNA RED DE DATOS BASADA EN TECNOLOGÍA XG-PON systems (10 GIGABIT-CAPABLE PASSIVE OPTICAL NETWORKS) PARA EL PROGRAMA DE VIVIENDA CIUDAD VERDE”**, como requisito para optar por grado de; **INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, al 04 día del mes de Agosto del dos mil quince, firma el autor.

Firma: 

Autor: David Israel Sarango Sánchez

Dirección: Condominios ALKALA, barrio San Rafael

Correo Electrónico: da_incho560@hotmail.com, davincho560@gmail.com

Teléfono: 3057-604. **Celular:** 0999395928

Cédula: 1104187180

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Juan Gabriel Ochoa Aldeán Mg. Sc.

Tribunal de Grado:

Ing. Marco Vinicio Rojas Moncayo Mg. Sc.

Ing. Juan Manuel Galindo Vera Mg. Sc.

Ing. Paulo Alberto Samaniego Rojas Mg. Sc.

DEDICATORIA

El presente proyecto de tesis va dedicado a mi querido padre Numan que esta junto a nuestro creador, con mucho amor para mi hija Annia Valentina quien ilumina mi vida todos los días, para mi madrecita Anita y mi esposa Jessy quienes son pilares fundamentales en todos mis triunfos, a mi hermano Toño y tíos Marco y Jemmy por su apoyo y consejos que de una u otra forma me llenaron de sabiduría para culminar la tesis.

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios nuestro creador por darme la fuerza e inteligencia necesaria para poder solucionar problemas de la vida cotidiana y poder alcanzar todas mis metas propuestas.

A mi querida madre, quien es mi persona a admirar quien con mucho esfuerzo ha permitido que me pueda educar y alcanzar mis metas propuestas.

A mi esposa e hija quienes forman ya mi pequeña familia que siempre están en todo momento bueno y malo.

A mi hermano, familiares, compañeros y amigos por el apoyo incondicional en todo momento que lo necesite.

A la Universidad Nacional de Loja, al Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables, a la Carrera de Electrónica y Telecomunicaciones y cada uno de sus mentores que supieron impartir sus conocimientos para mi formación y desarrollo profesional.

Un cordial agradecimiento al Ing. Juan Gabriel Ochoa Aldeán, director de tesis, por brindarme sus conocimientos y experiencia que permitió de culminar el presente trabajo de tesis.

Al Ing. Juan Salcedo presidente del programa de vivienda Ciudad Verde quien otorgo toda la información con respecto a este proyecto habitacional de la ciudad de Loja.

De igual manera a la empresa constructora agila&sanchez, que me permitieron formar parte del proyecto G-PON Loja, me supieron impartir conocimientos con respecto a lo que es el medio de transmisión de fibra óptica y diseño de redes G-PON.

TABLA DE CONTENIDOS

CONTENIDO	PÁG.
PÁGINAS PRELIMINARES	
CERTIFICACIÓN.....	II
AUTORÍA	III
CARTA DE AUTORIZACIÓN	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
a. TÍTULO.....	XX
b. RESUMEN.....	XXI
c. INTRODUCCIÓN.....	XXV
d. REVISIÓN DE LITERATURA	1
CAPÍTULO I	
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	1
1.1. FIBRA ÓPTICA.....	1
1.1.1. DEFINICIÓN DE FIBRA ÓPTICA	1
1.1.1.1. ESTRUCTURA DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA.....	1
1.1.2. COMPONENTES DE LA FIBRA ÓPTICA	2
1.1.3. TRANSMISIÓN POR FIBRA ÓPTICA	2
1.1.4. FUNCIONAMIENTO	2
1.1.4.1. LEY DE SNELL.....	3
1.1.5. VENTAJAS DE FIBRA ÓPTICA.....	4
1.1.6. DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA.....	6
1.1.7. CLASES DE FIBRA ÓPTICA	7
1.1.7.1. FIBRA MONOMODO	7
1.1.7.2. FIBRA MULTIMODO	8
1.1.7.3. COMPARACIÓN DE LOS TRES TIPOS DE FIBRA ÓPTICA.....	10
1.1.7.4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LA FIBRA ÓPTICA	12

1.1.8. TÉCNICAS DE MULTIPLEXACIÓN	13
1.1.8.1. MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE ONDA (WDM= Wavelength Division Multiplexing).	13
1.1.8.2. TIPOS DE WDM	14
1.2. RED ÓPTICA PASIVA (PON)	15
1.2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	16
1.2.2. NORMATIVA DE UNA RED PON POR PARTE DE CNT	17
1.2.2.1. ODN	17
1.2.2.2. ARQUITECTURA DE LA RED GPON	18
1.2.3. ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE UNA RED PON	20
1.2.3.1. CABLE DE FEEDER	21
1.2.3.2. CABLE DISTRIBUCIÓN	21
1.2.3.3. SPLITTERS	21
1.3. REDES DE ACCESO	22
1.3.1. SOLUCIONES DE ACCESO CON FIBRA ÓPTICA (FTTx).....	23
1.3.1.1. FTTN.....	24
1.3.1.2. FTTC.....	25
1.3.1.3. FTTB.....	25
1.3.1.4. FTTH.....	26
1.3.1.5. SOLUCIÓN RECOMENDADA	26
1.4. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE LA FAMILIA xPON.....	27
1.4.1. APON (Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network)	27
1.4.2. BPON (Broadband Mode Passive Optical Network)	27
1.4.3. EPON (Ethernet Mode Passive Optical Network).....	27
1.4.4. GPON (Gigabit Mode Passive Optical Network).....	28
1.4.5. XG-PON (10 Gigabit Mode Passive Optical Network)	28
1.4.6. Comparación de las Soluciones de Acceso X-PON	29
1.4.7. Estudio de la Recomendación UIT.T 987 (10-GPON CAPABLE PASSIVE OPTICAL NETWORK (XG-PON)).....	29
1.4.7.1. G.987.1: Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Requisitos generales.	30

1.4.7.2.	G.987.2: Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Especificación de capa dependiente del medio físico (Physical media dependent, PMD).	35
1.4.7.3.	G.987.3: Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 gigabits (XG-PON): Especificaciones de la convergencia de transmisión (TC).	37
1.4.7.4.	G.987.4: Redes óptica pasivas con capacidad de 10 Gbit (XG-PON): Ampliación del alcance.....	39
1.4.7.5.	Comparación de Estándares G.984 (GPON) y G.987 (XG-PON-10G- PON).....	40

CAPÍTULO II

2.	MARCO LEGAL	42
2.1.	CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR	43
2.2.	RELAMENTO DPARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE VALOR AGREGADO (RESOLUCIÓN N° 071-03-CONATEL-2002)	43
2.3.	REGLAMENTO PARA HOMOLOGACIÓN DE EQUIPOS TERMINALES DE TELECOMUNICACIONES (RESOLUCIÓN 452-29-CONATEL-2007)	44
2.4.	REGLAMENTO MUNICIPAL “GENERACIÓN URBANA”.....	45
2.4.1.	GENERALIDADES	45
2.4.2.	ALCANCE	45
2.4.3.	CANALIZACIÓN PROYECTADA	45
2.5.	CORPORACIÓN DE TELECOMUNICACIONES (CNT EP).....	46
2.5.1.	NORMATIVA DE DISEÑO DE LA ODN.....	46
2.5.1.1.	ALCANCE.....	46
2.5.2.	Normativa Técnica de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica (ODN – OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK)	46
2.5.2.1.	GENERALIDADES DE LA ODN.....	47

e. MATERIALES Y MÉTODOS	48
3. DISEÑO DE LA RED	48
3.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROGRAMA DE VIVIENDA CIUDAD VERDAD	48
3.1.1. ÁREA GEOGRÁFICA Y NÚMERO DE USUARIOS	49
3.1.2. DISTRIBUCIÓN	56
3.1.3. ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO DE VIVIENDA CIUDAD VERDE FASE 1	57
3.1.4. DEMANDA ACTUAL.....	57
3.1.5. CRECIMIENTO DE LA DEMANDA	58
3.2. DISEÑO DE LA ODN	59
3.2.1. ARQUITECTURA	60
3.2.2. TECNOLOGÍA FTTx	60
3.2.3. DISEÑO: CANALIZACIÓN	62
3.2.4. DISEÑO: RED DE DISPERSIÓN	65
3.2.4.1. CABLES: RED DE DISPERSIÓN.....	66
3.2.5. DISEÑO: RED DE DISTRIBUCIÓN INTERNA	66
3.2.5.1. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN INTERNA	66
3.2.5.2. CABLES: RED DE DISTRIBUCIÓN INTERNA	69
3.2.6. DISEÑO: RED DE DISTRIBUCIÓN	69
3.2.7. DISEÑO: RED FEEDER	70
3.2.7.1. CÁLCULO DEL CABLE FEEDER	71
3.2.8. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE EMPALMES.....	72
3.2.9. BALANCE ÓPTICO	72
3.2.9.1. CÁLCULO DE BALANCE ÓPTICO	75
3.2.10. REQUERIMIENTOS Y CAPACIDAD DE ANCHO DE BANDA.....	78
3.2.10.1. REQUERIMIENTOS	78
3.2.10.2. CAPACIDAD DE ANCHO DE BANDA.....	80
4. EQUIPAMIENTO Y CÁLCULO DEL PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LA RED	83
4.1. EQUIPOS ACTIVOS.....	83

4.1.1. OLT.....	83
4.1.1.1. CARACTERÍSTICAS	84
4.1.2. ONT	87
4.1.2.1. CARACTERÍSTICAS	87
4.1.3. PRESUPUESTO REFERENCIAL EQUIPOS ACTIVOS	89
4.2. EQUIPOS PASIVOS	90
4.2.1. ODF	90
4.2.1.1. CARACTERÍSTICAS	91
4.2.2. SPLITTER 1:32	93
4.2.2.1. CARACTERÍSTICAS	93
4.2.3. GABINETE EXTERNO (FDH)	95
4.2.3.1. CARACTERÍSTICAS	96
4.2.4. MANGAS DE EMPALME Y SANGRADO ÓPTICO.....	98
4.2.4.1. CARACTERÍSTICAS	98
4.2.5. CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA DE EMPALMES (NAP).....	100
4.2.5.1. CARACTERÍSTICAS	100
4.2.6. CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA DE PISO O CAJA DE DERIVACIÓN (FDF).....	102
4.2.6.1. CARACTERÍSTICAS	102
4.2.7. ROSETA ÓPTICA	104
4.2.7.1. CARACTERÍSTICAS	105
4.2.8. CABLES	106
4.2.8.1. CABLE G.652.D.....	106
4.2.8.2. CABLE G.657.....	107
4.2.8.3. PATCH CORD	112
4.2.9. PRESUPUESTO REFERENCIAL EQUIPOS PASIVOS	113
f. RESULTADOS	119
g. DISCUSIÓN.....	123
h. CONCLUSIONES.....	126
i. RECOMENDACIONES	128
j. BIBLIOGRAFÍA	129
k. ANEXOS	134

NOMENCLATURA

F.O.	Fibra Óptica
NGN	Redes De Nueva Generación
WDM	Multiplexación Por División De Onda
DWDM Onda	Multicanalziación Densa Por Division De Longitud De
DWDM Onda	Multiplexado por División Aproximado de Longitud de
PON	Red Óptica Pasiva
FTTx	Fibra hacia x
OLT	Equipo Central
ONT-ONU-MDU	Equipo del Cliente
ODN	Planta Externa de Fibra Óptica
ODF	Distribuidor de Fibra Óptica
FDF	Armarios
NAP	Caja de Distribución Óptica
FDB	Caja de Distribución Óptica Principal
FDF	Caja de Distribución Óptica Secundaria o de Piso
GADs	Gobierno Autónomo Descentralizado
CONATEL	Comisión Nacional de Telecomunicaciones
CNT EP	Corporación Nacional de Telecomunicaciones EP
ITU-T o UIT-T	Sector de Normalización de las Telecomunicaciones
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
CAPEX	Inversiones en bienes de capitales
DSL	Línea de abonado digital
ADSL2+	Línea de abonado digital asimétrico

VDSL2	Línea de abonado digital de muy alta transferencia de datos
IPTV	Televisión por Protocolo de Internet
FTTN	Fibra hasta el nodo
FTTCab	Fibra hasta el armario
FTTC	Fibra hasta la acera o esquina
[FTTB	Fibra hasta el edificio
FTTB	Fibra hasta la residencia o Domicilio
ATM	Modo de transferencia asíncrona
PLOAM	Operaciones de la capa física, Administración y Mantenimiento
APON	Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network
BPON	Broadband Mode Passive Optical Network
EPON	Ethernet Mode Passive Optical Network
G-PON	Gigabit Mode Passive Optical Network
XG-PON o 10G-PON	10 Gigabit Mode Passive Optical Network

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	PÁG.
Fig. 1: ESTRUCTURA DEL CABLE FIBRA ÓPTICA	1
Fig. 2: SISTEMA ÓPTICO DE TRANSMISIÓN	2
Fig. 3: PROPAGACIÓN DE HAZES DE LUZ EN LA FIBRA ÓPTICA	3
Fig. 4: LEY DE SNELL	4
Fig. 5: FIBRA MONOMODO	8
Fig. 6: FIBRA MULTIMODO DE INDICE GRADIENTE GRADUAL.....	9
Fig. 7: FIBRA MULTIMODO DE INDICE ESCALONADO	10
Fig. 8: PORTADORAS CWDM (nm)	15
Fig.9: ELEMENTOS DE LA ODN.....	18
Fig. 10: ESTRUCTURA DE UNA RED PON	20
Fig. 11: SOLUCIÓN FTTx	23
Fig. 12: ARQUITECTURA FTTx	24
Fig. 13: ARQUITECTURA FTTN.....	24
Fig. 14: ARQUITECTURA FTTC.....	25
Fig. 15: ARQUITECTURA FTTB	25
Fig. 16: ARQUITECTURA FTTH.....	26
Fig. 17: ARQUITECTURA XG-PON	30
Fig. 18: CONFIGURACIÓN OAN	36
Fig. 19: CANAL PLOAM.....	38
Fig. 20: RED XG-PON SIN ALCANCE EXTENDIDO	39
Fig. 21: RED XG-PON CON ALCANCE EXTENDIDO	39
Fig. 22: UBICACIÓN DEL PROGRAMA DE VIVIENDA “CIUDAD VERDE”	49
Fig. 23: UBICACIÓN DEL PROGRAMA DE VIVIENDA “CIUDAD VERDE”	49
Fig. 24: DISTRIBUCIÓN DEL PROGRAMA DE VIVIENDA “CIUDAD VERDE” ..	56
Fig. 25: TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL DE LA CIUDAD DE LOJA ...	58
Fig.26: ARQUITECTURA G-PON CNT EP.....	60
Fig. 27: MODELO MASIVO/ CASAS CNT EP	61

Fig. 28: SECUENCIA DE DISEÑO DE LA ODN PARA EL PROGRAMA DE VIVIENDA CIUDAD VERDE.....	61
Fig. 29: DIMENSIONAMIENTO PARA EXCAVACIÓN DE ZANJAS	63
Fig. 30: ESQUEMA CANALIZACIÓN IV VÍAS INCLUYE TRITUBO (ACERA)....	64
Fig. 31: POZO DE 80 BLOQUES.....	64
Fig. 32: CANALIZACIÓN PROGRAMA DE VIVIENDA “CIUDAD VERDE”	65
Fig. 33: RED DE DISPERSIÓN PROGRAMA DE VIVIENDA “CIUDAD VERDE”	66
Fig. 34: SISTEMA RADIAL SIMPLE CON FDF (AUTOCAD)	67
Fig. 35: SISTEMA RADIAL SIMPLE CON FDB (AUTOCAD).....	68
Fig. 36: SISTEMA RADIAL SIMPLE COMPLEJO (AUTOCAD)	69
Fig. 37: RED DE DISTRIBUCIÓN PROGRAMA DE VIVIENDA “CIUDAD VERDE”	70
Fig. 38: RED FEEDER PROGRAMA DE VIVIENDA “CIUDAD VERDE”.....	71
Fig. 39: MA5603T DE HUAWEI	86
Fig. 40: SFP 10G GPON OLT PPE-XG-N1	86
Fig. 41: PUERTOS Y BOTONES EN EL PANEL TRASERO DE LA HG8447	88
Fig. 42: PUERTOS Y BOTONES DE LA CUBIERTA LATERAL DE LA HG8447 ..	89
Fig. 43: GPX147-GRP-48A	92
Fig. 44: NÚCLEO LAMINADO EN FRÍO ODF ÓPTICA FIBRA DE ACERO, SC CONECTOR ÓPTICO PATCH PANEL ODF	92
Fig. 45: SPL9101 1X32 ÓPTICO PLC SPLITTER ABS CAJA TIPO CON SC / APC / UPC CONECTOR	94
Fig. 46: SPL1202-1U. 1X32 ÓPTICO PLC SPLITTER ABS CAJA TIPO CON SC / APC / UPC CONECTOR (WITH PROTECTION)	94
Fig. 47: FDT2101D-480.....	97
Fig. 48: CAJA DE EMPALME-SANGRADO AD-NET 2IN 2OUT	99
Fig. 49: FK-CTO-16MC.....	101
Fig. 50: CDP PRECON - 8 ABONADOS.....	104
Fig. 51: L\OPT-XXY.....	105
Fig. 52: CABLE MULTITUBO EXTERIOR/INTERIOR ARMADO CON ACERO CORRUGADO.....	107

Fig. 53: FIBRA 75098 DAC 2X SM G.657.A1	109
Fig. 54: FIBRA 69816 DUPLEX POSTAL 1.6 SM G.657.A	111
Fig. 55: PATCH CORD 426545 PATCH-ESPINAL G.657.A1 SC / APC 8 ° D: 2,0 MM.....	112

ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS	PÁG.
TABLA. 1: TIPOS DE FIBRA ÓPTICA	7
TABLA. 2: PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LA FIBRA ÓPTICA	12
TABLA. 3: ATENUACIÓN POR TIPO SPLITTER (DB)	22
TABLA. 4: COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS X-PON.....	29
TABLA. 5: LONGITUDES DE ONDA DE OPERACIÓN	31
TABLA. 6: ESTRUCTURA DE LAS CAPAS DE 10G-PON	32
TABLA. 7: SERVICIOS PARA 10G-PON	33
TABLA. 8: REQUERIMIENTOS DE LA CAPA FÍSICA.....	33
TABLA. 9: REQUERIMIENTOS DE LA CAPA PMD.....	35
TABLA. 10: NIVELES DE POTENCIA ÓPTICA PARA EL SISTEMA A VELOCIDADES DE 2,4 GBIT/S EN SENTIDO DESCENDIENTE Y 1,2 GBIT/S EN SENTIDO ASCENDENTE.....	37
TABLA. 11: BALANCE DE ATENUACIÓN EN EL SISTEMA G-PON.....	37
TABLA. 12: CARACTERÍSTICAS DE G-PON VS XG-PON	40
TABLA. 13: MANZANA A1	50
TABLA. 14: MANZANA B1.....	50
TABLA. 15: MANZANA C1.....	51
TABLA. 16: MANZANA D1	51
TABLA. 17: MANZANA E1	51
TABLA. 18: MANZANA F1	51
TABLA. 19: MANZANA G1	52
TABLA. 20: MANZANA H1	52
TABLA. 21: MANZANA I1	52
TABLA. 22: MANZANA J1.....	52
TABLA. 23: MANZANA K1	53
TABLA. 24: MANZANA L1.....	54
TABLA. 25: MANZANA M1.....	54
TABLA. 26: MANZANA N1	54
TABLA. 27: MANZANA O1	54

TABLA. 28: MANZANA P1	55
TABLA. 29: MANZANA Q1	55
TABLA. 30: MANZANA R1.....	55
TABLA. 31: MANZANA S1	55
TABLA. 32: LOTES AISLADOS	56
TABLA. 33: DEMANDA ACTUAL	57
TABLA. 34: PÉRDIDAS G-PON Y XG-PON	72
TABLA. 35: PARÁMETROS DE LA INTERFAZ ÓPTICA EN SENTIDO DESCENDENTE	73
TABLA. 36: PARÁMETROS DE LA INTERFAZ ÓPTICA EN SENTIDO ASCENDENTE.....	74
TABLA. 37: VALORES DE ATENUACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA ODN..	74
TABLA. 38: CÁLCULO DE LA ATENUACIÓN DE LA UN MAS LEJANA (banda 1310-1624nm)	75
TABLA. 39: CÁLCULO DE LA ATENUACIÓN DE LA ONU MÁS LEJANA(banda 1550 nm).....	75
TABLA. 40: CÁLCULO DE LA ATENUACIÓN DE LA ONU MÁS CERCANA (banda 1330-1625nm)	76
TABLA. 41: CÁLCULO DE LA ATENUACIÓN DE LA ONU MÁS CERCANA (banda 1550nm)	76
TABLA. 42: TASA DE DATOS REQUERIDA POR MPEG-4	80
TABLA. 43: CAPACIDAD POR ABONADO.....	80
TABLA. 44: SERIE SMARTAX MA5600T DE HUAWEL.....	84
TABLA. 45: PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LA OLT.....	86
TABLA. 46: SERIE ECHOLIFE HG DE HUAWEL	88
TABLA. 47: PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LA ONT	89
TABLA. 48: PRESUPUESTO REFERENCIAL PARA EL EQUIPAMIENTO ACTIVO DE LA RED PROPUESTA PARA EL PROGRAMA DE VIVIENDA CIUDAD VERDE	90
TABLA. 49: ODF CON SERIE GPX147-GRP-48A	91
TABLA. 50: PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LA ODF	92
TABLA. 51 SPLITTER CON SERIE SPL9101 Y SPL1202-1U.	93

TABLA. 52: PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL SPLITTER SPL9101	95
TABLA. 53: PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL SPLITTER SPL1202-1U.....	95
TABLA. 54: FDT2101D-480.....	96
TABLA. 55: PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL FDT2101D-480	98
TABLA. 56: PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LA CAJA DE EMPALME- SANGRADO AD-NET 2IN 2OUT.....	99
TABLA. 57: FK-CTO-16MC.....	100
TABLA. 58: PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LA NAP FK-CTO-16MC	102
TABLA. 59: CDP PRECON - 8 ABONADOS.....	103
TABLA. 60: PRESUPUESTO REFERENCIAL CDP PRECON - 8 ABONADOS	104
TABLA. 61: ROSETA ÓPTICA OPTIPOINT U OPT.....	105
TABLA. 62: PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LA ROSETA ÓPTICA OPTIPOINT U OPT	106
TABLA. 63: PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL CABLE MULTITUBO EXTERIOR/INTERIOR ARMADO CON ACERO CORRUGADO	107
TABLA. 64: FIBRA 75098 DAC 2X SM G.657.A1	108
TABLA. 65: PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LA FIBRA 75098 DAC 2X SM G.657.A1	109
TABLA. 66: FIBRA 69816 DUPLEX POSTAL 1.6 SM G.657.A1	110
TABLA. 67: PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LA FIBRA 69816 DUPLEX POSTAL 1.6 SM G.657.A1	111
TABLA. 68: PATCH CORD 426545 PATCH-ESPINAL G.657.A1 SC / APC 8 ° D: 2,0 MM.....	112
TABLA. 69: PATCH CORD 426545 PATCH-ESPINAL G.657.A1 SC / APC 8 ° D: 2,0 MM.....	113
TABLA. 70: PRESUPUESTO REFERENCIAL PARA EL EQUIPAMIENTO PASIVO DE LA RED PROPUESTA PARA EL PROGRAMA DE VIVIENDA CIUDAD VERDE.....	113
TABLA. 71: PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL EQUIPAMIENTO DE LA RED PROPUESTA PARA EL PROGRAMA DE VIVIENDA CIUDAD VERDE	114
TABLA. 72: PRESUPUESTO REFERENCIAL DE CNT EP.....	116

a. TÍTULO

“DISEÑO DE UNA RED DE DATOS BASADA EN TECNOLOGÍA *XG-PON systems (10 GIGABIT-CAPABLE PASSIVE OPTICAL NETWORKS)* PARA EL PROGRAMA DE VIVIENDA CIUDAD VERDE”

b. RESUMEN

El presente trabajo de titulación propone una red de telecomunicaciones basada en tecnología PON para el programa de vivienda Ciudad Verde de la Ciudad de Loja.

Para el diseño propuesto de la red PON se basó en la recomendación de la ITU-T G.987 tomando características como son: la tasa de transmisión de subida y bajada que ofrece el estándar, autenticación de la ONT hacia la OLT, coexistencias de XG-PON con G-PON, etc. También se tomó en cuenta las normativas de diseño de la planta externa (ODN) por parte de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP), niveles de atenuación máximos permitidos por los componentes pasivos para el usuario más crítico.

Para la distribución del cable de fibra se optó por la canalización de tipo subterránea, ya que es impuesta de manera obligatoria por todos los GADS hacia los contratistas, operadoras y futuros programas de implantación de viviendas o edificios para la implementación de estas redes de telecomunicaciones.

El presente trabajo está distribuido en algunas secciones, que corresponde a la parte de revisión bibliográfica para lograr concluir con el diseño propuesto de la Red de Datos XG-PON.

Inicialmente se presenta una descripción del medio de transmisión de fibra óptica, con sus características que despliega este medio y técnicas que se utilizan para la transmisión de grandes anchos de banda. Luego se describe lo que es la tecnología PON, lo que nos permite conocer qué tipo de solución de acceso se puede implementar en lugares masivos con la tecnología de transmisión que el estándar propone.

Seguidamente se realiza el diseño de la red para el programa de Vivienda Ciudad Verde realizando la siguiente estructura:

- ✚ Conocer el estado actual del programa de Vivienda
- ✚ Diseñar la red OND
- ✚ Cálculo del balance óptico para la red

- ✚ Y cálculo del ancho de banda de los servicios propuesto para la transmisión a cada usuario final.

A continuación se presenta un marco legal que permite conocer, mediante la constitución de la república y algunas normativas el diseño de redes GPON en el Ecuador, específicamente en la ciudad de Loja.

Luego se especifica los requerimientos que deben cumplir los equipos tanto pasivos como activos para el diseño de la red, para luego seleccionar el equipo ofertado por los fabricantes, contrastando con las características de diseño obtenidas. Una vez seleccionados los componentes y equipos de la red se elaborara un presupuesto referencial del diseño propuesto.

Por último se realiza el análisis y discusión de los resultados obtenidos para el diseño de red propuesto y establecer conclusiones y recomendaciones sobre la investigación realizada en el presente trabajo de titulación.

ABSTRACT

The present project of titling proposes a telecommunications network based on PON technology for the Green City housing program of the Loja city.

For the proposed design of the PON network, it based on the recommendation of the ITU-T G.987 taking features such as: the transmission rate up and down that the standard provides to, authentication from the ONT to the OLT, coexistences of XG-PON with G-PON, etc. It also took into account the regulations of outside plant design (ODN) by the National Telecommunications Corporation (CNT EP), maximum attenuation levels were allowed by the passive components for the most critical user.

For the distribution of the fiber cable, the channeling underground type was chosen, since it is imposed on a compulsory basis for all GADs to contractors, operators and future programs of implantation of houses or buildings for the implementing of these telecommunications networks.

The present assignment is divided into sections, which belongs to the part of literature review to achieve conclude the proposed design of the Network XG-PON data.

Initially a description of the transmission medium of optic fiber is presented with its characteristics that display this means and techniques that are used for the transmission of large bandwidths. Then, the PON technology was described, allowing us to know what kind of access solution can be implemented in massive places with the transmission technology of the standard that proposes to.

Then, the network design for the Green City Housing Program is carried out, taking into account the following structure:

- ✚ Knowing the current state of the housing program
- ✚ Designing the network OND
- ✚ Calculation of the optical balance for the network

- ✚ And calculation of bandwidth of the proposed services for the transmission to each end user.

Next a legal framework is presented, which allows to know through the constitution of the republic and some regulations the GPON network design in Ecuador, mainly in Loja city.

Then the requirements that must fulfill the both passive and active equipment for network design is specified, for later selecting the equipment offered by manufacturers, contrasting with the characteristics of the obtained design. After selecting the components and network equipment, a referential budget of the proposed design was developed.

Finally, the analysis and discussion of the results obtained for the proposed network design was performed, as well as the statement of conclusions and recommendations about the research that were carried out for this titling project.

c. INTRODUCCIÓN

La gran demanda de servicios de telecomunicaciones de nueva generación requieren un gran ancho de banda y por consiguiente una alta tasa de transmisión, ya que estos nuevos servicios integran diversas aplicaciones de tipo multimedia para el usuario final.

Algunos de los servicios de nueva generación son: telefonía IP, internet en altas velocidades, televisión en alta definición, domótica, videoconferencias, juegos en la red, etc.

Para poder implementar y desplegar estos servicios, la ITU-T ha desarrollado tecnologías de telecomunicaciones con redes PON que ofrecen las características de gran ancho de banda. De ahí el estándar XG-PON permite llevar un gran ancho de banda al usuario final con su respectiva tasa de transferencia de datos de 10 Gbps de bajada y 2.5 Gbps de subida, utilizando como medio de transmisión el cable de fibra óptica.

En la actualidad, algunas de las operadoras que ofrecen servicios de telecomunicaciones han optado por implementar redes PON en su planta externa, para el desarrollo y evolución de su red ya requiere mayores capacidades para ofrecer nuevos servicios.

Para este proyecto de titulación se ha elegido la tecnología XG-PON para resolver los requerimientos de los servicios de nueva generación, que permite su distribución a cada usuario final. De esta forma se obtiene una red con alto índice de escalabilidad, flexibilidad y coexistencia.

d. REVISIÓN DE LITERATURA

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. FIBRA ÓPTICA.

La fibra óptica es uno de los medios por el cual se puede transmitir grandes anchos de banda a altas velocidades, lo cual hace que este medio esté evolucionando y se lo utilice en redes de altas velocidades.

1.1.1. Definición de Fibra Óptica.

“La fibra óptica (F.O.) es una delgada hebra de vidrio o silicio fundido que conduce la luz. Se requieren dos filamentos para una comunicación bi-direccional: TX y RX.

El grosor del filamento es comparable al grosor de un cabello humano, es decir, aproximadamente de 0,1 mm.” (1)

1.1.1.1. Estructura del cable de Fibra Óptica.

La F.O. es una nueva tecnología de cable que se utiliza para la instalación de redes de nueva generación (NGN) que necesiten transmitir grandes anchos de banda a altas velocidades. Núcleo, manto, recubrimiento, tensores y chaqueta. En la Fig. 1 se puede observar la estructura del cable de fibra óptica.

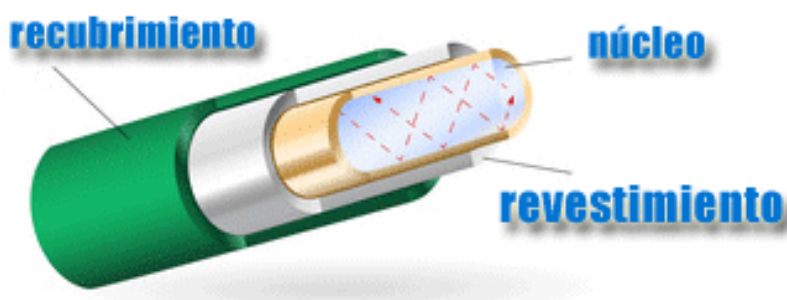


Fig. 1: Estructura del cable de F.O.

Fuente: (2)

1.1.2. Componentes de la Fibra Óptica.

“El cable de fibra óptica es el resultado de acoplar el conocimiento de las propiedades de luz y vidrio con el objetivo de enviar y transmitir pulso de luz a grandes distancias con altas velocidades que hoy en día superan el 1 Gbps” (2)

1.1.3. Transmisión por Fibra Óptica.

“La transmisión de información a través de fibra óptica requiere de tres componentes esenciales: una fuente de luz, la fibra como medio transmisión y un detector de luz en el receptor. En la Fig. 2 apreciamos un sistema óptico para la transmisión de datos. El sistema envía los bits de la señal de datos como estados, *prendido o apagado*, de un rayo de luz. Esta luz la genera en el transmisor un láser o un diodo de emisor de luz (DEL), que es un dispositivo más barato. La luz se desplaza dentro de la fibra sin fugas debido a las propiedades de reflexión y refracción de su revestimiento, el cual se fabrica en forma de túnel. Tanto el láser como el DEL emiten luz cuando se aplica voltaje a sus terminales. El detector es un fotodiodo que genera un pulso eléctrico en el momento de recibir un rayo de luz.” (3 págs. 86, 87)

En la Fig. 2 se muestra el proceso de transmisión óptico.

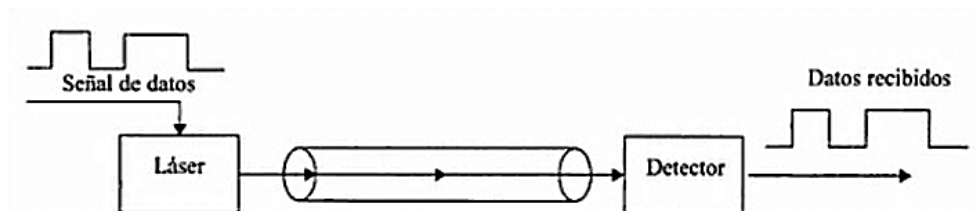


Fig. 2: Sistema Óptico de Transmisión

Fuente: (3)

1.1.4. Funcionamiento.

“La fibra óptica basa su funcionamiento en las propiedades de refracción y reflexión que tiene la luz cuando atraviesa un medio, en este sentido la fibra óptica está fabricada para que el pulso de luz enviado se refleje totalmente a lo largo de todo el filamento con objeto de conseguir transmitirlo sin pérdidas producidas por la refracción” (2)

La F.O. es el medio idóneo para enviar grandes cantidades de información de alta calidad con altas velocidades en tiempos cortos.

“Los pulsos de luz enviados a través de la fibra óptica suelen ser utilizados como medio de iluminación o como medio de transmisión de información binaria o digital, la presencia de un pulso representa un 1 y la ausencia un 0, posteriormente un receptor óptico recoge las señales luminosas y las transforma en el formato de información elegido como imágenes, audio, video o datos.” (2)

El motivo por el cual, los pulsos de luz se quedan atrapados en el conducto es por el principio de la ley de refracción y reflexión que se la conoce como la Ley de Snell, la cual indica que un haz de luz pasa por un medio físico a otro, la luz viaja por el núcleo y no atraviesa el revestimiento, reflejándose y propagándose sin pérdidas significativas en el interior de la F.O. reflejándose así muchas veces a lo largo del camino como se muestra en la Fig. 3.

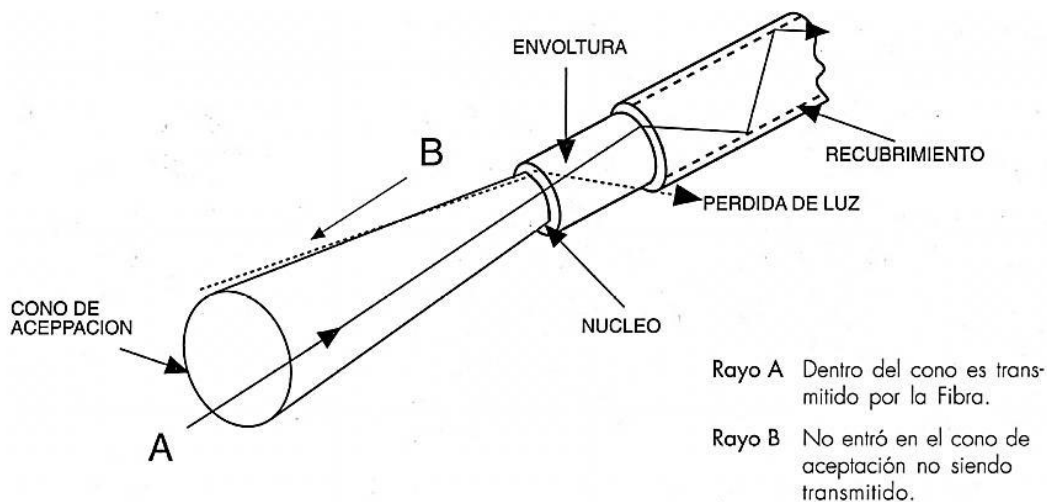


Fig. 3: Propagación de haces de luz en la F.O.

Fuente: (4)

1.1.4.1. Ley de Snell.

“Cuando la luz pasa de un medio a otro cambia de velocidad. Introduciéndose una deflexión en los rayos de luz denominada refracción. El término que define esta característica de un medio es el índice de refracción. El índice de refracción de un

medio se define como la relación entre la velocidad de la onda luminosa en el vacío (c) y la velocidad de la onda luminosa propagada en el medio (v).

Cuando la luz viaja en un medio denso, la velocidad de la luz (velocidad de propagación) disminuye pasando a ser v . Cuando se divide la velocidad de la luz en el vacío c , por la velocidad de la luz en un medio denso v , da el índice de refracción:

$$n = c/v \quad \text{ecuación (1)}$$

Los índices de refracción se utilizan en el diseño de las fibras ópticas. Para comprender bien los mecanismos de refracción dentro de la fibra es útil revisar el principio básico de la óptica: la ley de Snell Fig. 4.” (5)

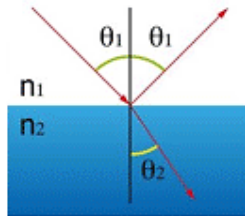


Fig. 4: Ley de Snell

Fuente: El autor

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad \text{ecuación (2)}$$

1.1.5. Ventajas de la Fibra Óptica.

La fibra óptica frente a otros medios de transmisión posee numerosas ventajas, a continuación enumero algunas:

- ✚ “Gran ancho de banda, lo que permite la transmisión y/o transferencia de mucha información simultáneamente, por lo que no será necesario hacer un cambio de cable cuando se incremente el tráfico de datos por la red. Además, este ancho de banda nos permite incrementar la capacidad de transmisión con el fin de reducir el costo por canal.
- ✚ No hay riesgos de corto circuito y daño de origen eléctrico.
- ✚ Su vida útil es mucho más larga que la de un cable eléctrico.

- ✚ Sin límite de aplicaciones.
- ✚ Posibilidad de daño casi nula. Además, el tiempo de respuesta en una reparación es mínimo.
- ✚ Compatible con la tecnología actual.” (6 págs. 13, 14)
- ✚ “Se pueden hacer tiradas de hasta varios kilómetros sin pérdida de eficacia o fiabilidad.
- ✚ Escaso grosor lo que facilita enormemente el tendido ya que se puede pasar por tubería o conducto.
- ✚ Prácticamente nula atenuación con la distancia (permite saltos de más de 100 km sin amplificación o regeneración)” (7)
- ✚ “Insensibles a campos eléctricos y magnéticos. La señal se transmite en forma de paquetes de energía llamados *fotones*.
- ✚ Toda la energía queda confinada al interior de la fibra. No existe irradiación ni interferencia entre distintas fibras del mismo cable.
- ✚ Peso reducido (liviana en algunos casos).” (8)
- ✚ “Inmunidad a la diafonía: los cables ópticos son inmunes a la diafonía entre cables vecinos, debida a la inducción magnética. Las fibras de vidrio o de plástico son no conductores de electricidad y en consecuencia, no tienen campos magnéticos asociados con ellas. En los cables metálicos, la causa principal de la diafonía es la inducción magnética entre conductores ubicados físicamente cercanos entre sí.
- ✚ Inmunidad a la interferencia por estática: los cables ópticos son inmunes al ruido de estática que causa la interferencia electromagnética (EMI) debida a rayos, motores eléctricos, luces fluorescentes y otras fuentes de ruido eléctrico. Esta inmunidad también se debe a que las fibras ópticas son no conductores de la electricidad, y a que el ruido eléctrico no afecta la energía en las frecuencias luminosas. Los cables de fibras tampoco irradian energía de RF y, en consecuencia no pueden interferir con otros sistemas de comunicaciones. Esta característica hace que los sistemas de fibra óptica sean ideales para distintas aplicaciones en las que se necesiten transmitir grandes cantidades de información.

- ✚ Inmunidad al ambiente: los cables ópticos son más resistentes a los extremos en el ambiente que los cables metálicos. También, los cables ópticos funcionan dentro de variaciones más amplias de temperatura y son menos afectadas por los líquidos y gases corrosivos.
- ✚ Seguridad: los cables ópticos son más seguros y fáciles de instalar y mantener que los cables metálicos. Debido a que las fibras de vidrio y de plástico son no conductoras, no se asocian con ellas corrientes ni voltajes eléctricos. Las fibras ópticas se pueden usar cerca de líquidos volátiles y de gases, sin preocuparse porque puedan causar explosiones o incendios. Las fibras ópticas son menores y mucho ms ligeras que los cables metálicos.
- ✚ Seguridad: es visualmente imposible entrar a un cable de fibra sin que sepa el usuario y los cables de fibra óptica no se pueden detectar con buscadores de metales, a menos que tenga refuerzo aéreo para tener mayor resistencia.” (9 pág. 424)

1.1.6.Desventajas de la Fibra Óptica.

También posee algunas desventajas:

- ✚ “Se requiere equipamiento y electrónica de red especial para fibra.
- ✚ La conexión es muy delicada, la limpieza de los conectores es extremadamente importante y solo el hecho de soplar el conector lo ensucia y hace que la fibra pierda eficacia y los datos no lleguen a su destino.
- ✚ El “empalme” de fibras no es trivial, es necesario hacerlo mediante fusión de materiales.
- ✚ No se puede doblar ya que entonces cambia la reflexión.
- ✚ Si se corta la fibra se interrumpen todas las comunicaciones que pasan a través de ellas, pueden ser miles y nunca de forma parcial, siempre total.” (7)
- ✚ “Costos de interconexión: los sistemas de fibra óptica son virtualmente inútiles por sí mismos. Para ser prácticos se deben conectar a instalaciones electrónicas normales, lo cual requiere con frecuencia interconexiones costosas.
- ✚ Potencia eléctrica remota: a veces es necesario llevar energía eléctrica a un equipo remoto de interconexión o de regeneración. Esto no se puede hacer con el

cable de fibra óptico, por lo que se deben agregar más cables metálicos en el cableado.

- ✚ Herramientas, equipo y adiestramiento especializados: las fibras ópticas requieren herramientas especiales para empalmar y reparar cables, y equipos especiales de prueba para hacer medidas rutinarias. También es difícil y costoso reparar cables de fibra, y los técnicos, que trabajan con cables de fibra óptica necesitan también tener destrezas y adiestramiento especiales.” (9 págs. 424, 425)
- ✚ Fragilidad de las fibras.

1.1.7. Clases de Fibra Óptica.

En esencia las fibras ópticas se clasifican en 3 formas: por el índice de refracción, por modo de propagación, y el material con que se fabrican.

Tabla 1. Tipos de Fibra Óptica

TIPO DE F.O.	FIBRAS
Índice de refracción	✚ Fibra de índice escalonado
	✚ Fibra de índice graduado
Modo de propagación	✚ Modo único o unimodal (fibra monomodo)
	✚ Modo múltiple o multimodal (fibra multimodo)
Material del núcleo y revestimiento	✚ Núcleo y forro de plástico.
	✚ Núcleo de vidrio con forro de plástico (llamado con frecuencia de fibra PCS, plastic-clad silica o sílice revestido con plástico).
	✚ Núcleo de vidrio y forro de vidrio (llamado frecuencia SCS, silica-clad silica o sílice revestido con sílice).

Fuente: El autor

1.1.7.1. Fibra Monomodo.

“Esta fibra ofrece una mayor capacidad de transporte de información mayor velocidad, posee una banda de paso al orden de los 100 GHz/Km y baja atenuación. Los mayores flujos se consiguen con esta fibra, pero también es la más compleja de implantar. Para la transmisión de datos se la hace en un sola trayectoria que sigue el eje de la fibra, por lo

cual su nombre de *monomodo*= modo de propagación, o camino del haz luminoso único como se muestra en la Fig. 5. Estas fibras tienen el diámetro del núcleo en el mismo orden de magnitud que la longitud de ondas de las señales ópticas que transmiten, es decir, de 5 a 8 micrones y una cubierta de 125 micrones de diámetro. Si el núcleo está constituido de un material cuyo índice de refracción es muy diferente al de la cubierta, entonces se habla de fibras monomodo de índice escalonado. Los elevados flujos que se pueden alcanzar constituyen la principal ventaja de las fibras monomodo, ya que sus pequeñas dimensiones implican un manejo delicado y entrañan dificultades de conexión que aún se denominan mal.” (10 pág. 10)



Fig. 5: Fibra Monomodo

Fuente: El autor

1.1.7.2. Fibra Multimodo.

“La fibra multimodo permite viajar por su interior varios haces de luz de distintas frecuencias y modulaciones. Estos rayos de luz se introducen al núcleo por el centro de éste pero con distintos ángulos de incidencia, lo cual provoca que vayan rebotando en el recubrimiento y no sigan una trayectoria recta dentro del núcleo, pero que a su vez no se mezclen entre sí. Cada uno de esos rayos llevaría información diferente bien por servicios (VoIP, Internet, TV, etc.), por usuarios, zonas, etc. Este tipo de fibra no se puede tender tan extensamente como la monomodo, pero es capaz de transportar una mayor carga de datos en un tendido menor.” (7)

La fibra multimodo puede ser de dos tipos:

- ✚ Fibra Multimodo de Índice Gradiente Gradual.
- ✚ Fibra Multimodo de Índice Escalonado.

a. Fibra Multimodo de Índice Gradiente Gradual.

“La fibra multimodo de índice de gradiente gradual tiene una banda de paso que llega hasta 500 MHz/Km. su principio se basa en el índice de refracción en el interior del núcleo no es único y decrece cuando se desplaza de núcleo hacia la cubierta. Los rayos luminosos se encuentran enfocados hacia el eje de la fibra, como se puede ver en la Fig. 6.

Estas fibras permiten reducir la dispersión entre los diferentes modos de propagación a través del núcleo de la fibra.

La fibra multimodo de índice gradiente gradual de tamaño 62,5/125 micrones esta normalizado, pero se pueden encontrar otros tipos de fibras:

- ✚ Multimodo de índice escalonado 100/140 micrones.
- ✚ Multimodo de índice gradiente gradual 50 /125 micrones.” (10 pág. 11)

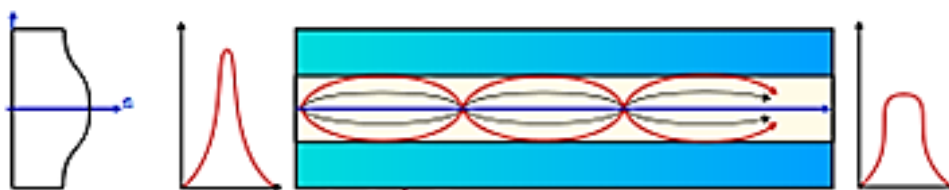


Fig. 6: Fibra Multimodo de Índice Gradiente Gradual

Fuente: El autor

b. Fibra Multimodo de Índice Escalonado.

“Las fibras multimodo de índice escalonado están fabricadas a base de vidrio, con un atenuación de 30 dB/Km o plástico con atenuación de 100 dB/Km, la banda de paso llega a 40 MHz/Km. El núcleo de la fibra está constituido por un material uniforme cuyo índice de refracción es claramente superior al de la cubierta que lo rodea. El paso desde el núcleo hasta la cubierta conlleva por tanto una variación brutal del índice, de ahí su nombre de índice escalonado. En la Fig. 7 se puede observar la transmisión óptica a través de la fibra Multimodo de índice escalonado.” (10 pág. 11)

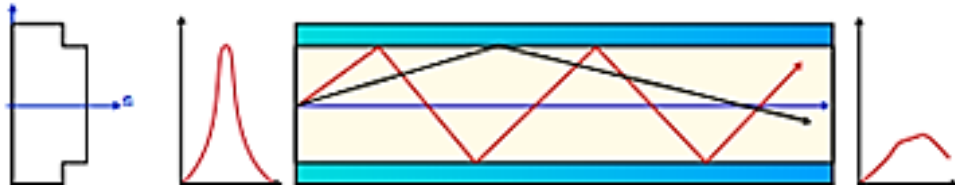


Fig. 7: Fibra Multimodo de Índice Escalonado

Fuente: El autor

1.1.7.3. Comparación de los tres tipos de F.O.

a. Fibra unimodal de índice escalonado.

a.1. Ventajas.

- ✚ “Hay dispersión mínima. Como todos los rayos se propagan por la fibra toman aproximadamente la misma trayectoria, tardan aproximadamente el mismo tiempo para recorrer el cable. En consecuencia, un pulso de luz que entra al cable se puede reproducir con mucha exactitud en el extremo de la recepción.
- ✚ Debido a la gran exactitud de reproducción de los pulsos transmitidos en el extremo de recepción, son posibles mayores anchos de banda y mayores capacidades de trasmisión de información con las fibras unimodales de índice escalonado que con los otros tipos de fibra.” (9 pág. 438)

a.2 Desventajas.

- ✚ “Debido a que al núcleo central es muy pequeño, es difícil acoplar la luz adentro y hacia afuera de esta clase de fibra. La abertura de la fuente a la fibra es la pequeña de todos los tipos de fibra.
- ✚ También debido al pequeño núcleo central, se requiere una fuente luminosa muy direccional.
- ✚ Las fibras unimodales de índice escalonado son costosas y complicadas de fabricar.” (9 pág. 438)

b. Fibra multimodal de índice escalonado.

b.1. Ventajas.

- ✚ “Las fibras multimodales de índice escalonado son poco costosas pero su fabricación es sencilla.
- ✚ Es fácil acoplar la luz hacia adentro y hacia afuera de las fibras multimodales de índice escalonado: tienen una abertura grande de la fuente a la fibra.” (9 pág. 438)

b.2. Desventajas.

- ✚ Los rayos luminosos siguen muchas trayectorias distintas por la fibra, lo que da como resultado grandes diferencias en sus tiempos de propagación. Los rayos que recorren en esta tipo de fibra tienden a extenderse y, en consecuencia, un pulso de luz que se propague por una fibra multimodal de índice escalonado se distorsiona más que en otros tipos de fibra.
- ✚ El ancho de banda y la capacidad de transferencia de información posibles con este tipo de cables es menor con los demás tipos.” (9 pág. 438)





c. Fibra multimodal de índice escalonado.

“Este tipo de fibra no tiene ventajas ni desventajas sobresalientes. Las fibras multimodales de índice escalonado son más fáciles de acoplar a la luz que les entra y que les sale, en comparación con las unimodales de índice escalonado. La distorsión debida a trayectorias múltiples de propagación es mayor que en las fibras unimodales de índice escalonado, pero menor que en las multimodales de índice escalonado. Son más fáciles de fabricar las fibras de índice graduado que las unimodales de índice escalonado, pero más difíciles que las multimodales de índice escalonado. La fibra multimodal de índice graduado se considera intermedia en comparación con los otros tipos.” (9 págs. 438, 439)

1.1.7.4. Parámetros Característicos de la Fibra Óptica.

Las características que tiene una transmisión son de suma importancia al momento de utilizar como medio de transmisión una fibra óptica, en la Tabla 2 se identifican algunos parámetros:

Tabla 2. Parámetros Característicos de la Fibra Óptica

PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS		DESCRIPCIÓN
Parámetros ESTÁTICOS	 Ópticos	Apertura mecánica
		Perfil de índice de refracción
	 Geométricos	Diámetro del núcleo
		Diámetro del revestimiento
		Excentricidad
		No circularidad del núcleo
No circularidad del revestimiento.		
Parámetros DINÁMICOS	 Atenuación	Intrínseca a la fibra
		Por causas extrínsecas
	 Dispersión Temporal	Dispersión modal
		Dispersión del material
		Dispersión por efecto guía-ondas

Fuente: (11 pág. 11)

a. Atenuación.

“La pérdida de potencia en un cable de fibra óptica sea la característica más importante de cable. Con frecuencia se le denomina “*atenuación*” a la pérdida de potencia, y se entiende como una pérdida de potencia de la onda luminosa al atravesar el cable. La atenuación tiene varios efectos sobre el funcionamiento, que incluyen la reducción del ancho de banda del sistema, la rapidez de transmisión de información, la eficiencia y la capacidad general del sistema.

Las fibras multimodo tienden a tener mayores pérdidas de atenuación que los cables monomodo, debido principalmente a la mayor dispersión de la onda luminosa, producida por la impureza.

La atenuación se representa con un valor positivo de dB, porque por definición es una pérdida.

Los mecanismos por los que se produce la atenuación dependen de la composición de la fibra, la técnica de reparación y el grado de pureza del material y la estructura de la fibra. Se dividen en áreas que incluyen:

- ✚ La Absorción del material
- ✚ La dispersión del material (lineal o no lineal)
- ✚ Pérdidas por curvaturas, microcurvaturas.
- ✚ Pérdidas por acoplamiento hacia modos no permitidos o con pérdidas.
- ✚ Empalmes y conectores.” (12)

1.1.8. Técnicas de Multiplexación.

La demanda para transportar grandes anchos de banda, exige a encontrar alguna forma de aprovechar de manera eficiente las capacidades de la F.O., para lo cual utilizar este cable en redes tiene un gran costo, de ahí que es importante implementar técnicas para aumentar la capacidad de transmisión en la F.O.

1.1.8.1. Multiplexación por División de Onda (*WDM= Wavelength Division Multiplexing*).

Esta técnica permite incrementar la capacidad de transporte de redes ópticas de una forma económica y eficiente por medio de multiplexores y demultiplexores, los sistemas WDM combina muchas señales ópticas en un mismo hilo de fibra, cada señal de longitud de onda diferente, de tal manera que se puede transmitir simultáneamente WDM.

WDM multiplexa desde cuatro a ochenta longitudes de onda distintos en un único haz de luz transmitido en un hilo de fibra.

WDM funciona de la siguiente manera: en la cada uno de los canales la señal a transmitirse tiene un longitud de onda diferente y cada una es capaz de llevar grandes cantidades de información mezcladas todas por el multiplexor, de tal manera cuando entran a la fibra, desplazándose paralelamente hasta el demultiplexor que separa las

frecuencias de manera simétrica al proceso de entrada y se dirigen al destino final usando un solo hilo de fibra.

La característica principal de WDM es encaminar tantos canales sean posibles por un mismo hilo de fibra.

1.1.8.2. Tipos de WDM.

“Tecnologías como DWDM y CWDM, mediante multiplexación óptica, permiten integrar diferentes canales de información sobre un único par de fibra óptica.” (13)

a. Multicanalización Densa por División de Longitud de Onda (*DWDM= Dense Wavelength Division Multiplexing*).

Esta técnica se la emplea cuando se necesita tener sistemas con altas prestaciones. Esta normado por la ITU-T G.692 lo cual indica que cada canal se encuentra distanciado por el siguiente canal, en frecuencia que puede ser de 100 GHz o 50 GHz.

Para los sistemas actuales con su respectiva canalización que puede ir de 2 a 64 canales, lo que implica dispositivos precisos, con estabilidad en temperatura para evitar desvío e interferencia con algún canal contiguo.

DWDM por lo general es utilizada en redes MAN, una de sus características de alojar un número considerable de canales, y lo que es en sí que cada uno puede alcanzar su frecuencia y demás servicios adicionales que se requiera.

DWDM tiene la capacidad de transportar distintos longitudes de onda, transmite también señales a diferentes velocidades y formatos, es decir, que para cada protocolo que se quiera transmitir por este sistema tendrá su propia longitud de onda distinta. DWDM amplifica y transmite por un mismo hilo de fibra la combinación de una multitud de canales ópticos.

b. Multiplexado por División Aproximado de Longitud de Onda (*CWDM= Coarse Wavelength Division Multiplexing*).

“CWDM tiene la recomendación G.694.2 del ITU-T, define dentro las bandas ópticas O, E, S, C y L, 18 longitudes de onda separadas entre sí por 20 nm como se muestra en

la Fig. 8. Cada una de las portadoras ópticas ofrece un canal óptico independiente sobre el que se puede transportar cualquier servicio: SDH, TDM, ATM, Gigabit, 10Gigabit, FiberChannel y FICON entre otros. Esto le confiere un elevado grado de flexibilidad y seguridad en el desarrollo de redes ópticas de campus, metropolitanas y regionales.” (13)

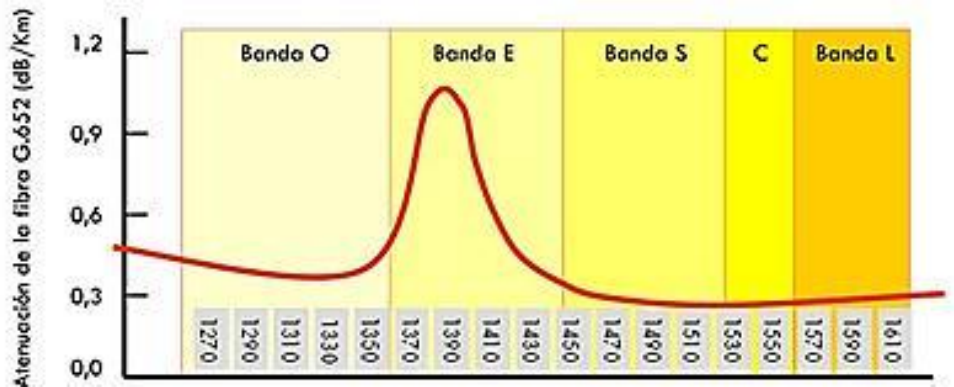


Fig. 8: Portadoras CWDM (nm)

Fuente: (13)

c. Diferencias CWDM y DWDM

“CWDM y DWDM comparten los mismos conceptos tecnológicos de multiplexación óptica. La única diferencia está en el número de lambdas que se emplea en DWDM y la separación entre estas. Mientras que en CWDM la separación entre lambdas es de 20nm, en DWDM esta oscila entre los 0,8 nm y 1,6nm, según la banda de operación. Lo anterior obliga a que el láser DWDM sea más estable y, para mantener esta precisión, es necesario que opere dentro de un rango de temperaturas con el fin de que la frecuencia de emisión pueda sufrir variaciones.” (13)

CWDM con respecto es a costos con DWDM, los dispositivos a emplear son menos costosos.

1.2. Red Óptica Pasiva (PON)

“Una Red Óptica Pasiva (PON) es una única fibra óptica bidireccional y compartida que utiliza acopladores ópticos para ramificarse formando una económica red de acceso con topología punto-multipunto hasta el usuario final.” (14 pág. 32)

La fibra óptica posee grandes ventajas con respecto a lo que son cables, mayor ancho de banda, menor interferencia, escalabilidad, etc. Es por esto que se crearon las redes PON (Passive Optical Network) la que permite a los usuarios aprovechar las ventajas de esta red con respecto a servicios al contar con accesos por medio de la F.O.

La red PON permite reemplazar los elementos activos existentes entre el proveedor y el usuario por elementos pasivos, lo que permite que los costos de la red se reduzcan de manera considerable. PON es usada en lo que es soluciones de acceso con fibra óptica (FTTx).

“PON es una tecnología punto-multipunto, las transmisiones en una red PON se realizan entre la OLT, localizada en el nodo óptico u oficina central (CO) y la ONU. La unidad ONU se ubica en el domicilio del usuario, configurando con un esquema de tipo FTTH.” (15)

La tecnología PON permite compartir con un solo hilo de fibra entre un grupo de casas y conectar de 32, 64 y 128 usuarios por medio del splitter, además permite superar una distancia de cobertura de las operadoras actuales que utilizan la tecnología DSL consiguiendo alcances de 20 hasta 60 km, con velocidades de 2.5 y 10 Gbps.

1.2.1. Características Generales

Las redes PON entre sus características principales permiten un mayor acceso hasta el usuario, velocidad de transmisión y ancho de banda.

Estas redes están siendo elegidas por parte de los operadores de telecomunicaciones para su implementación, para lo cual en este proyecto de titulación se destacan algunas de las ventajas de las redes PON:

- ✚ “Permiten superar los límites de ancho de banda y distancia existentes en las tecnologías DSL (máximo de 5Km desde la central), distancias de 20 hasta 60 Km desde la central.
- ✚ xPON reduce el CAPEX en fibra óptica (1FO para muchos usuarios) y OLT (1 puerto en la OLT para muchos usuarios). Además es posible suprimir la red de par telefónico y cable coaxial.

- ✚ PON dispone de un modelo de calidad de servicio que garantiza el ancho de banda necesario para cada servicio y usuario, facilitando el mantenimiento de la red, al ser inmunes a interferencias electromagnéticas.
- ✚ Gracias al uso de su topología punto–multipunto, minimiza el despliegue de fibra y a su vez maximiza su cobertura con el uso menor de splitters ópticos.
- ✚ Permite escalabilidad a mayores tasas de transferencia superponiendo longitudes de onda adicionales, utilizando la técnica WDM y seguir utilizando la misma infraestructura de fibra.
- ✚ PON para su despliegue de red utiliza fibra monomodo.
- ✚ Para la manipulación de su tráfico PON utiliza dos canales: ascendente y descendente en dos longitudes de onda distintas.” (16)

1.2.2. Normativa de una red PON por parte de CNT

“CNT establece la normativa de referencia para el diseño, previo a la construcción, de redes de acceso con Fibra Óptica bajo la tecnología GPON (*Gigabit Capable Passive Optical Network*).

1.2.2.1. ODN

Conforma todo el conjunto de elementos pasivos que interconectan un equipo terminal con la central local, parte desde el domicilio, recorriendo la red de dispersión, la red de distribución y la red feeder (troncal), instaladas en forma aérea o subterránea como se muestra en la Fig. 9. Se debe garantizar un presupuesto óptico de máximo 25 dB, desde el equipo activo OLT hasta la ONT instalada en el cliente.

ELEMENTOS DE LA ODN.

- REPARTIDOR O DISTRIBUIDOR PRINCIPAL (ODF)
- ARMARIOS
- MANGAS
- SPLITTERS (DIVISORES)
- NAP (NETWORK ACCESS POINT)

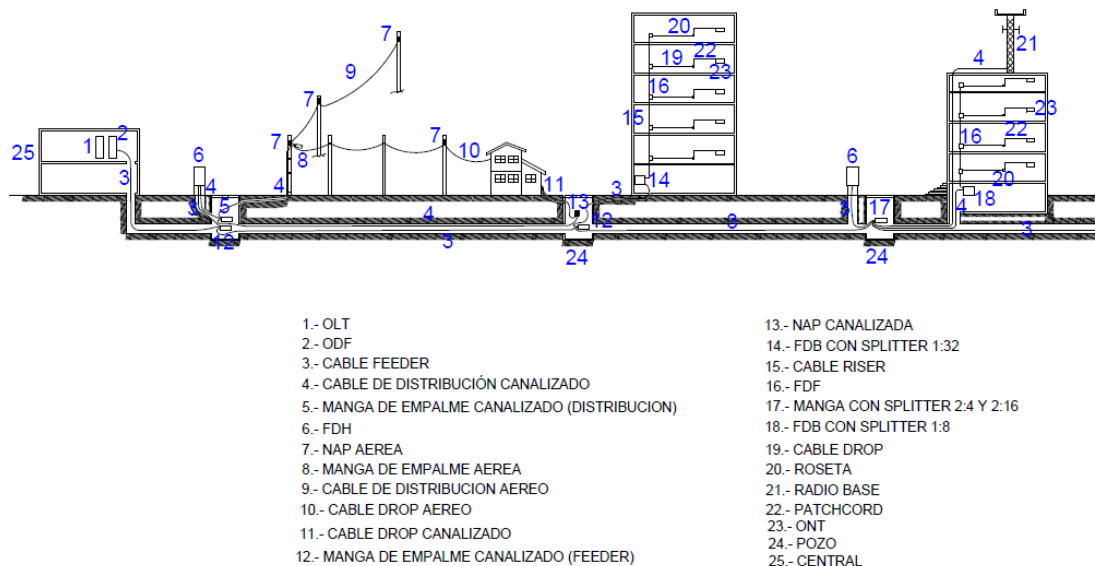


Fig. 9: Elementos de la ODN

Fuente: (17)

1.2.2.2. Arquitectura de la red GPON

La ODN (Red de distribución óptica), está formada por un cable feeder (troncal), que conecta el puerto del ODF y la entrada principal de splitter primario 1xn ó 2xn; y dependiendo del nivel de atenuación, a través de cables de distribución se conectan las salidas de los splitters secundarios del tipo 1xn a los equipos terminales (ONUs) a través de una caja de distribución y cables tipo Drop o de acometida.

a. Distribuidor o Repartidor General (ODF)

Punto donde llegan los hilos de fibra óptica y permite conectar la planta externa con los equipos de acceso (OLT).

b. Red Feeder (TRONCAL)

Interconecta el distribuidor (ODF) con los Armarios, está constituida por cables de fibra óptica que parten de la central y se dividen hacia armarios de distribución. Generalmente van por canalización en subductos, es la parte troncal de la red.

c. Distritos

Son las zonas en las que se divide una ciudad geográficamente en función de la red. Cada zona tiene su armario. También se habla de zonas directas en donde el ODF (mas una manga) reemplazan al armario.

d. Armarios (FDH)

Están ubicados en un determinado punto del distrito y es el lugar de conexión entre la red de feeder y la red de distribución por medio de splitters de 1xn. Permiten en forma separada las ampliaciones de red feeder y de red de distribución.

e. Caja de Distribución Óptica (NAP)

Es un punto de conexión entre la red de distribución y las conexiones individuales de cada abonado. Constituyen además puntos de corte para labores de operación y mantenimiento.

f. Caja de Distribución Principal (FDB)

Es el elemento que se utiliza al ingreso de edificios o urbanizaciones para interconectar la red feeder con la red de distribución interna de cada inmueble.

g. Caja de Distribución Secundaria (FDF)

Es el elemento que se utiliza para interconectar la red de distribución con la red de dispersión en edificios.

h. Red de Distribución:

Es la red que une el armario de distribución (FDH) y las cajas de distribución (NAP) y está constituida por splitters, cables de fibra óptica aéreos, murales, subterráneos, empalmes y cajas de distribución.

i. Red de Distribución Interna

Es la red que une la caja de distribución principal (FDB) y las cajas de distribución secundaria (FDF).

j. Red de Dispersión

Son los cables de fibra óptica que van desde la caja de distribución óptica (NAP) hasta la roseta óptica. Esta se divide en dos tramos, el primero hasta un punto de transición (FDF) y luego continúa con un cable tipo interior en casa del abonado terminando en la roseta” (17 págs. 5-8)

1.2.3. Estructura y Funcionamiento de una red PON

Las redes PON se estructuran de tres partes principales como se muestra en la Fig. 10:

- ✚ OLT (Terminal de Línea Óptica)
- ✚ ODN (Red de Distribución Óptica)
- ✚ ONT (Terminal de Red Óptica)

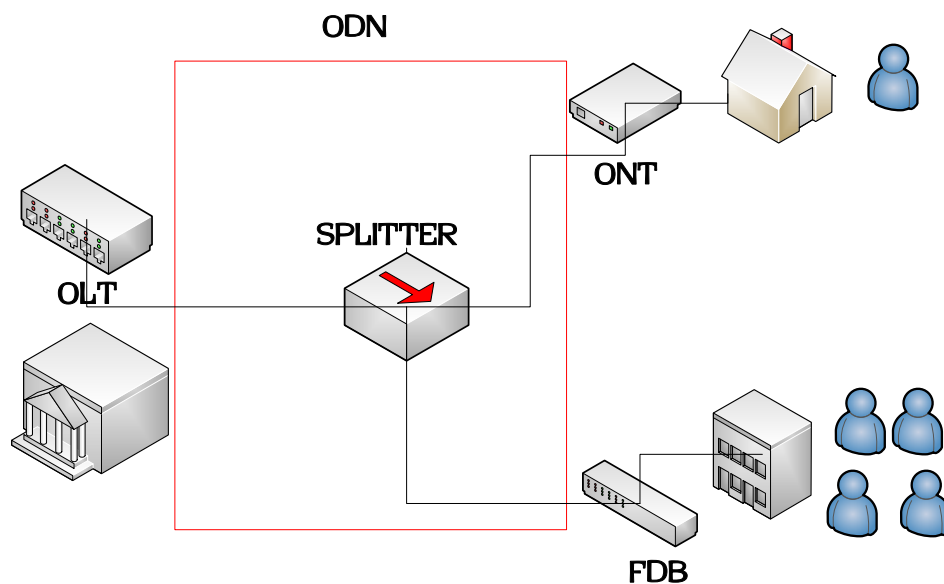


Fig. 10: Estructura de una red PON

Fuente: El Autor

La OLT se encuentra ubicada en la oficina central del proveedor, es un equipo activo y su función es interconectar la red de acceso con la ODN. La OLT permite administrar el tráfico ascendente como descendente.

La ODN corresponde a la parte pasiva de una red GPON, está compuesta por los siguientes elementos en forma general:

- ✚ “Patchcord de fibra entre la OLT y el ODF.
- ✚ El ODF (*Optical Distribution Frame* - Repartidor General Óptico en Cabezal de Video u Oficina Central.)
- ✚ Cables de Fibra Óptica FEEDER que están asociados a la red GPON (ruta principal o working y ruta de respaldo o protección).
- ✚ Splitters primarios.
- ✚ Cables de DISTRIBUCIÓN.
- ✚ Splitters secundarios si el nivel de atenuación lo permite.
- ✚ Cables de acometida o cables DROP.
- ✚ Cajas terminales.
- ✚ Roseta óptica
- ✚ Patchcord de fibra entre la roseta óptica y la ONT.

La ODN es pasiva, no tiene elementos activos o energizados. La OLT por su lado y las ONTs por otro son las encargadas de inyectar las señales ópticas a la ODN.

1.2.3.1. Cable FEEDER

El cable FEEDER corresponde al cable, o grupo de cables que contienen el filamento de FO que interconecta las puertas PON de la OLT con las puertas de entrada del splitter primario.

1.2.3.2. Cable DISTRIBUCIÓN

El cable de DISTRIBUCIÓN corresponde al que contiene el filamento de FO que interconecta un splitter primario y un splitter secundario en caso de existir.

1.2.3.3. Splitters

Los splitters son elementos ópticos pasivos que a través de una o dos entradas, replican por sus salidas, la señal óptica que ingresa, introduciendo niveles de atenuación que se incrementan a medida que la cantidad de puertas de salida aumenta.” (18 págs. 11-12)

a. Pérdidas por tipos de Splitter

Tabla 3. Atenuación por tipo Splitter (dB)

Tipo de Splitter	Atenuación (dB)
1:2	4,3
1:4	7,6
1:8	11,1
1:16	14,1
1:32	17,5
1:64	20,8
2:4	7,9
2:8	11,5
2:16	14,8
2:32	18,5
2:64	21,3

Fuente: (18 pág. 25)

1.3. Redes de Acceso

“El acceso juega un papel de gran importancia desde el punto de vista tecnológico dentro del desarrollo del modelo de redes. El desarrollo de las tecnologías de acceso debe facilitar el despliegue de nuevas redes y servicios.

Los usuarios demandan tecnologías de acceso de banda ancha que les permitan acceder a un conjunto de nuevos servicios y prestaciones que les ofrecen las redes de comunicación” (19 pág. 2)

“Las redes de acceso por fibra óptica destraban el cuello de botella del acceso aumentando el ancho de banda y la calidad de servicio. Prometen un enorme incremento en el ancho de banda de la red de acceso hasta cientos de Gbps.” (14 pág. 31)

La tecnología que se utiliza en la solución e implementación de redes PON es FTTx (*Fiber To The X*-Fibra hacia X) donde X hace referencia a los puntos de terminación de la fibra óptica.

1.3.1. Soluciones de Acceso con Fibra Óptica (FTTx)

La arquitectura FTTx (Fiber-to-the-x) ofrece una solución para el acceso con fibra óptica. Con FTTx, las redes ópticas pasivas (PON) de banda ancha, permiten utilizar un enlace a varios usuarios al mismo tiempo, sin la necesidad de utilizar elementos activos como en la Fig. 11. “De una manera generalizada, en la CO/Central Office (o Sala de Equipos) la señal es transmitida por una red óptica donde en una región próxima a los suscriptores, la señal se divide y es transmitida a las ONTs (Optical Network Terminal) - localizada en los respectivos suscriptores.” (20 pág. 1)

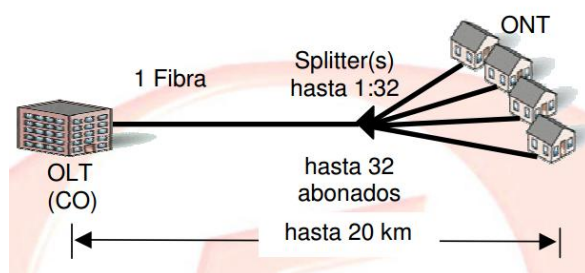


Fig. 11: Solución FTTx

Fuente: (20)

Los modelos de arquitecturas principales aplicadas actualmente se describen a seguir y definen básicamente donde es puesto en operación el ONT (Fig. 12). Son ellos:

- ✚ “FTTN– *Fiber-To-The-Node*: Enlace hasta un nodo y la terminación con xDSL hasta la residencia.
 - ✚ FTTC– *Fiber-To-The-Curb*: Enlace de Fibra hasta un armario y la terminación con xDSL hasta la residencia.
 - ✚ FTTB – *Fiber-To-The-Building*: Enlace de Fibra hasta el edificio y terminación con xDSL hasta la residencia.
 - ✚ FTTH – *Fiber-To-The-Home*: Enlace completo de Fibra hasta la residencia.”
- (21)

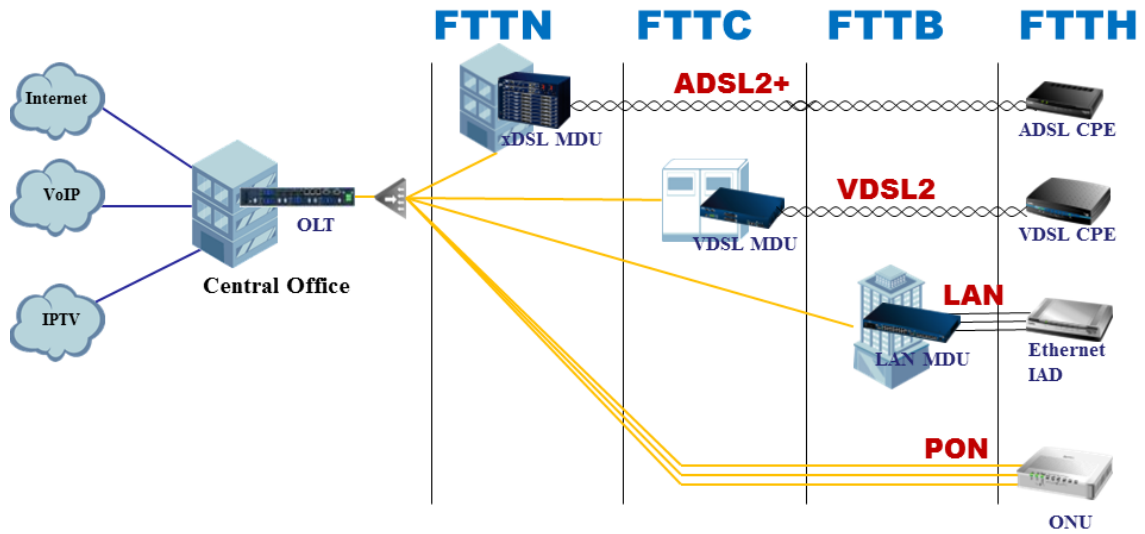


Fig. 12: Arquitectura FTTx

Fuente: (21)

1.3.1.1. FTTN

Fibra hasta el nodo (FTTN) o también se la denomina fibra hasta el armario (FTTCab), existe un menor tendido de fibra hasta el usuario, es decir, desde la oficina del proveedor (OLT) hasta un punto terminal, en donde se aprovechara la infraestructura de planta externa de par de cobre para la distribución de servicios hasta el usuario como se muestra en la Fig. 13.

El tramo de fibra termina en un armario o cabina situada en la calle de entre 1,5 a 3 km del usuario.

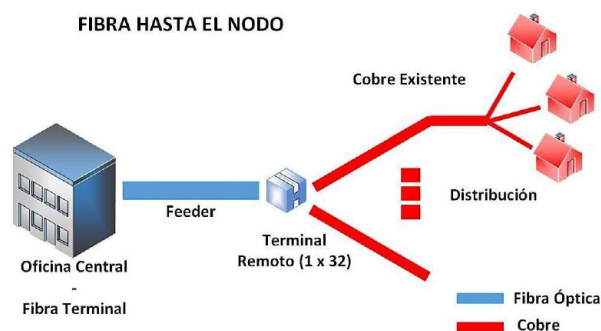


Fig. 13: Arquitectura FTTN

Fuente: (22 pág. 28)

1.3.1.2. FTTC

Fibra hasta la acera o esquina (FTTC), igual que la arquitectura (FTTN) con la diferencia de que el nodo de distribución debe estar ubicado en una cabina más próxima con una distancia de 300 a 600 m de separación del usuario como se muestra en la Fig. 14. El ancho de banda de cada usuario dependerá del nivel de splitteo (1:2, 1:8, 1:32, etc.), se puede entregar un ancho de banda desde 100 Kbps hasta 100 Mbps por cada abonado.

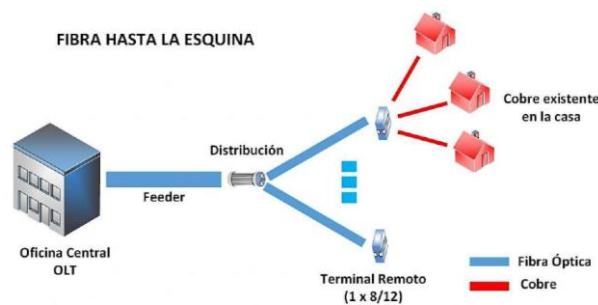


Fig. 14: Arquitectura FTTC

Fuente: (22 pág. 26)

1.3.1.3. FTTB

Fibra hasta el edificio (FTTB) igual que la arquitectura (FTTC) con la diferencia de que el tendido de fibra llega a un cuarto de telecomunicaciones del edificio, en donde se va a encontrar la caja de distribución óptica, de donde se distribuye con par cobre a cada uno los abonados como se muestra en la Fig. 15. El alcance óptico para la estructura FTTB es de 20 Km. El ancho de banda que proporciona esta arquitectura es de 50 a 100 Mbps por abonado.

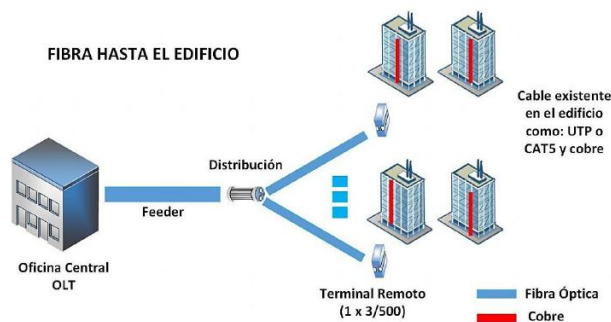


Fig. 15: Arquitectura FTTB

Fuente: (22 pág. 27)

1.3.1.4. FTTH

Fibra hasta la residencia o domicilio (FTTH), es la conexión cliente-servidor basada en fibra óptica considerando todos los componentes que conforman la ODN como se muestra en la Fig. 16. El alcance óptico para la estructura FTTB es de 20 Km.

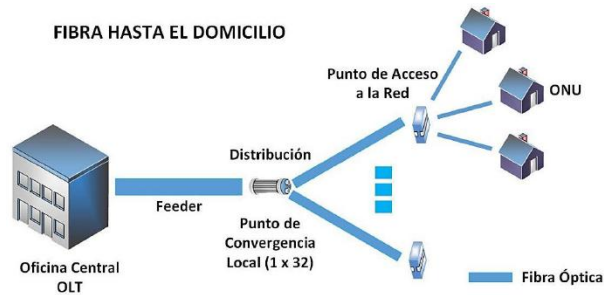


Fig. 16: Arquitectura FTTH

Fuente: (22 pág. 27)

1.3.1.5. Solución Recomendada

FTTx presenta algunas arquitecturas para solucionar el acceso hacia el usuario final, en este proyecto de titulación se recomienda usar la planta externa existente con la arquitectura FTTC o de no poseer infraestructura previa con la arquitectura FTTH.

Fibra hasta el armario (FTTC) y terminar la última milla con tecnología ADSL2+ o VDSL2 cuando ya tenemos instalada planta externa de cobre, de tal manera se podría brindar Triple Play sumando un servidor de video IPTV o VOD.

Fibra hasta el Residencia (FTTH) es una solución para cuando no se posee planta externa previa o cuando tenemos un cabezal de video analógico y queremos brindar Triple Play.

PON es una tecnología mucho más costosa que la xDSL, pero con un mejoramiento y una planta externa eficaz que permite llegar al usuario final con mayor ancho de banda sin tener que hacer grandes inversiones.

1.4. Características Tecnológicas de la Familia xPON

Existen varias tecnologías unidas al concepto de redes ópticas pasivas (PON), de las cuales algunas de ellas han coexistido y otras han tenido que apartarse de manera trascendental en lo que es redes PON.

1.4.1. APON (*Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network*)

El estándar ITU-T G.983 define APON. Utiliza el estándar ATM para la señalización en la capa de Enlace de Datos. APON se adecua a varias tecnologías de redes de acceso como FTTH, FTTC Y FTTB.

“APON basa su transmisión en canal descendente en ráfagas de celdas ATM (Modo de transferencia asíncrona) con una tasa máxima de 155 Mbps que se reparte entre el número de ONUs que estén conectadas. En canal descendente, a la trama de celdas ATM, se introducen dos celdas PLOAM para indicar el destinatario de cada celda y otra más para información de mantenimiento. Su inconveniente inicial era la limitación de los 155 Mbps que más adelante se aumentó hasta los 622 Mbps.

El ancho de banda de los equipos APON está limitado a 155Mbps repartido entre los usuarios que componen en nodo óptico. Posteriormente este límite fue ampliado a 622Mbps.” (23)

1.4.2. BPON (*Broadband Mode Passive Optical Network*)

“El estándar ITU-T G.983 define BPON basado en APON, pero con la diferencia que pueden dar soporte a otros estándares de banda ancha. Originalmente estaba definida con una tasa de 155 Mbps fijos tanto en canal ascendente como descendente; pero, más adelante, se modificó para admitir, tráfico asimétrico: canal descendente -> 622 Mbps // Canal ascendente -> 155 Mbps y tráfico simétrico: canal descendente y ascendente -> 622 Mbps.” (23)

1.4.3. EPON (*Ethernet Mode Passive Optical Network*)

La recomendación IEEE 802.3 ah define EPON. Este tipo de red se caracteriza porque transporta tráfico nativo de red Ethernet en lugar del clásico tráfico ATM. Se mejora el tráfico IP, la seguridad y soporta mayores velocidades de transmisión de datos.

“EPON establece velocidades bidireccionales de transmisión de 1 Gbps, en downstream en 1490nm de longitud de onda, upstream en 1310-1550nm reservado para los servicios de extensión, tales como transmisión de video analógico.” (24)

1.4.4. GPON (*Gigabit Mode Passive Optical Network*)

La recomendación ITU-G 984 series [1-5] definen GPON. Este tipo de redes son de alta capacidad, proporciona grandes anchos de banda a cada usuario final. Su alcance físico actual es de 20 Km.

GPON ofrece transmisión bidireccional de forma asimétrica o simétrica, con tasas de transmisión de 1.2 Gbps subida / 2.4 Gbps bajada y 2.4 Gbps subida / 2.4 Gbps bajada.

“Esta tecnología servicios de nueva generación Triple Play (telefonía, televisión e internet) y una colaboración con aplicaciones existentes.

Utiliza arquitecturas: FTTH, FTTN, FTTC, FTTB. La ventaja principal es la compatibilidad con cualquier servicio TDM, Ethernet, ATM entre otros; gracias al método de encapsulamiento basado en GEM (*Generalized Encapsulation Method*).” (24)

1.4.5. XG-PON (*10 Gigabit Mode Passive Optical Network*)

La recomendación ITU-G 987 series [1-4] definen XGPON. El objetivo principal es aumentar el ancho de banda, usando la infraestructura ya desplegada por GPON. La recomendación está dividida en dos fases: XG-PON1, donde se obtienen tasas de 10 Gbps en el canal descendente y 2.5 Gbps en el canal ascendente, la segunda fase XG-PON2 define la tasa transmisión simétrica de 10 Gbps.

Trabaja en longitudes de onda de 1577nm en enlace descendente y 1277nm en enlace ascendente, permitiéndoles coexistir en la misma fibra óptica con GPON.

1.4.6. Comparación de las Soluciones de Acceso X-PON

Tabla 4. Comparación de Tecnologías X-PON

Tecnología	Estándar	Tipo de Trama	Divisiones por Fibra	Downstream	Upstream	Velocidad por Usuario
APON	UIT-T G 983	ATM	32	155 Mbps 622 Mbps	155 Mbps 155 Mbps	10-40 Mbps
BPON	UIT-T G 983	ATM	32	622 Mbps 622 Mbps	155 Mbps 622 Mbps	20-40 Mbps
EPON	IEEE 802.3ah	Ethernet	32	1.2 Gbps	1.2 Gbps	30-60 Mbps
GPON	UIT-T G 984	GEM	64	2.5 Gbps	1.2 Gbps	40-80 Mbps
XG-PON1	UIT-T G 987	GEM	64-128	10 Gbps 10 Gbps	2.5 Gbps 10 Gbps	80-320 Mbps

Fuente: El Autor

1.4.7. Estudio de la Recomendación UIT.T 987 (10-GPON CAPABLE PASSIVE OPTICAL NETWORK (XG-PON))

10-PON permite coexistir con las redes GPON, por tal motivo favorece el desarrollo de servicios de nueva generación como es televisión en alta definición, telefonía IP, video conferencias, etc; incentivando la implantación del servicio de Triple Play.

El estándar G.987 incluye las siguientes recomendaciones:

G.987: Sistema de red óptica pasiva con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON):
Definiciones, abreviaturas y siglas.

G.987.1: Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON):
Requisitos generales.

G.987.2: Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON):
Especificación de capa dependiente del medio físico (Physical media dependent, PMD).

G.987.3: Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 gigabits (XG-PON): Especificaciones de la convergencia de transmisión (TC).

G.987.4: Redes óptica pasivas con capacidad de 10 Gbit (XG-PON): Ampliación del alcance.

Para el estudio y diseño del presente proyecto de titulación, se utilizarán los primeros borradores de las recomendaciones del estándar G.987, debido a que las publicaciones finales no son de libre acceso.

La recomendación G.987: Sistema de red óptica pasiva con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Definiciones, abreviaturas y siglas

1.4.7.1. G.987.1: Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Requisitos generales.

Esta recomendación determina la elaboración de las capas PHY y TC, identifica requerimientos operacionales y el soporte de aplicaciones.

a. Arquitectura de la Red de Acceso

10G-PON puede ser aplicada a cualquier tipo de red óptica de acceso, en la Fig. 17 se puede observar los distintos tipos de arquitectura.

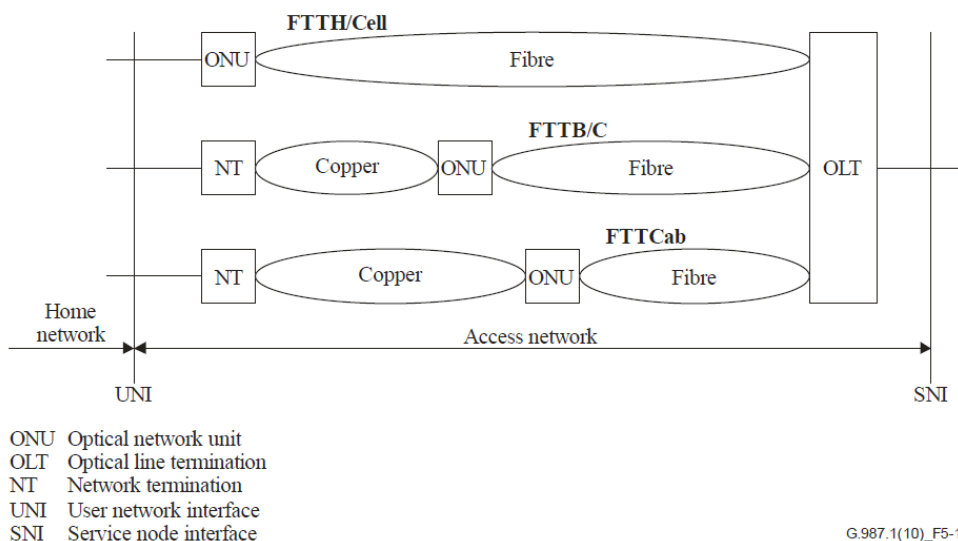


Fig. 17: Arquitectura XG-PON

Fuente: (25 pág. 10)

b. Longitud de Onda de Operación

10G-PON permite coexistir con la tecnología G-PON existente, a continuación en la Tabla 5 se muestra una adecuada distribución de frecuencias con respecto a 10G-PON y G-PON en el canal ascendente y descendente.

c. Estructura de las capas de 10G-PON

El modelo de protocolo de esta tecnología se divide en 3 capas: PHY, TC y capa de trayectoria (capa de encapsulamiento X-GEM).

La capa XTC se divide en subcapas PON de transmisión y de adaptación que corresponde a la subcapa de convergencia de transmisión de X-GEM al transmitir diferentes tipos de datos.

Tabla 5. Longitudes de Onda de Operación

Items	Notation	Unit	Nominal value	Application examples
XG-PON1 Upstream				
Lower limit	–	nm	1260	For use in XG-PON1 upstream.
Upper limit	–	nm	1280	
Enhancement band (option 1)				
Lower limit	λ_1	nm	1290	For use in G-PON upstream (Reduced option: 1290-1330 nm).
Upper limit	–	nm	1330	
Enhancement band (option 2)				
Lower limit	–	nm	1360 <i>(Informative)</i>	For future use. NOTE – The values are informative. The loss in this band is not guaranteed in optical branching components for PON (i.e., power splitters) specified in [b-ITU-T G.671] nor in optical fibres specified as ITU-T G.652 A&B (non-low-water-peak fibres).
Upper limit	–	nm	1480 <i>(Informative)</i>	
Enhancement band (option 3)				
Lower limit	–	nm	1480	For use in G-PON downstream (1480-1500 nm) and/or video distribution service (1550-1560 nm).
Upper limit	–	nm	1560	
XG-PON downstream (Basic band)				
Lower limit	–	nm	1575	For use in XG-PON1 downstream (Note 2)
Upper limit	–	nm	1580	
Enhancement band (Option 4)				
Lower limit	λ_5	nm	TBD	For future use. NOTE – The upper-limit value is determined as an operator choice from TBD (to be determined) to 1625 nm, considering the following factors: bending loss of optical fibre that increases at longer wavelengths; loss of a filter that separates/combines a monitoring signal and user signal(s) (if an optical monitoring system is used)
Upper limit	λ_6	nm	TBD to 1625	
NOTE 1 – Proper guard bands should be considered in the case of multiple wavelengths in the same Enhancement band.				
NOTE 2 – Enhanced wavelength band of 1575-1581 nm is allowed in the case of outdoor OLT operations.				

Fuente: (25 pág. 10)

Tabla 6. Estructura de las capas de 10G-PON

Path layer			
Transmission medium layer (Note)	XTC layer	Adaptation	X-GEM encapsulation
		PON transmission	DBA X-GEM port bandwidth allocation QoS handling & T-CONT management Privacy and security Frame alignment Ranging Burst synchronization Bit/byte synchronization
	Physical medium layer		E/O adaptation Wavelength division multiplexing Fibre connection
NOTE – The transmission medium layer must provide the related OAM functions.			

Fuente: (25 pág. 11)

d. Escenarios de Migración

Se produce bajo condiciones de coexistencia entre ambas tecnologías 10G-PON Y G-PON, de manera que sea imperceptible para el usuario., a continuación se describen dos tipos de escenarios:

- ✚ El operador que posea montada la infraestructura con tecnología G-PON, pero por ciertos usuarios que requieran servicios de mayor ancho de banda, se los migrará a 10G-PON. Hay que tener en cuenta que a pesar que la red sufra algunas variantes en la etapa de transición de G-PON a 10G-PON se debe evitar molestias e inconvenientes por corte o interrupción de servicios hacia los usuarios establecidos en la red existente como parte del primer escenario establecido.
- ✚ En el segundo escenario establecido corresponde al no existir una red de G-PON montada sobre un área determinada, se realizaran los trabajos de construcción de planta externa de fibra para la tecnología 10G-PON.

e. Requerimientos de Servicios

10G-PON debe soportar múltiples servicios por su gran ancho de banda y por ser la inmediata mejora de la tecnología G-PON, en la tabla 7, se especifica los servicios que puede llevar esta tecnología.

Tabla 7. Servicios para 10G-PON

No.	Service		Remark
1	Telephony	VoIP	
2		POTS	Mean signal transfer delay time between T-V (or (a)-V) should be less than 1.5 ms. If echo cancellation is used in the network, the mean signal transfer delay time between T-V (or (a)-V) on the PON-based system may be longer, provided end-to-end transfer delay requirements are met. 8 kHz reference has to be provided. (see Note) Signal on the T reference point and V reference point must be continuous. Emulation and/or simulation, as defined in [ITU-T Y.2201], is assumed. e.g., packetized voice at ONU
3	TV (real-time)	IPTV	To be transported using IP multicast/unicast
		Digital TV broadcasting	Transported using RF-video overlay (see [ITU-T G.983.3], [ITU-T J.185] and [ITU-T J.186])
No.	Service		Remark
4	Leased line	T1	Bearer rate is 1.544 Mbit/s. Mean signal transfer delay time between T-V (or (a)-V) should be less than 1.5 ms. Emulation is assumed primarily.
5		E1	Bearer rate is 2.048 Mbit/s. Mean signal transfer delay time between T-V (or (a)-V) should be less than 1.5 ms. Emulation is assumed primarily.
6	High speed Internet access		UNI is typically Gigabit Ethernet
7	Mobile backhaul		Accurate frequency/phase/time synchronization should be supported.
8	L2 VPN Services		such as Ethernet services, etc.
9	IP Services		such as L3 VPN, and VoIP, etc.
NOTE – See [ITU-T G.810], [ITU-T G.813], [ITU-T G.8261], [ITU-T G.703], and [ITU-T G.8262]			

Fuente: (25 págs. 15,16)

f. Requerimientos de la Capa Física

10G-PON establece ciertos requerimientos para trabajar en su capa física, en la siguiente Tabla 8 se menciona los parámetros específicos para cumplir con la capa física.

Tabla 8. Requerimientos de la Capa Física

Parámetro	Especificación
Fibra Óptica	F.O. monomodo, similares características a G-PON
Longitud de Onda	Upstream: 1260-1280 nm Downstream: 1575-1581 nm
Tasa de Transferencia	XG-PON1: 10 Gbps down, 2.5 Gbps up XG-PON2: 10 Gbps down, 10 Gbps up

Relación de División	1:32, 1:64, 1:128
Distancia de Fibra Óptica	XG-PON1: Max. Distancia de fibra 20 Km Capa TC: Max. Distancia lógica de fibra 60 Km

Fuente: El Autor

g. Nivel de Requerimiento del Sistema: Autenticación, Identificación y Encriptación

Este nivel de requerimiento está a cargo del operador que presta los servicios de telecomunicaciones, por lo general la encriptación de los datos se da en el sentido descendente, y un medio de identificación para el modo dormido, cuando se utiliza el ahorro de energía.

h. DBA (*Dynamic Bandwidth Assignment* – Asignación Dinámica de Ancho de Banda)

“La Asignación Dinámica de Ancho de Banda (DBA), es una técnica por la cual el ancho de banda de un medio de comunicación compartido puede ser asignado de forma adecuada y dependiendo de la necesidad entre diferentes usuarios. Es una forma de manejo de ancho de banda y es básicamente igual a la multiplexación estática, donde la compartición de un enlace se adapta de alguna forma para la demanda del tráfico instantáneo de los nodos conectados a dicho enlace.

Su funcionalidad rescata algunas de las opciones de redes compartidas cuando varios usuarios pertenecientes a una red no se hallen conectados, aquellos que si lo están se benefician con una mayor capacidad para la transmisión de datos, dando cabida a esa información en los intervalos no utilizados del ancho de banda.” (26 pág. 34)

La OLT debe tolerar DBA para realizar una distribución eficiente del ancho de banda de upstream hacia las ONUs identificadas, para lo cual se usan dos métodos:

- ✚ **SR (*Status Reporting* – Reporte de Estado):** la OLT realiza reportes de ocupación del buffer que solicita el DBA, para luego ser enviadas hacia las ONUs.
- ✚ **TM (*Traffic Monitoring* – Monitoreo de Tráfico):** El DBA se realiza las comparaciones con las transmisiones ascendentes con la cantidad de tráfico de la OLT.

1.4.7.2. G.987.2: Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Especificación de capa dependiente del medio físico (Physical media dependent, PMD).

Esta recomendación determina las especificaciones para el manejo de la capa dependiente de los medios físicos (PMD – *Physical Media Dependent*) para una red óptica con capacidad de transmitir varios servicios entre la interfaz del operador y el usuario.

En la Tabla 9 se presenta las principales exigencias de la capa PMD.

Tabla 9. Requerimientos de la Capa PMD

Parámetro	Especificación
Velocidad de Línea	Downstream: 9.95328 Gbps Upstream: 2.48832 Gbps
Codificación de Línea	NRZ
Frecuencia de Operación	Downstream: 1575 – 1580 nm Upstream: 1260 – 1280 nm
Código FEC	Downstream: FEC fuerte Upstream: FEC débil
Características de la Fibra Óptica	Compatible con UIT-T G652 Transmisión bidireccional utilizando la técnica WDM.
Tipo de Fuente	Láser SLM.

Fuente: El Autor

La OAN (*Optical Access Network*) permite en esta recomendación que el operador de red brinde versiones mejoradas con la suficiente flexibilidad para satisfacer las necesidades futuras de sus abonados, en particular en la zona de la red de distribución óptica (ODN, optical distribution network).

Se forman puntos de referencia entre el usuario-red y nodo de servicio, para la configuración física de la OAN.

En la Fig. 18 se identifica la configuración física genérica de la red de distribución óptica.

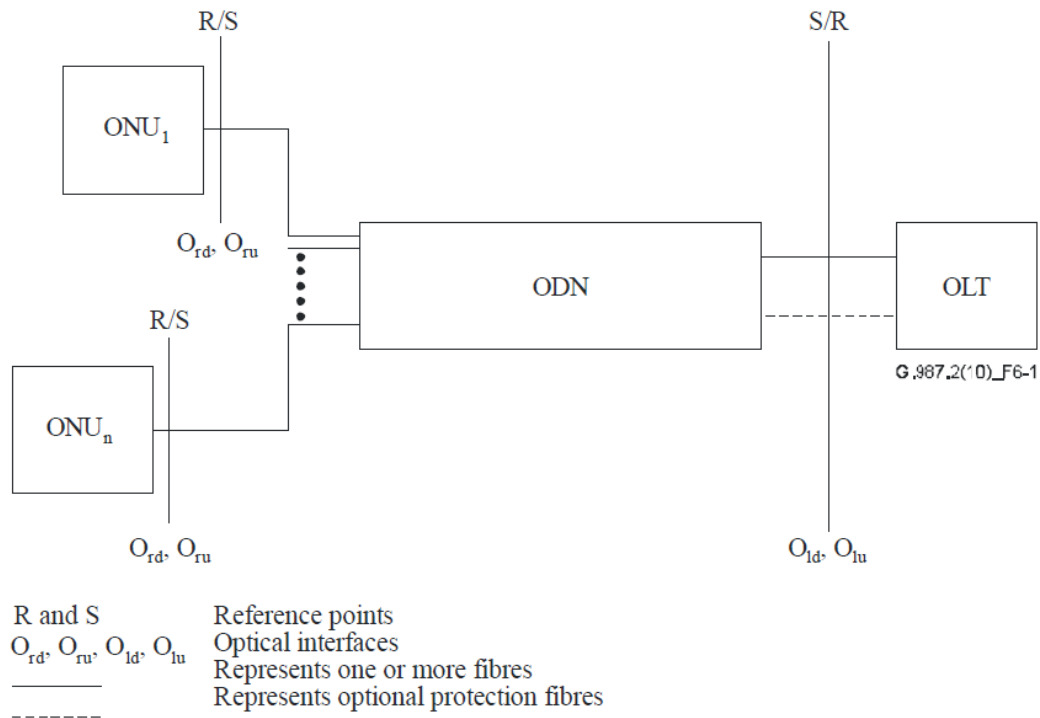


Fig. 18: Configuración OAN

Fuente: (27)

- ✚ R/S (Receive/Send) y S/R (Send/Receive): Puntos de referencia.
- ✚ O_{rd} (Optical request-distribution), O_{ru} (Optical request-user), O_{ld} (Optical line-distribution), O_{lu} (Optical line-user): Interfaces ópticas entre la red de distribución, usuario y línea.
- ✚ Líneas de conexión: Representan a una o más fibras principales y auxiliares basadas en la recomendación G.652.

Al coexistir las tecnologías de 10G-PON y G-PON se tomara de la enmienda 1: Nuevo Apéndice III – Prácticas idóneas utilizadas en la industria para redes ópticas pasivas con capacidad de 2,488 Gbit/s en sentido descendente y 1,244 Gbit/s en sentido ascendente de la recomendación G.984.2 Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos; para los valores de niveles de potencia (Tabla) para aumentar la capacidad operativa de la red 10G-PON y los niveles de atenuación estipulados para cada longitud de onda.

Tabla 10. Niveles de potencia óptica para el sistema a velocidades de 2,4 Gbit/s en sentido descendente y 1,2 Gbit/s en sentido ascendente

Característica	Unidad	Monofibra
OLT:		OLT
Mínima potencia media inyectada	dBm	+1,5
Máxima potencia media inyectada	dBm	+5
Mínima sensibilidad	dBm	-28
Mínima sobrecarga	dBm	-8
Degradación óptica en sentido descendente	dB	0,5
ONU:		ONU
Mínima potencia media inyectada	dBm	+0,5
Máxima potencia media inyectada	dBm	+5
Mínima sensibilidad	dBm	-27
Mínima sobrecarga	dBm	-8
Degradación óptica en sentido descendente	dB	0,5

Fuente: (28 pág. 2)

Tabla 11. Balance de atenuación en el sistema G-PON

Característica	Unidad	Monofibra
Mínima atenuación óptica a 1490 nm	dB	13
Mínima atenuación óptica a 1310 nm	dB	13
Máxima atenuación óptica a 1490 nm	dB	28
Máxima atenuación óptica a 1310 nm	dB	28

Fuente: (28 pág. 3)

1.4.7.3. G.987.3: Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 gigabits (XG-PON): Especificaciones de la convergencia de transmisión (TC).

Esta recomendación determina las especificaciones de la capa de convergencia (TC – *Transmission Convergence*), administración del sistema, activación de la ONU y seguridad de redes XG-PON.

a. OAM (*Operation Administration and Maintenance* – Operaciones, Administración y Mantenimiento)

Facilita al operador la gestión centralizada de los equipos de usuario (ONT/ONUs), sin la intervención de estos.

- ✚ Permite establecer un punto de demarcación entre la red de operador y la de abonado.
- ✚ Gestión remota de las ONTs (teledescarga de actualizaciones, parámetros de funcionamiento, etc)
- ✚ Facilita de configuración y gestión de servicios de usuario: ancho de banda, características del servicio de voz, vídeo multicast, etc

b. PLOAM (*Physical Layer Operation Administration and Maintenance* – Capa Física de Operaciones, Administración y Mantenimiento)

Es un canal habilitado en la trama XGTC para el envío de mensajes entre OLT y ONT/ONU.

A través de la gestión PLOAM se configuran y monitorizan parámetros del nivel PMD y XGTC como se muestra en la Fig. 19.

- ✚ Activación de ONUs (asignación de ONU-ID, Ranging, desactivación de ONU, Password, S/N, etc)
- ✚ Configuración de encriptación
- ✚ Alarmas (Errores físicos, etc)

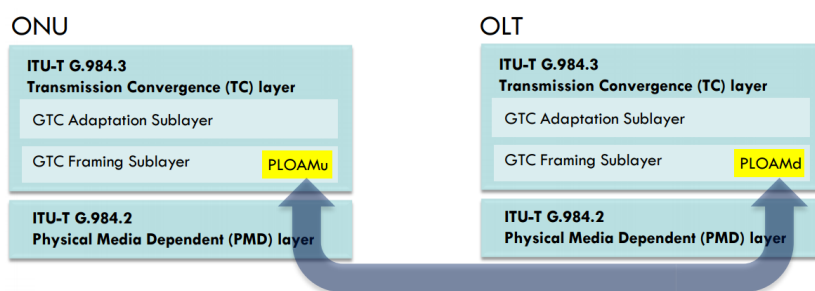


Fig. 19: Canal PLOAM

Fuente: (29 pág. 30)

c. OMCI (*ONT Management and Control Interface* – Gestión de la ONT y la Interfaz de Control)

OMCI es empleado por la OLT para controlar las ONTs y permite:

- ✚ Establecimiento y liberación de conexiones con las ONTs.
- ✚ Configuración y administración de servicios
- ✚ Gestión de alarmas, seguridad, averías, rendimiento, etc.

Los mensajes OMCI viajan encapsulados en tramas GEM.

OMCI se ha desarrollado para facilitar la interoperabilidad entre fabricantes.

1.4.7.4. G.987.4: Redes óptica pasivas con capacidad de 10 Gbit (XG-PON): Ampliación del alcance.

Esta recomendación determina las especificaciones de la arquitectura y de interfaz para 10G-PON para un alcance extendido usando un dispositivo de extensión para la capa física, como un generador o amplificador óptico en el enlace óptico entre la OLT y ONT como se muestra en la Fig. 20 y 21. El alcance máximos es de 60 Km con admisión de pérdidas de más 28,5 dB ser alcanzable en ambos tramos.

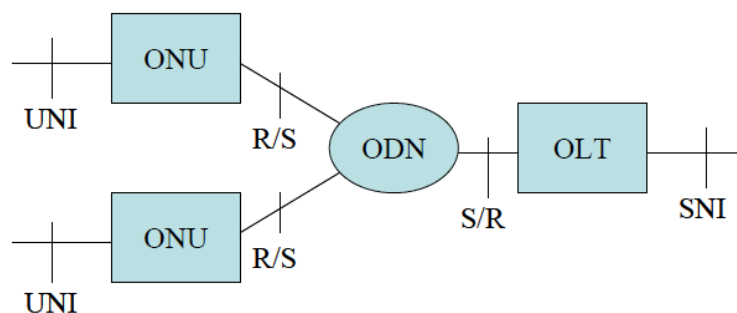


Fig. 20: Red XG-PON sin alcance extendido

Fuente: (30 pág. 2)

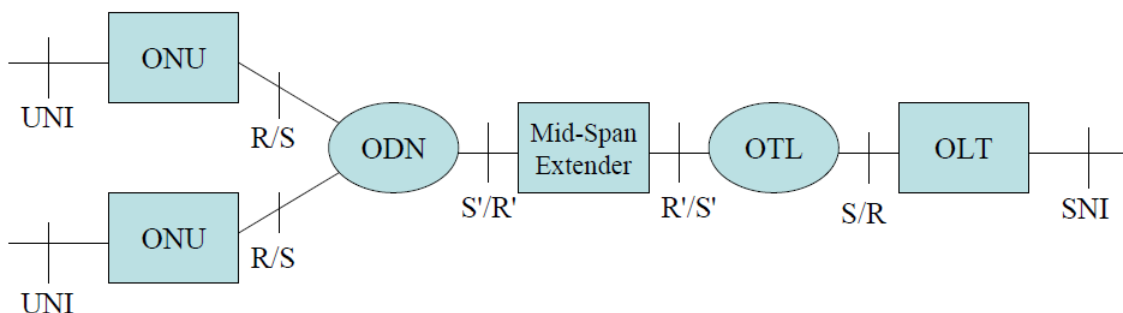


Fig. 21: Red XG-PON con alcance extendido

Fuente: (30 pág. 3)

1.4.7.5. Comparación de Estándares G.984 (GPON) y G.987 (XG-PON-10G-PON)

Ambos estándares pueden coexistir de manera que no deben afectar en la entrega de servicios al usuario final.

En la actualidad, los continuos requerimientos de un mayor ancho de banda para la transmisión de nuevos servicios hacen que GPON pueda migrar hacia redes XG-PON para cohabitar ambas tecnologías y poder usar infraestructura ya puesta por los operadores y poder combinar la planta externa para proveer de los distintos servicios clasificando para corporativos o abonados.

En la Tabla 12 se identifica las principales características que determinan la diferencia de ambas tecnologías:

Tabla 12. Características de G-PON vs XG-PON

Identificación	Característica	G-PON	XG-PON (10-GPON)
Fibra Óptica	Cantidad para Transmisiones	2	1
Canales	Transmisión Descendente	2.4 Gbps	XG-PON1: 10 Gbps XG-PON2: 10 Gbps
	Transmisión Ascendente	2.4 Gbps	XG-PON1: 2.5 Gbps XG-PON2: 10 Gbps
Capas	Define Subcapas de Adaptación y Entramada en la Capa TC	SI	Si, además subcapa PHY
Tramas	Campos FEC en todas las tramas de todas las Subcapas	NO en todas	SI
Autenticación	OLT-ONU a través del canal OMCI	SI	SI
Encriptación	Algoritmo AES	SI	SI
Distancia	OLT-ONU/ONT	20-40 Km	20-60 Km
Atenuación	Con respecto a la distancia	27,5 dB	28,5 dB

Fuente: El Autor

Una vez especificadas las distintas características principales de ambas tecnologías, para el presente proyecto de titulación se optó realizar el estudio de XG-PON, ya que permite establecer y coexistir con G-PON utilizando la infraestructura existente de los distintos operadores que prevén esta tecnología, como es el caso de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP) que permite migrar a sus abonados corporativos y establecer nuevos anchos de banda, como también incluir a las urbanizaciones o barrios de las distintas provincias del Ecuador, como es el caso de la provincia de Loja, Cantón Loja específicamente del barrio el Capulí, Barrio dos Puentes y el Programa de Vivienda “Ciudad Verde”, que mediante este estudio se pretende conocer cómo se aplicaría esta tecnología con los nuevos servicios de telecomunicaciones que son tendencia en este Siglo XXI.

CAPÍTULO II

2. MARCO LEGAL

En este capítulo se analiza algunas normativas, y ordenanzas establecidas en el territorio nacional para el Estudio y Diseño de tecnologías PON basados en:

- ✚ Constitución de la República del Ecuador
- ✚ Reglamento para la Prestación de Servicios de Valor Agregado (Resolución No 071-03-CONATEL-2002)
- ✚ Reglamento para Homologación de Equipos Terminales de Telecomunicaciones (RESOLUCIÓN 452-29-CONATEL-2007)
- ✚ Reglamento Municipal: Plan de Ordenamiento y Desarrollo Sostenible del Casco Urbano Central de la Ciudad de Loja “Regeneración Urbana” (Diseño de Canalización Para la Red de Fibra Óptica Municipal y para el Soterramiento de Redes Privadas de Telecomunicaciones - Marzo 2015)
- ✚ Normativas de Diseño para una red G-PON por parte de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones. (CNT EP).

Para autoconocimiento y para el presente proyecto de titulación se realizó algunas visitas a instituciones públicas de la ciudad de Loja que prestan servicios de redes PON y están en el proceso de migrar a esta tecnología, como es el caso del Municipio de Loja que estable una ordenanza de soterramiento para redes de telecomunicaciones y la CNT que establece normativas e instrucciones para el caso de Diseño de redes G-PON. En estas instituciones se conversó con autoridades encargadas quienes me supieron proporcionar con información específica para el desarrollo de este proyecto de titulación.

“Una nueva forma de convivencia ciudadana, en diversidad y armonía con la naturaleza, para alcanzar el buen vivir, el sumak kawsay;

Una sociedad que respeta, en todas sus dimensiones, la dignidad de las personas y las colectividades;” (40 pág. 15)

2.1. Constitución de la República del Ecuador

“Sección tercera

Comunicación e Información

Art. 16.- Todas las personas, en forma individual o colectiva, tienen derecho a:

2. El acceso universal a las tecnologías de información y comunicación.

Art. 17.- El Estado fomentará la pluralidad y la diversidad en la comunicación, y al efecto:

2. Facilitará la creación y el fortalecimiento de medios de comunicación públicos, privados y comunitarios, así como el acceso universal a las tecnologías de información y comunicación en especial para las personas y colectividades que carezcan de dicho acceso o lo tengan de forma limitada.” (40 págs. 25, 26)

El estado Ecuatoriano promueve el desarrollo de las tecnologías de información y comunicación de manera equitativa para todas las personas que las carezcan de ellas o estén limitadas.

2.2. Reglamento para la Prestación de Servicios de Valor Agregado (Resolución No 071-03-CONATEL-2002)

“Capítulo I

Disposiciones Generales

Art.2.- (Reformado por el Art. 3 de la Res. 247-10-CONATEL-2002 del R.O. 599, 18- VI-2002).- Son servicios de valor agregado aquellos que utilizan servicios finales de telecomunicaciones e incorporan aplicaciones que permiten transformar el contenido de la información transmitida. Esta transformación puede incluir un cambio neto entre los puntos extremos de la transmisión en el código, protocolo o formato de la información.” (41 pág. 1)

La empresa que a futuro desee implementar esta red de datos con tecnología XG-PON planteada por este proyecto de titulación sería con la reforma de una empresa de valor agregado (SVA).

2.3. Reglamento para Homologación de Equipos Terminales de Telecomunicaciones (RESOLUCIÓN 452-29-CONATEL-2007)

“Capítulo I

Disposiciones Gnerales

Artículo. 1.- Objeto.- El presente Reglamento establece el procedimiento a seguirse para la homologación de los equipos terminales de telecomunicaciones así como los requisitos genéricos mínimos que debe cumplirse para obtener dicha homologación, a fin de : prevenir daño a las redes de telecomunicaciones, evitar la perturbación técnica a los servicios de telecomunicaciones o su deterioro, evitar interferencia perjudicial al espectro radioeléctrico y contribuir con una óptima calidad en la prestación de los servicios de telecomunicaciones.

Capítulo III

De los Requisitos para la Homologación

Artículo 12.- Requisitos.- Para homologar un equipo terminal de telecomunicaciones por cada clase, marca y modelo, el solicitante presentará a la SUPTTEL, los siguientes documentos:

a) Para equipos de telecomunicaciones fabricados o ensamblados fuera del Ecuador:

- ✚ Solicitud escrita dirigida al Superintendente de Telecomunicaciones.
- ✚ Manuales técnicos.
- ✚ Características de funcionamiento.
- ✚ Un certificado o un documento de características técnicas de los equipos cuya clase, marca y modelo se quiere homologar, emitido por un organismo internacional reconocido.

b) Para equipos de telecomunicaciones fabricados o ensamblados en el Ecuador:

- ✚ Solicitud escrita dirigida al Superintendente de Telecomunicaciones.
- ✚ Manuales técnicos.
- ✚ Características de funcionamiento.

- ✚ Un certificado o un documento de características técnicas emitido por un laboratorio calificado por el CONATEL u organismo internacional de que los equipos cuya clase, marca y modelo se solicita homologar cumplen con las especificaciones de la norma técnica correspondiente.” (42 págs. 2, 3, 4)

2.4. Reglamento Municipal: “GENERACIÓN URBANA”

2.4.1. “Generalidades

La elaboración del presente proyecto **“DISEÑO DE CANALIZACIÓN PARA RED DE FIBRA ÓPTICA MUNICIPAL Y PARA EL SOTERRAMIENTO DE REDES PRIVADAS DE TELECOMUNICACIONES”**, se realiza bajo las necesidades de contar con ductos subterráneos y pozos que permitan el alojamiento de redes físicas cableadas que actualmente están generando una contaminación visual afectando a la estética de la ciudad.

Adicional al soterramiento de la redes de telecomunicaciones, el Municipio de Loja ha planteado la necesidad de contar con un sistema fiable y seguro para la transmisión de información con sus dependencias externas, y complementario a ello contar con una red de transporte orientado a la conexión de las diferentes intersecciones semaforizadas, paradas del transporte urbano, cámaras de seguridad y servicio de internet público que se encuentran dentro del área del proyecto, para lo cual se deberá seleccionar y dimensionar la tubería necesaria para la colocación de dicha red.

2.4.2. Alcance

La nueva canalización permitirá el soterramiento de la redes áreas de telecomunicación privadas que provocan contaminación visual y que afectan la estética de la ciudad, y además permitirá el alojamiento de la red de fibra óptica Municipal.

2.4.3. Canalización Proyectada

En función de los requerimientos planteados por la empresa privada y el Municipio de Loja, se plantea la siguiente solución: Para el cable de fibra óptica del Municipio se utilizará tubería de polietileno para sistemas de fibra óptica (Triducto), y para las redes de transporte y de acceso de la empresa privada se plantea el uso de tubería PVC la cual

va hacer de uso común, dicha compartición no presentará problemas de interferencia entre operadoras, debido que la señal activa es de formato óptico (haz de luz) en el caso de las redes GPON y de energía eléctrica de alta frecuencia en la caso de la red de TVCABLE, que de igual no presentara problema de interferencia.” (43 págs. 1, 2, 64)








2.5. Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP)

2.5.1. “Normativa de Diseño de la ODN

Esta Normativa especifica las características técnicas necesarias y suficientes para desplegar una red de acceso FTTH con tecnología GPON (Gigabit Passive Optical Network), cubriendo los aspectos de diseño en la *Distribución de la Fibra Óptica Nueva y el despliegue de elementos pasivos*. Además, orienta sobre la instalación, puesta en marcha, provisión y mantenimiento de este tipo de redes, en el mercado masivo y empresarial.

2.5.1.1. Alcance

Esta normativa proporciona criterios básicos de diseño GPON para diferentes escenarios de interés de CNT EP:

-  Modelos Masivos/Casas
-  Modelo Masivos/Edificios
-  Modelo Multiaccesos
-  Modelo Corporativo/Edificios (Hasta 10 pisos)
-  Modelo Corporativo/Edificios (de 10 pisos a 20 pisos)
-  Modelo Parque Industrial
-  Modelo Radio Base 3G/4G” (44 pág. 5)

2.5.2. “Normativa Técnica de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica (ODN – OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK)

“Los criterios descritos en esta normativa tienen como finalidad, establecer la referencia para el diseño, previo a la construcción, de redes de acceso con Fibra Óptica bajo la tecnología GPON (Gigabit capable Passive Optical Network).

2.5.2.1. Generalidades de la ODN.

Conforma todo el conjunto de elementos pasivos que interconectan un equipo terminal con la central local, parte desde el domicilio, recorriendo la red de dispersión, la red de distribución y la red feeder (troncal), instaladas en forma aérea o subterránea. Se debe garantizar un presupuesto óptico de máximo 25 dB, desde el equipo activo OLT hasta la ONT instalada en el cliente.” (45 pág. 5)

e. MATERIALES y MÉTODOS

3. DISEÑO DE LA RED

En este capítulo se plantea el diseño de la red de datos; utilizando parámetros específicos establecidos por el estándar ITU-T G.987 y normativas de diseño para una red GPON por parte de la CNT EP para el Programa de Vivienda Ciudad Verde.

3.1. Situación Actual del Programa de Vivienda Ciudad Verde

Inicialmente en la sede principal del Programa de Vivienda Ciudad Verde para el desarrollo del presente proyecto de titulación se obtuvo información de cada uno de los propietarios de los lotes para viviendas individuales, como de los lotes que van hacer destinados para la construcción de edificios con departamentos. El modelo de las viviendas individuales tienen la siguiente distribución: la planta baja estará conformado por una sala común, un cuarto de estudio, un baño general, comedor, cocina y un patio posterior; para la primera planta alta está distribuida de la siguiente manera: dos cuartos con baño compartido y un cuarto master con baño privado y para la segunda planta alta está definida como terraza con un cuarto en general.

Para los lotes destinados a construcción de departamentos: se tiene establecido construcción de cinco departamentos con una terraza general. La distribución del departamento es de la siguiente manera: sala-comedor, cocina, cuarto de lavandería, dos cuartos con baño compartido y un cuarto master con baño privado.

El Programa de Vivienda Ciudad Verde consta de 3 fases, de las cuales la fase 1 con 284 lotes tiene ya los permisos correspondientes para la construcción y las dos fases restantes están en proceso de distribución y compra-venta de lotes.

El presidente de este Programa de Vivienda se supo manifestar que el total de los lotes conjuntamente con las 3 fases es de 852 lotes.

El presente proyecto de titulación plantea la red de datos para la fase 1 con 284 lotes con un área total planificada de 119.801,70 m² y un total de 340 usuarios finales en esta fase, repartidos de la siguiente manera: 265 lotes programados como viviendas

unifamiliares y 15 lotes establecidos para la construcción de 75 departamentos individuales dando el total antes mencionado.

3.1.1. Área Geográfica y Número de Usuarios

El programa de vivienda “Ciudad Verde” se encuentra situado al Sur-Occidente de la ciudad de Loja, vía a Vilcabamba en el sector de Quillollaco en el Terreno del Sr. Aníbal Álvarez Sarmiento con un área total del 700000 m² como indica la Fig. 22 y 23.

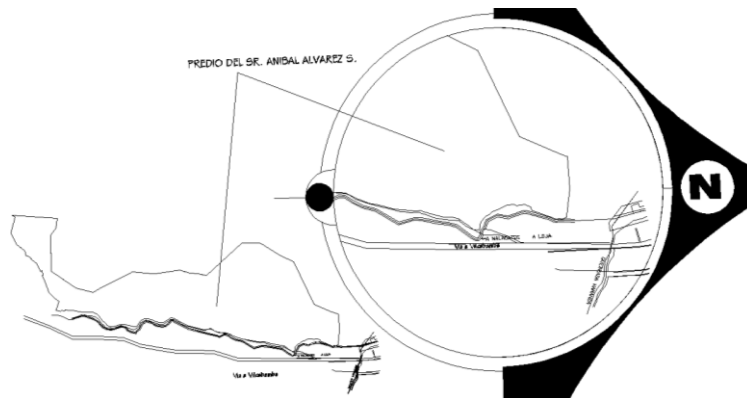


Fig. 22: Ubicación del Programa de Vivienda “Ciudad Verde”

Fuente: El Autor

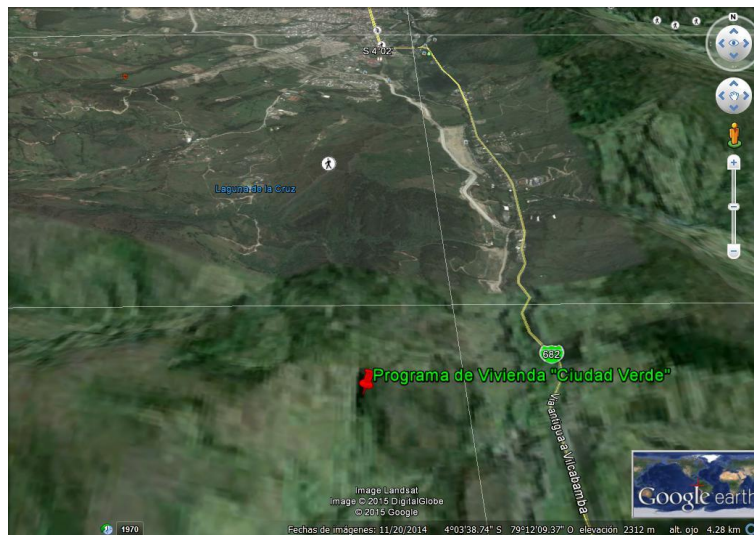


Fig. 23: Ubicación del Programa de Vivienda “Ciudad Verde”

Fuente: (31)

Este programa de vivienda cuenta con 19 manzanas, en las cuales se encuentran distribuidos los lotes que son destinados para viviendas unifamiliares y lotes destinados

para la construcción de departamentos, en las siguientes tablas se presentan la distribución de manzanas de Ciudad Verde:

Tabla 13. Manzana A1

MANZANA " A1 "					
LOTE # 1	284,00	M2.	LOTE # 17	214,84	M2.
LOTE # 2	173,71	M2.	LOTE # 18	210,19	M2.
LOTE # 3	197,40	M2.	LOTE # 19	210,19	M2.
LOTE # 4	185,70	M2.	LOTE # 20	210,19	M2.
LOTE # 5	188,14	M2.	LOTE # 21	210,19	M2.
LOTE # 6	190,46	M2.	LOTE # 22	210,19	M2.
LOTE # 7	192,78	M2.	LOTE # 23	210,19	M2.
LOTE # 8	195,11	M2.	LOTE # 24	210,19	M2.
LOTE # 9	197,43	M2.	LOTE # 25	210,19	M2.
LOTE # 10	200,09	M2.	LOTE # 26	210,19	M2.
LOTE # 11	204,63	M2.	LOTE # 27	210,19	M2.
LOTE # 12	226,51	M2.	LOTE # 28	210,19	M2.
LOTE # 13	227,24	M2.	LOTE # 29	210,19	M2.
LOTE # 14	226,82	M2.	LOTE # 30	210,19	M2.
LOTE # 15	226,40	M2.	LOTE # 31	211,05	M2.
LOTE # 16	248,04	M2.	LOTE # 32	228,03	M2.
TOTAL				6750,85	M2.

Fuente: El Autor

Tabla 14. Manzana B1

MANZANA " B1 "		
LOTE # 1	194,28	M2.
LOTE # 2	199,71	M2.
LOTE # 3	180,96	M2.
LOTE # 4	166,34	M2.
LOTE # 5	153,80	M2.
LOTE # 6	205,10	M2.
LOTE # 7	209,49	M2.
LOTE # 8	209,52	M2.
LOTE # 9	209,52	M2.
TOTAL	1728,72	M2.

Fuente: El Autor

Tabla 15. Manzana C1

MANZANA " C1 "		
LOTE # 1	194,5	M2.
LOTE # 2	186,79	M2.
LOTE # 3	185,58	M2.
LOTE # 4	185,58	M2.
LOTE # 5	185,73	M2.
LOTE # 6	206,55	M2.
LOTE # 7	202,38	M2.
LOTE # 8	182,79	M2.
LOTE # 9	182,88	M2.
LOTE # 10	182,88	M2.

TOTAL	1895,66	M2.
--------------	----------------	------------

Fuente: El Autor

Tabla 16. Manzana D1

MANZANA " D1 "		
LOTE # 1	209,92	M2.
LOTE # 2	249,75	M2.
LOTE # 3	195,87	M2.
LOTE # 4	215,13	M2.
LOTE # 5	223,46	M2.
LOTE # 6	223,20	M2.

TOTAL	1317,33	M2.
--------------	----------------	------------

Fuente: El Autor

Tabla 17. Manzana E1

MANZANA " E1 "		
LOTE # 1	207,32	M2.
LOTE # 2	201,30	M2.
LOTE # 3	188,28	M2.
LOTE # 4	188,28	M2.
LOTE # 5	188,28	M2.
LOTE # 6	188,53	M2.
LOTE # 7	203,11	M2.
LOTE # 8	206,36	M2.
LOTE # 9	206,53	M2.
LOTE # 10	206,28	M2.
LOTE # 11	206,28	M2.
LOTE # 12	206,28	M2.

TOTAL	2396,83	M2.
--------------	----------------	------------

Fuente: El Autor

Tabla 18. Manzana F1

MANZANA " F1 "		
LOTE # 1	319,08	M2.
LOTE # 2	235,86	M2.
LOTE # 3	285,35	M2.
LOTE # 4	224,21	M2.
LOTE # 5	217,60	M2.
LOTE # 6	285,49	M2.
LOTE # 7	268,96	M2.
LOTE # 8	274,79	M2.
LOTE # 9	241,02	M2.
LOTE # 10	345,80	M2.

TOTAL	2698,16	M2.
--------------	----------------	------------

Fuente: El Autor

Tabla 19. Manzana G1

MANZANA " G1 "		
LOTE # 1	221,11	M2.
LOTE # 2	195,35	M2.
LOTE # 3	205,92	M2.
LOTE # 4	205,92	M2.
LOTE # 5	205,92	M2.
LOTE # 6	205,92	M2.
LOTE # 7	205,92	M2.
LOTE # 8	206,53	M2.
LOTE # 9	232,53	M2.
LOTE # 10	223,05	M2.
LOTE # 11	214,27	M2.
LOTE # 12	213,84	M2.
LOTE # 13	213,84	M2.
LOTE # 14	213,84	M2.
LOTE # 15	213,84	M2.
TOTAL	3177,80	M2.

Fuente: El Autor

Tabla 20. Manzana H1

MANZANA " H1 "		
LOTE # 1	248,19	M2.
LOTE # 2	231,17	M2.
LOTE # 3	223,56	M2.
LOTE # 4	223,56	M2.
LOTE # 5	223,56	M2.
LOTE # 6	224,03	M2.
LOTE # 7	221,70	M2.
LOTE # 8	223,05	M2.
LOTE # 9	222,78	M2.
LOTE # 10	222,48	M2.
LOTE # 11	222,48	M2.
LOTE # 12	222,48	M2.
TOTAL	2709,04	M2.

Fuente: El Autor

Tabla 21. Manzana I1

MANZANA " I1 "		
LOTE # 1	254,10	M2.
LOTE # 2	227,39	M2.
LOTE # 3	223,56	M2.
LOTE # 4	223,56	M2.
LOTE # 5	223,56	M2.
LOTE # 6	224,03	M2.
LOTE # 7	266,66	M2.
LOTE # 8	263,86	M2.
LOTE # 9	222,78	M2.
LOTE # 10	222,48	M2.
LOTE # 11	222,48	M2.
LOTE # 12	222,48	M2.
TOTAL	2796,94	M2.

Fuente: El Autor

Tabla 22. Manzana J1

MANZANA " J1 "		
LOTE # 1	216,04	M2.
LOTE # 2	212,10	M2.
LOTE # 3	206,64	M2.
LOTE # 4	206,64	M2.
LOTE # 5	206,81	M2.
LOTE # 6	256,34	M2.
LOTE # 7	223,71	M2.
LOTE # 8	181,80	M2.
LOTE # 9	181,80	M2.
TOTAL	1891,88	M2.

Fuente: El Autor

Tabla 23. Manzana K1

MANZANA " K1 "					
LOTE # 1	264,18	M2.	LOTE # 33	180,91	M2.
LOTE # 2	188,52	M2.	LOTE # 34	180,99	M2.
LOTE # 3	181,62	M2.	LOTE # 35	181,06	M2.
LOTE # 4	181,18	M2.	LOTE # 36	181,06	M2.
LOTE # 5	181,18	M2.	LOTE # 37	181,20	M2.
LOTE # 6	181,18	M2.	LOTE # 38	203,56	M2.
LOTE # 7	181,18	M2.	LOTE # 39	205,82	M2.
LOTE # 8	181,18	M2.	LOTE # 40	196,43	M2.
LOTE # 9	319,31	M2.	LOTE # 41	196,43	M2.
LOTE # 10	301,81	M2.	LOTE # 42	196,43	M2.
LOTE # 11	284,32	M2.	LOTE # 43	196,43	M2.
LOTE # 12	267,11	M2.	LOTE # 44	196,43	M2.
LOTE # 13	255,55	M2.	LOTE # 45	196,43	M2.
LOTE # 14	248,95	M2.	LOTE # 46	196,43	M2.
LOTE # 15	246,63	M2.	LOTE # 47	196,43	M2.
LOTE # 16	253,78	M2.	LOTE # 48	196,43	M2.
LOTE # 17	263,32	M2.	LOTE # 49	196,43	M2.
LOTE # 18	278,43	M2.	LOTE # 50	196,45	M2.
LOTE # 19	181,18	M2.	LOTE # 51	196,58	M2.
LOTE # 20	181,18	M2.	LOTE # 52	196,27	M2.
LOTE # 21	181,18	M2.	LOTE # 53	194,23	M2.
LOTE # 22	181,18	M2.	LOTE # 54	264,06	M2.
LOTE # 23	181,18	M2.	LOTE # 55	221,75	M2.
LOTE # 24	181,18	M2.	LOTE # 56	220,41	M2.
LOTE # 25	181,18	M2.	LOTE # 57	182,19	M2.
LOTE # 26	178,43	M2.	LOTE # 58	181,19	M2.
LOTE # 27	180,49	M2.	LOTE # 59	196,00	M2.
LOTE # 28	180,56	M2.	LOTE # 60	210,82	M2.
LOTE # 29	180,63	M2.	LOTE # 61	225,64	M2.
LOTE # 30	180,70	M2.	LOTE # 62	240,45	M2.
LOTE # 31	180,17	M2.	LOTE # 63	300,38	M2.
LOTE # 32	180,84	M2.	LOTE # 64	271,46	M2.
TOTAL				13366,29	M2.

Fuente: El Autor

Tabla 24. Manzana L1

MANZANA " L1 "		
LOTE # 1	234,13	M2.
LOTE # 2	179,44	M2.
LOTE # 3	223,49	M2.
LOTE # 4	252,16	M2.
LOTE # 5	243,47	M2.
LOTE # 6	227,85	M2.
LOTE # 7	205,65	M2.
LOTE # 8	156,63	M2.
LOTE # 9	155,39	M2.
TOTAL	1878,21	M2.

Fuente: El Autor

Tabla 25. Manzana M1

MANZANA " M1 "		
LOTE # 1	195,05	M2.
LOTE # 2	161,66	M2.
LOTE # 3	176,08	M2.
LOTE # 4	190,51	M2.
LOTE # 5	205,54	M2.
LOTE # 6	231,22	M2.
LOTE # 7	200,33	M2.
LOTE # 8	210,17	M2.
LOTE # 9	259,98	M2.
LOTE # 10	239,97	M2.
LOTE # 11	212,39	M2.
LOTE # 12	188,36	M2.
LOTE # 13	217,37	M2.
LOTE # 14	217,37	M2.
LOTE # 15	217,37	M2.
LOTE # 16	217,37	M2.
LOTE # 17	217,37	M2.
LOTE # 18	217,37	M2.
LOTE # 19	217,25	M2.
LOTE # 20	230,17	M2.
TOTAL	4222,90	M2.

Fuente: El Autor

Tabla 26. Manzana N1

MANZANA " N1 "		
LOTE # 1	192,51	M2.
LOTE # 2	306,72	M2.
LOTE # 3	240,51	M2.
TOTAL	739,74	M2.

Fuente: El Autor

Tabla 27. Manzana O1

MANZANA " O1 "		
LOTE # 1	263,99	M2.

LOTE # 2	218,60	M2.
LOTE # 3	260,26	M2.
LOTE # 4	237,68	M2.
LOTE # 5	236,10	M2.
LOTE # 6	225,17	M2.
LOTE # 7	226,50	M2.
LOTE # 8	230,02	M2.
LOTE # 9	216,50	M2.
LOTE # 10	217,34	M2.
LOTE # 11	172,61	M2.
LOTE # 12	263,26	M2.

TOTAL	2768,03	M2.
--------------	----------------	------------

Fuente: El Autor

Tabla 28. Manzana P1

MANZANA " P1 "		
LOTE # 1	235,93	M2.
LOTE # 2	207,84	M2.
LOTE # 3	207,00	M2.
LOTE # 4	206,54	M2.
LOTE # 5	206,46	M2.
LOTE # 6	206,15	M2.
LOTE # 7	231,35	M2.
LOTE # 8	197,27	M2.
LOTE # 9	207,00	M2.
LOTE # 10	207,00	M2.
LOTE # 11	207,00	M2.
LOTE # 12	207,00	M2.
LOTE # 13	207,00	M2.
LOTE # 14	195,72	M2.
TOTAL	2929,26	M2.

Fuente: El Autor

Tabla 29. Manzana Q1

MANZANA " Q1 "		
LOTE # 1	220,89	M2.
LOTE # 2	213,84	M2.
LOTE # 3	213,84	M2.
LOTE # 4	213,84	M2.
LOTE # 5	213,84	M2.
LOTE # 6	213,34	M2.
LOTE # 7	197,62	M2.
LOTE # 8	191,16	M2.
LOTE # 9	191,16	M2.
LOTE # 10	191,16	M2.
LOTE # 11	191,16	M2.
LOTE # 12	207,54	M2.
TOTAL	2459,39	M2.

Fuente: El Autor

Tabla 30. Manzana R1

MANZANA " R1 "		
LOTE # 1	206,45	M2.
LOTE # 2	173,52	M2.
LOTE # 3	173,52	M2.
LOTE # 4	173,52	M2.
LOTE # 5	203,76	M2.
LOTE # 6	197,27	M2.
LOTE # 7	208,50	M2.
LOTE # 8	208,50	M2.
LOTE # 9	189,86	M2.
TOTAL	1734,90	M2.

Fuente: El Autor

Tabla 31. Manzana S1

MANZANA " S1 "		
LOTE # 1	219,03	M2.
LOTE # 2	236,15	M2.
LOTE # 3	235,80	M2.
LOTE # 4	235,45	M2.
LOTE # 5	219,33	M2.
LOTE # 6	218,59	M2.
LOTE # 7	202,01	M2.
LOTE # 8	198,22	M2.
LOTE # 9	196,35	M2.
LOTE # 10	213,53	M2.
TOTAL	2174,46	M2.

Fuente: El Autor

El programa de vivienda Ciudad Verde también cuenta con lotes aislados distribuidos indistintamente en el terreno, ya que estos lotes presentan algún problema o están destinados a áreas verdes.

Tabla 32. Lotes Aislados

LOTES AISLADOS		
LOTE # 1a	286,38	M2.
LOTE # 1b	261,11	M2.
LOTE # 1c	349,20	M2.
LOTE # 1d	213,20	M2.
TOTAL	1109,89	M2.

Fuente: El Autor

3.1.2. Distribución

El número total de lotes en el programa de vivienda “Ciudad Verde” fase 1 es de 284 lotes, entre los cuales 269 son destinados para viviendas unifamiliares independientes y 15 son destinados para edificios con departamentos, en la siguiente Fig. 24 se puede observar un esquema de distribución de cada manzana, para la distribución completa de los lotes se puede observar en el anexo 1.



Fig. 24: Distribución del Programa de Vivienda “Ciudad Verde”

Fuente: El Autor

3.1.3. Estado Actual del proyecto de vivienda Ciudad Verde fase 1

El proyecto de vivienda Ciudad Verde fase 1 cuenta con permisos de construcción, ya que sus planos arquitectónicos de distribución, de alcantarillado y demás fueron aprobados por el Ilustre Municipio de Loja, por lo tanto existe la autorización de implantación de viviendas y edificios con departamentos en lo lotes ya anteriormente especificados.

Actualmente esta fase 1 se está realizando removimiento de tierras, para la construcción del alcantarillado y construcción de aceras y bordillos.

3.1.4. Demanda Actual

El programa de vivienda “Ciudad Verde” cuenta con tres fases proyectadas, de las cuales la fase 1 cumple con todos los requerimientos para su construcción; de esta fase se obtuvo información mediante toma de datos de cada uno de los socios de este programa para el cálculo de la demanda actual.

La fase 1 cuenta con 340 usuarios finales, repartidos de la siguiente manera: 265 lotes programados como viviendas unifamiliares independientes y 15 lotes establecidos para la construcción de 75 departamentos (en cada lote se construye un edificio con 5 departamentos) dando el total de 340 usuarios.

En la siguiente Tabla 33 se especifica la cantidad de usuario por manzana.

Tabla 33. Demanda Actual

DEMANDA ACTUAL	
MANZANA A1	32 Usuarios
MANZANA B1	9 Usuarios
MANZANA C1	10 Usuarios
MANZANA D1	6 Usuarios
MANZANA E1	12 Usuarios
MANZANA F1	10 Usuarios
MANZANA G1	15 Usuarios
MANZANA H1	12 Usuarios
MANZANA I1	12 Usuarios
MANZANA J1	9 Usuarios
MANZANA K1	116 Usuarios

MANZANA L1	9 Usuarios
MANZANA M1	28 Usuarios
MANZANA N1	3 Usuarios
MANZANA O1	12 Usuarios
MANZANA P1	14 Usuarios
MANZANA Q1	12 Usuarios
MANZANA R1	9 Usuarios
MANZANA S1	10 Usuarios
TOTAL	340 Usuarios

Fuente: El Autor

3.1.5. Crecimiento de la Demanda

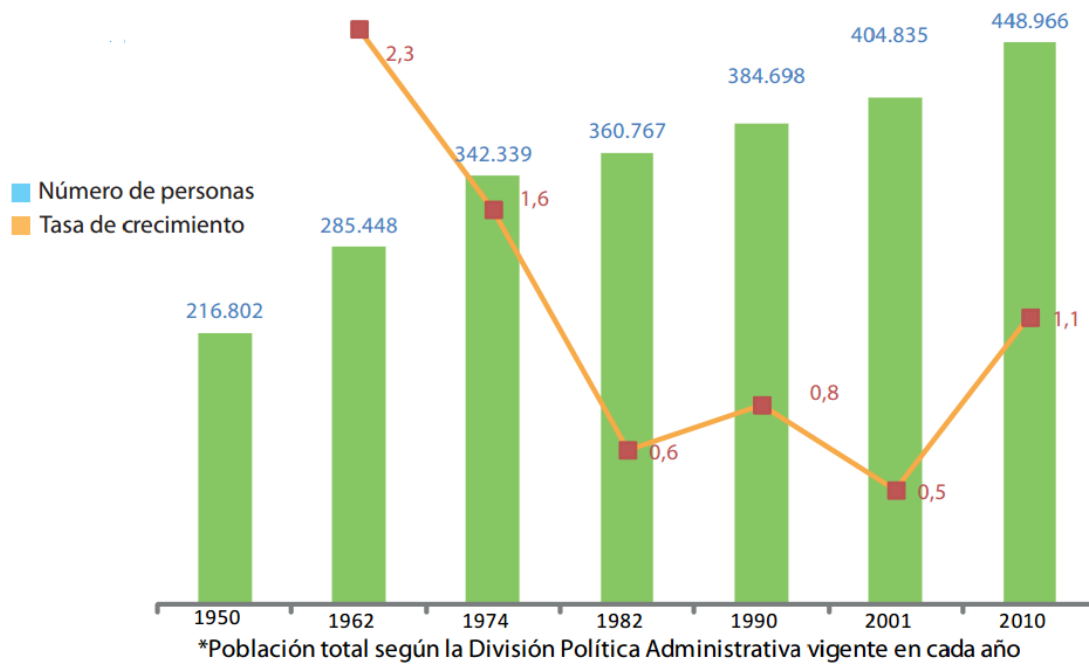


Fig. 25: Tasa de crecimiento poblacional de la ciudad de Loja

Fuente: (32 pág. 2)

Se considera que la vida útil de la ODN será de 10 años, y la tasa de crecimiento poblacional de la ciudad Loja es de 1,1% (Fig. 25), se calcula el crecimiento poblacional de la siguiente manera:

$$D(t) = D_o(1 + i)^t \quad \text{ecuación (3)}$$

$D(t)$ = demanda potencial en el tiempo

D_o = demanda actual

i = tasa de crecimiento

t = tiempo

$$D(t) = 340(1 + 1.1\%)^{10}$$

$$D(t) = 379 \text{ Usuarios Finales}$$

3.2. Diseño de la ODN

Para el diseño de la ODN del programa de vivienda Ciudad Verde se está utilizando normativas vigentes de la CNT EP y los requerimientos de la recomendación ITU-T G.987.

De las normativas establecidas para la ODN por parte de la CNT EP tenemos:

- ✚ NORMAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES CON FIBRA ÓPTICA. (33)
- ✚ NORMAS TÉCNICAS PARA DIBUJO GEOREFERENCIADAS DE REDES DE PLANTA EXTERNA: CANALIZACIÓN, REDES TELEFÓNICAS DE COBRE, ENLACES DE FIBRA ÓPTICA Y REDES GPON/FTTH. (34)
- ✚ NORMATIVA DE DISEÑO DE LA ODN. (18)
- ✚ NORMATIVA TÉCNICA DE DISEÑO DE PLANTA EXTERNA CON FIBRA ÓPTICA (ODN – OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK). (17)
- ✚ NORMATIVA TÉCNICA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN INTERNA GPON FTTH EN EDIFICIOS Y URBANIZACIONES. (35)

Y de los requerimientos para el diseño de red planteada para el programa de vivienda Ciudad Verde con la recomendación ITU-T G.987. Explicada en el capítulo anterior, en la sección 1.4.7.

3.2.1. Arquitectura

El modelo de arquitectura que se propone en este diseño es la que establece CNT EP en la Fig. 26, con las tasas de transferencia de datos XG-PON1 especificadas en la recomendación ITU-T G.987.

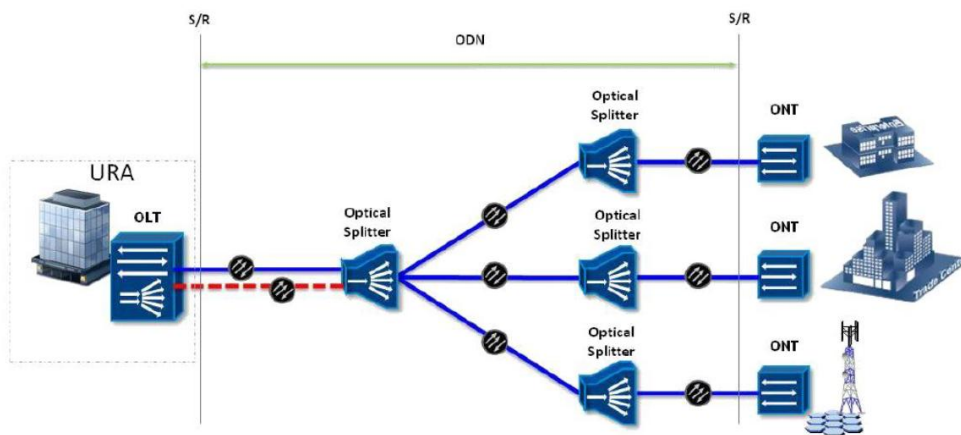


Fig. 26: Arquitectura G-PON CNT EP

Fuente: (18 pág. 7)

3.2.2. Tecnología FTTx

Para la selección del tipo de tecnología FTTx para esta red planteada, se determina que tipos de abonados o usuarios accederán a los servicios que se propone, también es indispensable conocer que tipos de vivienda van a existir en este programa.

En el sección 2.1. de este capítulo se establecen que tipos de construcciones se van a implementar en cada uno de los lotes, de tal manera con este conocimiento se permite elegir la tecnología de FTTH hacia cada uno de los predios.

CNT EP propone modelos definidos para la instalación de última milla y la infraestructura de la ODN, a continuación se detallan algunos de los modelos de la CNT EP:

- ✚ “Modelos Masivos/Casas
- ✚ Modelos Masivos/Edificios
- ✚ Modelos Multi-Accesos
- ✚ Modelo Corporativo/Edificios hasta 10 pisos
- ✚ Modelo Corporativo/Edificios hasta 20 pisos
- ✚ Modelo Parque Industrial
- ✚ Modelo Radio Base 3G/4G” (17 págs. 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21)

El Modelo propuesto para el programa de vivienda Ciudad Verde es el **MODELO MASIVO/CASAS** como se muestra en la Fig. 27.

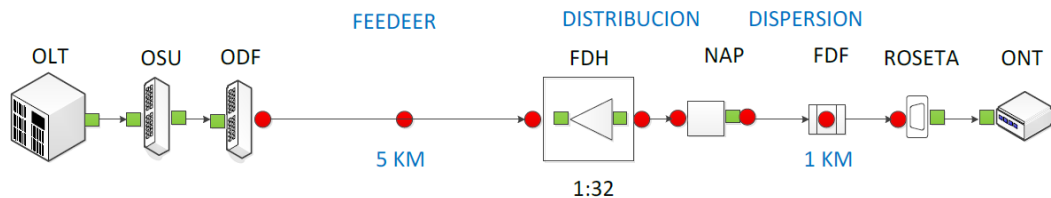


Fig. 27: Modelo Masivo/Casas CNT EP

Fuente: (17 pág. 12)

Una vez obtenida la demanda Potencial, definida la arquitectura XG-PON y la tecnología de acceso para el programa de vivienda Ciudad Verde, el diseño de la ODN para la red de datos propuesta se compone de la siguiente secuencia:



Fig. 28: Secuencia de diseño de la ODN para el programa de vivienda Ciudad Verde

Fuente: El Autor

3.2.3. Diseño: CANALIZACIÓN

“Como consecuencia del enorme desarrollo de las Telecomunicaciones Urbanas y Rurales, se ha hecho imprescindible la implementación de planta externa que es el medio por el cual se llega desde una central de telecomunicaciones hasta el o los potenciales clientes dentro de un área de cobertura, este medio de transmisión tradicionalmente ha sido de cobre, configurado en cables multipar de gran capacidad y que con los adelantos y desarrollo tecnológico poco a poco se está reemplazando por otro medio de transmisión basado en la fibra óptica, estos cables por su estructura, peso capacidad y vulnerabilidad deben ser protegidos mediante infraestructuras subterráneas, en las que se albergarán todos estos cables que regularmente son de la red primaria y de enlaces intercentrales y eventualmente también de la red secundaria. A esta infraestructura civil subterránea se la denomina canalización.

Canalización, es el conjunto de elementos de infraestructura civil que ubicados bajo la superficie del terreno, sirve de alojamiento y protección a cables y otros elementos que forman parte de la red de telecomunicaciones.

Las principales ventajas de las redes subterráneas son los pequeños gastos de mantenimiento y la protección de los cables, comparadas con las averías que se producen en los cables aéreos, debido a los efectos climáticos, la caída de árboles, así como la afectación que sufre la red de telecomunicaciones por la cercanía a las líneas de conducción de energía eléctrica o por acción directa de las actividades del personal de las empresas eléctricas en el desplazamiento de postes y actividades de mantenimiento en la red de distribución del sistema eléctrico.

En conjunto la canalización se compone de dos elementos: la ductería (conjunto de ductos) o canalización propiamente dicha y pozos de revisión (cámaras), donde se aloja y protege los cables de red fibra óptica.

Los pozos de revisión (Cámaras) son los únicos puntos accesibles de esta infraestructura, en estos es posible realizar todos los trabajos referentes a tendido de cable, empalmes, reparaciones, sustitución del cable, toma de derivaciones, etc. Adicionalmente sirven para alojar la reserva de fibra óptica.” (36 pág. 7)

Los tramos de canalización se interconectan por medio de pozos, en el caso propuesto para la red XG-PON cuando se deba incrementar canalización, se considerará los siguientes criterios:

- ✚ En vías principales se proyectará canalización de 4 vías más 2 triductos con pozos de 48 bloques, Fig. 29.
- ✚ Para calles secundarias se proyectará canalización 2 vías más 2 triductos con pozos de 48 bloques, Fig. 30.
- ✚ Considerar la construcción de cajas de revisión de 1,2 x 1,2 m., donde se vaya a alojar un empalme de fibra óptica o una NAP.
- ✚ Para el caso del pozo de ingreso al FDH debe considerarse pozos de 80 bloques, Fig. 31.

El diseño completo de la canalización se encuentra en el anexo 1.

En el anexo 2 se podrá ver la construcción de pozos de 80 y 48 bloques.

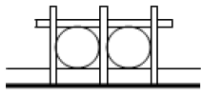
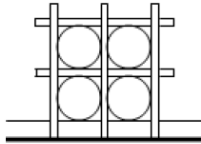
NÚMERO DE VÍAS	ANCHO DE LA ZANJA "b" (m.)		PROFUNDIDAD DE LA ZANJA "h" (m.)	
	ACERA	CALZADA	ACERA	CALZADA
	0.40	0.40	0.70	1.00
	0.50	0.50	0.85	1.10

Fig. 29: Dimensionamiento para excavación de zanjas

Fuente: (36 pág. 28)

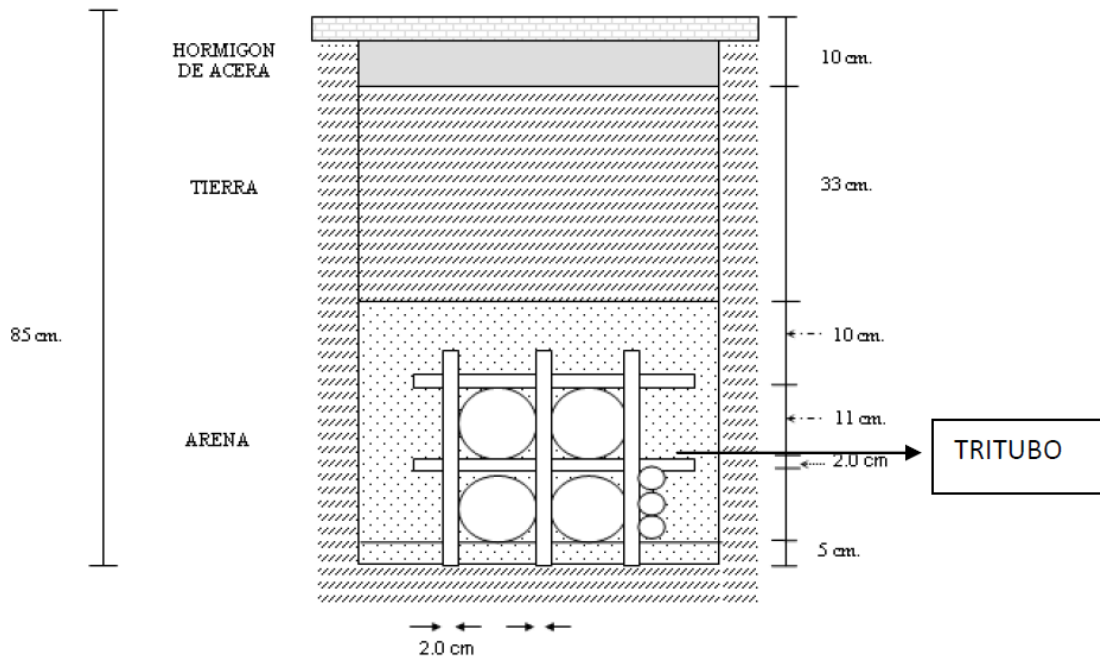


Fig. 30: Esquema Canalización IV Vías Incluye Tritubo (Acera)

Fuente: (36 pág. 40)

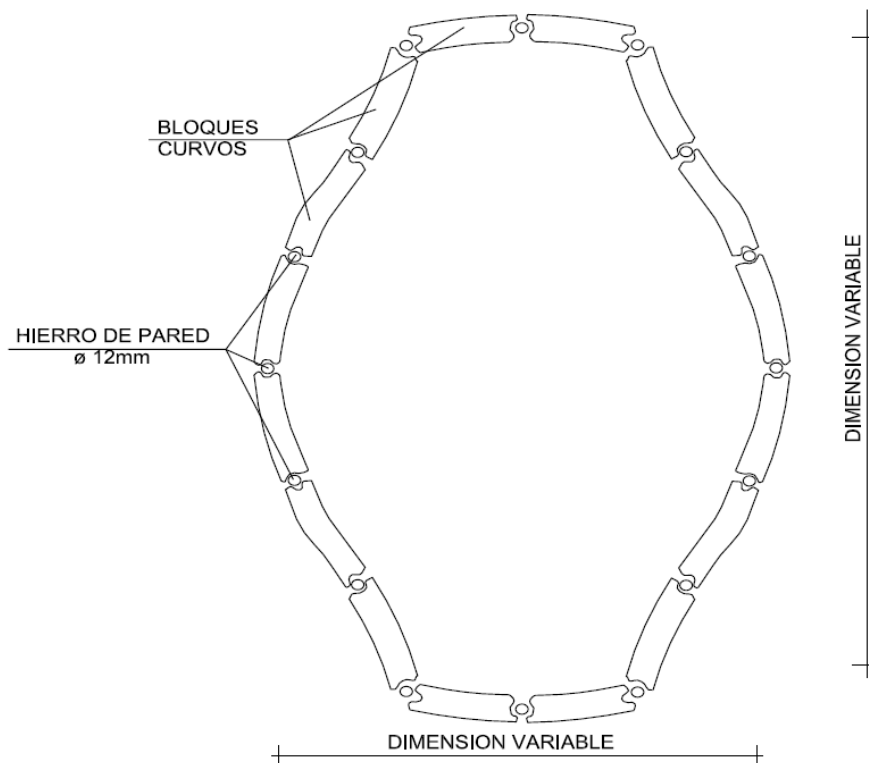


Fig. 31: Pozo de 80 Bloques

Fuente: (36 pág. 60)

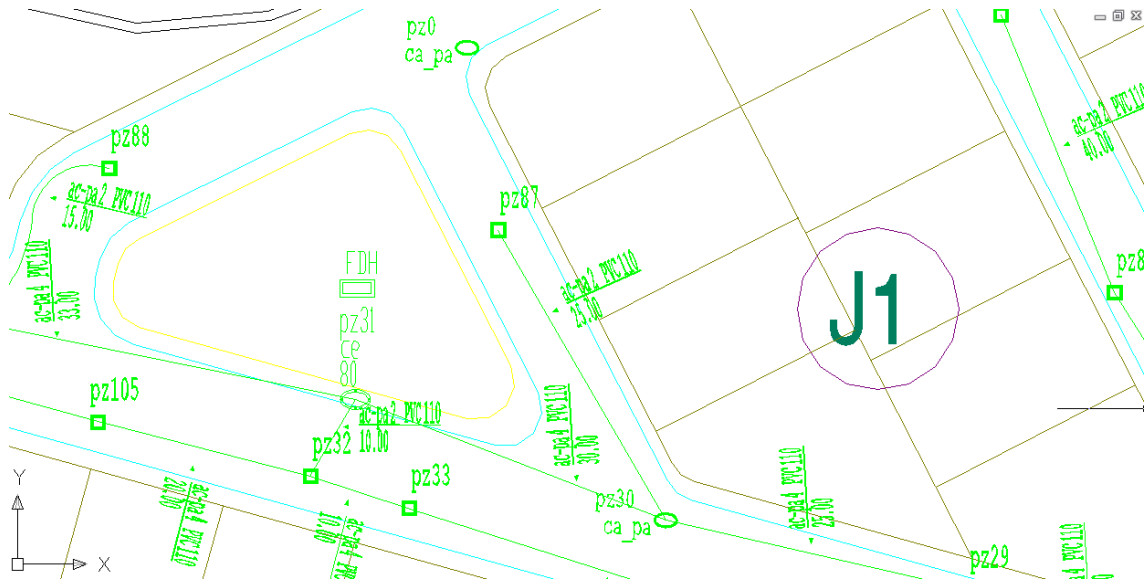


Fig. 32: Canalización programa de vivienda Ciudad Verde

Fuente: El Autor

3.2.4. Diseño: RED DE DISPERSIÓN

“La red de dispersión se define como el área de influencia (dispersión) de una caja de distribución óptica (NAP, FDF o manga).” (17 pág. 29)

Para el diseño de la red de dispersión propuesta para el programa de vivienda se toman las siguientes recomendaciones:

- ✚ Para el área de influencia de una NAP, se considera una ocupación del 80% y un 20% para ampliación de la capacidad total de las NAP.
- ✚ En la planimetría definir el área de cobertura de la NAP y establecer la simbología de la NAP y roseta óptica, Fig. 33.
- ✚ La red de dispersión no deberá sobrepasar los 300 metros de distancia.
- ✚ No se deberá cruzar una vía principal o carretera de alto tráfico con cables de acometida aéreos, en este caso se deberá instalar una NAP al otro lado de la vía principal.

Por parte de la CNT EP define que la red de dispersión está conformada por los cables de acometida (cable drop) que van desde la NAP, pasan por la FDF, llegan a una roseta óptica y se conectan a la ONT para los modelos masivos/casas.



Fig. 33: Red de DISPERSIÓN programa de vivienda Ciudad Verde

Fuente: El Autor

3.2.4.1. Cables: RED DE DISPERSIÓN

La capacidad de los cables en la red dispersión es de uno o dos hilos sean estos canalizados, aéreos o murales.

- + **Cable de dispersión Mural.-** Es el cable canalizado que se instala de manera adosada en las fachadas de las casas, utilizando grapas tipo gancho y clavos de acero.
- + **Cable de dispersión Canalizado.-** Este cable se emplea para el tendido a través de los ductos de canalización.

3.2.5. Diseño: RED DE DISTRIBUCIÓN INTERNA

“La red de distribución interna comprende los cables de fibra óptica G.652D o G.657.A1, los elementos pasivos (NAPs, FDFs) y los herrajes. En el caso de edificios son los cables que salen de las FDBs y llegan a las FDFs.” (17 pág. 30)

3.2.5.1. Sistema de Distribución Interna

Para el presente proyecto de titulación se proponen dos sistemas de distribución interna:

- ✚ Sistema de Distribución Radial Simple
- ✚ Sistema de Distribución Radial Complejo

a. Sistema de Distribución Radial Simple

Es la instalación directa del cable drop desde la FDB, FDF hasta la roseta óptica, como se indica en la Fig. 34 y 35.

En este sistema la red interna está compuesta:

- ✚ Cables drop desde el FDB, FDF hasta las rosetas ópticas, así como las tuberías que lo conducen.
- ✚ Rosetas Ópticas.

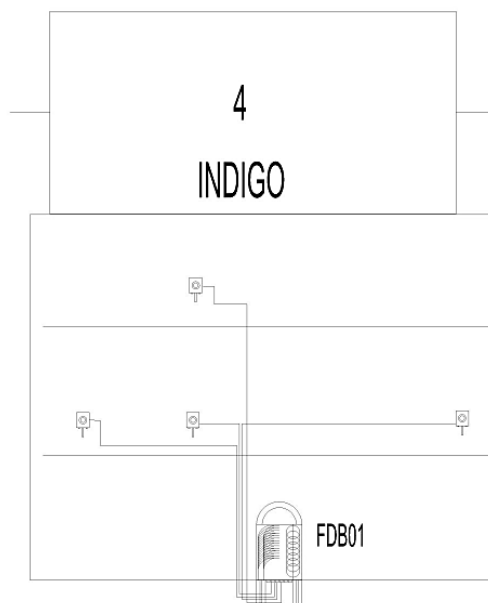


Fig. 34: Sistema Radial Simple con FDF (AutoCad)

Fuente: (18)

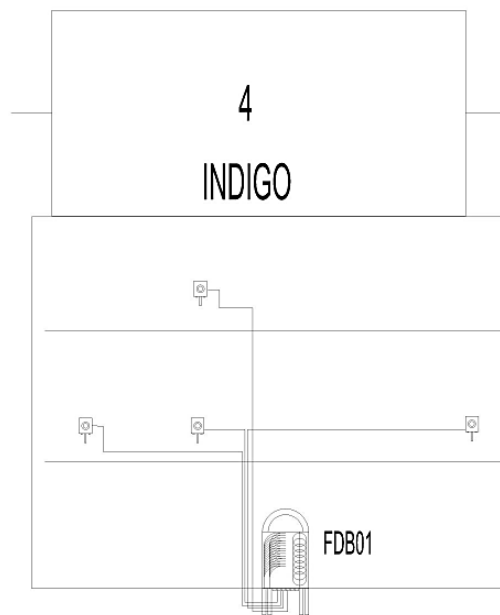


Fig. 35: Sistema Radial Simple con FDB (AutoCad)

Fuente: (18)

b. Sistema de Distribución Radial Complejo

Es la instalación de la FDB, cable riser, FDF y cable drop hasta la roseta óptica, como se indica en la Fig. 36.

Este sistema es aplicado en edificios que cuenten con ducto de instalaciones vertical y con departamentos independientes.

En este sistema la red interna está compuesta:

- ✚ Cables tipo riser, desde la FDB a las FDF, así como las tuberías que lo conducen.
- ✚ Cajas de paso.
- ✚ FDF.
- ✚ Cables tipo drop desde las FDF hasta las rosetas ópticas, así como también las tuberías que los conducen.
- ✚ Rosetas ópticas.

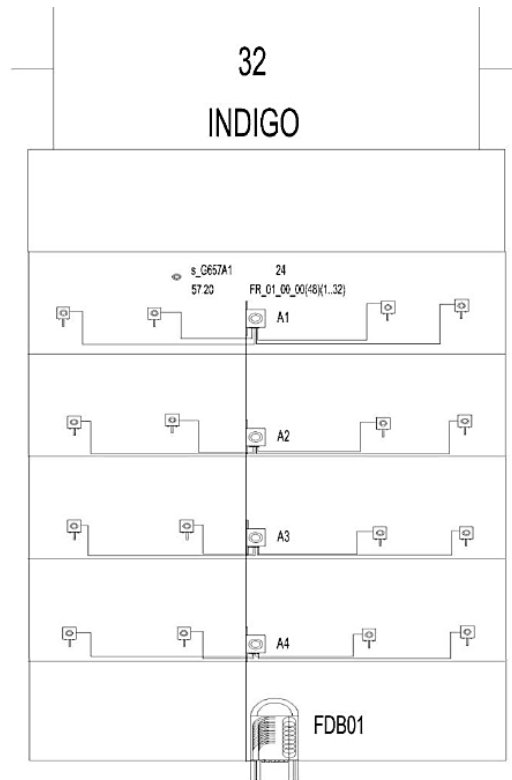


Fig. 36: Sistema Radial Simple Complejo (AutoCad)

Fuente: El Autor

3.2.5.2. Cables: RED DE DISTRIBUCIÓN INTERNA

Para el presente proyecto de titulación los cables de fibra óptica para Dispersión y Distribución Interna deben cumplir con la norma ITU-T G.657.A1 o G.657.A2

- ✚ **Dispersión:** Capacidad 2 hilos, tipo: ADSS, DUCTO
- ✚ **Dispersión:** Capacidad 12, 24, 48 hilos, tipo: DUCTO LSZH

3.2.6. Diseño: RED DE DISTRIBUCIÓN

“La red de distribución comprende los cables de fibra óptica G.652D aéreos, canalizados o murales, cuyas capacidades van desde 12 hilos hasta 96 hilos, los elementos pasivos (mangas, NAPs, FDBs, FDFs) y los herrajes, Fig. 37.” (17 pág. 36)

Para el diseño de la red de distribución propuesta para el programa de vivienda se toma el modelo definido para la red de acceso:

- ✚ Modelo Masivos/Casas: Sale desde el FDH hasta las NAPs. El área de cobertura del FDH comprende la suma de las áreas de dispersión de las NAPs que lo conforman, a esta se le denomina Distrito.

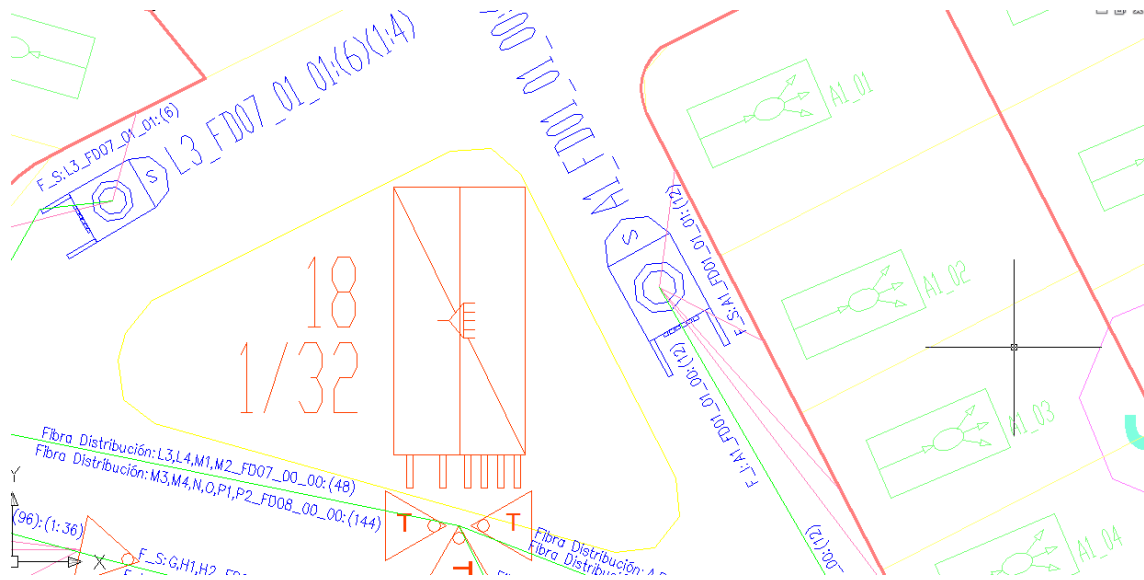


Fig. 37: Red de DISTRIBUCIÓN programa de vivienda Ciudad Verde

Fuente: El Autor

3.2.7. Diseño: RED FEEDER

“La red feeder comprende los cables de fibra óptica G.652D canalizados de gran capacidad desde 12, 24, 48, 72, 96, 144 hasta 288 hilos que salen de la OLT hasta el primer nivel de splitteo ubicado en FDHs, FDBs, mangas. Incluye también los herrajes. La red feeder debe ser totalmente canalizada, Fig. 38.” (17 pág. 42)

Para el diseño de la red feeder propuesta para el programa de vivienda se toman las siguientes recomendaciones:

- ✚ La longitud del cable de fibra óptica para realizar empalmes canalizados, es de 15m. por punta del cable de derivación y 30 metros del cable a sangrar.
- ✚ El cable feeder es de gran capacidad, se consideran cada 300m. de cable de fibra óptica una reserva de 20m. de cable.

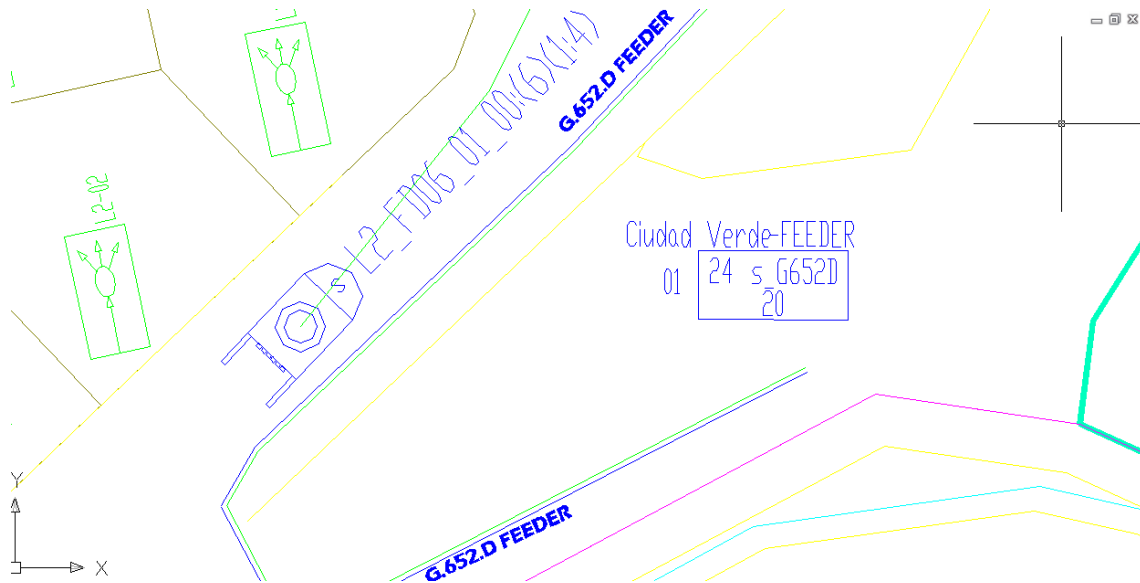


Fig. 38: Red FEEDER programa de vivienda Ciudad Verde

Fuente: El Autor

3.2.7.1. Cálculo del Cable FEEDER

Para el cálculo del número de hilos de fibra óptica de cable FEEDER se considera los siguientes parámetros:

- ✚ Número de Usuarios por cada puerto PON (32 usuarios por un hilo de fibra)
- ✚ Número Total de usuarios existentes (340 usuarios)
- ✚ Cable FEEDER existente en el mercado (12, 24, 48, 72, 96, 144, 288 hilos de fibra)

$$FEEDER = \frac{\# \text{ de usuarios existentes}}{\# \text{ de usuarios por cada puerto PON/ un hilo de fibra}} \quad \text{ecuación (4)}$$

$$FEEDER = \frac{340 \text{ usuarios}}{32 \text{ usuarios por cada puerto PON/ un hilo de fibra}}$$

$$D(t) = 10.625 \text{ hilos de fibra}$$

El número de hilos de fibra óptica obtenido no es comercial para un cable de red FEEDER, por lo tanto se tiende a aproximar al primer cable que posea esta capacidad. Además de aproximar el cable FEEDER se tiene que tomar en cuenta los parámetros de expansión y de diseño.

Basándose en la noción expansión y de diseño se optó por elegir el cable FEEDER de 24 hilos, que cumple con los requerimientos antes especificados que permite el crecimiento poblacional y de tener hilos de reserva proyectados.

3.2.8. Diagrama Esquemático de Empalmes

Es la planimetría de la distribución de cables con las derivaciones o empalmes en la ODN. Este diagrama especifica la red FEEDER, distribución especificando en la simbología la capacidad del cable, NAPs, empalmes, armarios ópticos.

El diagrama esquemático de empalmes de esta red propuesta para el programa de vivienda Ciudad Verde se lo puede observar en el anexo 1.

3.2.9. Balance Óptico

El balance óptico es el que permite determinar si los equipos activos de la red XG-PON van a detectar y soportar la potencia de la señal que se propaga en el sistema.

Para determinar el balance óptico de toda la red se considera exclusivamente la potencia que llegará al usuario más cercano y al usuario más lejano. Los puertos de la OLT transmite bajo las pérdidas especificadas en la recomendación *ITU-T G.987.2 10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Physical media dependent (PMD) layer specification* con la potencia mínima de transmisión desde la OLT de 2dBm.

N1 es la clase de pérdidas similar a B+ del estándar G-PON, lo que permite la coexistencia con el estándar propuesto para el programa de vivienda Ciudad Verde. En la Tabla 34 se menciona las clases de pérdidas para la ODN en ambas tecnologías.

Tabla 34. Pérdidas G-PON y XG-PON

Link Budget Class	Pérdida Mínima en la ODN (dB)	Pérdida Máxima en la ODN (dB)
G-PON		
A	5	20
B	10	25
C	15	30
B +	13	28
C +	17	32

XG-PON		
Nominal 1 (N1)	14	29
Nominal 2 (N2)	16	31
Extended (E1)	18	33
Extended (E2)	20	35

Fuente: G-PON (37 pág. 10); XG-PON (27 pág. 10)

Se ha considerado un margen de seguridad de 3 dB, el cual puede ser utilizado para suplir las pérdidas de la red propuesta debidas a la degradación propia de los elementos activos, curvaturas de a fibra óptica, errores en el cálculo del balance óptico de potencia, reparaciones del sistema, inclusión de nuevos empalmes y sangrados de cable de fibra óptica con su respectiva reserva o inclusión de elementos de red, etc.

Para el cálculo del balance óptico se tendrá que cumplir la siguiente inecuación:

$$P_{Rx} \leq P_{Tx} - \alpha_{Total} \quad \text{ecuación (5)}$$

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

P_{Tx} = Potencia máxima del transmisor óptico

α_{Total} = Valor total de pérdidas

La recomendación ITU-T G.987.2 detalla los umbrales mínimos y máximos de potencia en la conexión entre OLT y ONT, en la Tabla 35 y 36 se especifican los parámetros en sentido descendente y ascendente.

Tabla 35. Parámetros de la interfaz óptica en sentido Descendente

INTERFAZ ÓPTICA EN SENTIDO DESCENDENTE							
OLT transmitter							
ODN Class		N1	N2		E1	E2	
	Unit		N2a	N2b		E2a	E2b
Mean launched power MIN	dBm	+2.0	+4.0	+10.5	+6	+8	+14.5
Mean launched power MAX	dBm	+6.0	+8.0	+12.5	+10	+12	+16.5
ONU receiver							
ODN Class		N1	N2		E1	E2	
	Unit		N2a	N2b		E2a	E2b
Minimum sensitivity at BER	dBm	-	-	-21.5	-	-	-21.5

reference level		28.0	28.0		28.0	28.0	
Minimum overload at BER reference level	dBm	-8.0	-8.0	-3.5	-8.0	-8.0	-3.5

Fuente: (27 págs. 6, 7)

Tabla 36. Parámetros de la interfaz óptica en sentido Ascendente

INTERFAZ ÓPTICA EN SENTIDO ASCENDENTE					
ONU transmitter					
ODN Class	Unit	N1	N2	E1	E2
Mean launched power MIN	dBm	+2.0	+2.0	+2.0	+2.0
Mean launched power MAX	dBm	+7.0	+7.0	+7.0	+7.0
OLT receiver					
ODN Class		N1	N2	E1	E2
Minimum sensitivity at BER reference level	dBm	-27.5	-29.5	-31.5	-33.5
Minimum overload at BER reference level	dBm	-7.0	-9.0	-11	-13.0

Fuente: (27 págs. 7, 8)

Los elementos de la ODN también generan pérdidas, es necesario conocer el valor de cada uno de los elementos para poder calcular el valor total de la atenuación, en la Tabla 37 se pueden observar los valores nominales de los mismos:

Tabla 37. Valores de Atenuación de los elementos de la ODN

Descripción	Atenuación
Conectores ITU671	0.50 dB
Empalmes de fusión ITU751	0.10 dB
Empalmes mecánicos ITU751	0.10 dB
FDH (14 Splitters 1x32)	17.5 dB
Fibra longitud de Onda 1310 nm	0.35 dB
Fibra longitud de Onda 1310 – 1625 nm	0.40 dB
Fibra longitud de Onda 1550 nm	0.30 dB

Fuente: El Autor

3.2.9.1. Cálculo de Balance Óptico

a. ONU más lejana

- ✚ Se realiza el cálculo para la banda de 1310 -1625 nm, transmisión voz y datos en sentido ascendente, se obtiene:

Tabla 38. Cálculo de la Atenuación de la ONU más lejana (banda 1310 – 1625 nm)

Elemento	Cantidad	Unidad	Atenuación (dB)	Atenuación Total (dB)
Conectores	8	U	0.50	4
Empalmes por fusión	7	U	0.10	0.7
FDH (14 Splitters 1x32)	1	U	17.5	17.5
Distancia OLT a FDH	4.3	Km	0.40	1.72
Distancia FDH a NAP	0.89	Km	0.40	0.36
Distancia NAP a ONT	0.025	Km	0.40	0.01
Margen de Seguridad	n/a	n/a	3	3
Atenuación Total				27,29

Fuente: El Autor

- ✚ Se realiza el cálculo para la banda de 1550 nm, transmisión voz, datos y video en sentido descendente, se obtiene:

Tabla 39. Cálculo de la Atenuación de la ONU más lejana (banda 1550 nm)

Elemento	Cantidad	Unidad	Atenuación (dB)	Atenuación Total (dB)
Conectores	8	U	0.50	4
Empalmes por fusión	7	U	0.10	0.7
FDH (14 Splitters 1x32)	1	U	17.5	17.5
Distancia OLT a FDH	4.3	Km	0.30	1.29
Distancia FDH a NAP	0.89	Km	0.30	0.28
Distancia NAP a ONT	0.025	Km	0.30	0.007
Margen de Seguridad	n/a	n/a	3	3
Atenuación Total				26,77

Fuente: El Autor

El cálculo obtenido en las Tablas 38 y 39 de la atenuación total en la ONU más lejana en cada una de las bandas: ascendente y descendente es menor al valor máximo de pérdidas totales para la clase N1 (29 dB) permitidas en la recomendación ITU-T-G.987.2, en la Tabla 34 se especifica el rango de pérdidas permitidas en la ODN.

b. ONU más cercana

✚ Cálculo para la banda de 1310 -1625 nm:

Tabla 40. Cálculo de la Atenuación de la ONU más cercana (banda 1310 – 1625 nm)

Elemento	Cantidad	Unidad	Atenuación (dB)	Atenuación Total (dB)
Conectores	8	U	0.50	4
Empalmes por fusión	7	U	0.10	0.7
FDH (14 Splitters 1x32)	1	U	17.5	17.5
Distancia OLT a FDH	4.3	Km	0.40	1.72
Distancia FDH a NAP	0.035	Km	0.40	0.014
Distancia NAP a ONT	0.025	Km	0.40	0.01
Margen de Seguridad	n/a	n/a	3	3
Atenuación Total				26,94

Fuente: El Autor

✚ Cálculo para la banda de 1550 nm:

Tabla 41. Cálculo de la Atenuación de la ONU más cercana (banda 1550 nm)

Elemento	Cantidad	Unidad	Atenuación (dB)	Atenuación Total (dB)
Conectores	8	U	0.50	4
Empalmes por fusión	7	U	0.10	0.7
FDH (14 Splitters 1x32)	1	U	17.5	17.5
Distancia OLT a FDH	4.3	Km	0.30	1.29
Distancia FDH a NAP	0.035	Km	0.30	0.010
Distancia NAP a ONT	0.025	Km	0.30	0.007
Margen de Seguridad	n/a	n/a	3	3
Atenuación Total				26,51

Fuente: El Autor

El cálculo obtenido en las Tablas 40 y 41 de la atenuación total en la ONU más cercana en cada una de las bandas: ascendente y descendente es menor al valor máximo de pérdidas totales para la clase N1 (29 dB) permitidas en la recomendación ITU-T-G.987.2, en la Tabla 34 se especifica el rango de pérdidas permitidas en la ODN.

Con la inecuación de balance de óptico se permite determinar si existe el balance correcto de potencias entre la potencia máxima de trasmisión, sensibilidad máxima de recepción y las pérdidas obtenidas a lo largo de la red. Con este cálculo se puede afirmar que tecnología XG-PON con la clase de pérdidas N1 es compatible con la tecnología G-PON con la clase de pérdidas B+ especificadas en la Tabla 34.

Con el valor total de cada una de las Tablas 38, 39, 40, 41 se procede a calcular el balance óptico mediante la ecuación (5), de esta manera se tiene:

- ✚ Cálculo para la banda de 1310 -1625 nm en sentido ascendente, para la la ONU más lejana se obtiene:

$$P_{Rx} = \text{Valor tomado de la Tabla 36}$$

$$P_{Tx} = \text{Valor tomado de la Tabla 36}$$

$$-27.5 \text{ dBm} \leq +7 \text{ dBm} - 27.29 \text{ dB}$$

$$-27.5 \text{ dBm} \leq -20.29 \text{ dBm}$$

- ✚ Cálculo para la banda de 1550 nm en sentido descendente, para la la ONU más lejana se obtiene:

$$P_{Rx} = \text{Valor tomado de la Tabla 35}$$

$$P_{Tx} = \text{Valor tomado de la Tabla 35}$$

$$-28 \text{ dBm} \leq +6 \text{ dBm} - 26.77 \text{ dB}$$

$$-27.5 \text{ dBm} \leq -20.77 \text{ dBm}$$

- ✚ Cálculo para la banda de 1310 -1625 nm en sentido ascendente, para la la ONU más cercana se obtiene:

$$P_{Rx} = \text{Valor tomado de la Tabla 36}$$

$$P_{Tx} = \text{Valor tomado de la Tabla 36}$$

$$-27.5 \text{ dBm} \leq +7 \text{ dBm} - 26.94 \text{ dB}$$

$$-27.5 \text{ dBm} \leq -19.94 \text{ dBm}$$

- ✚ Cálculo para la banda de 1550 nm en sentido descendente, para la la ONU más lejana se obtiene:

$$P_{Rx} = \text{Valor tomado de la Tabla 35}$$

$$P_{Tx} = \text{Valor tomado de la Tabla 35}$$

$$-28 \text{ dBm} \leq +6 \text{ dBm} - 26.51 \text{ dB}$$

$$-27.5 \text{ dBm} \leq -20.51 \text{ dBm}$$

Obtenido el balance óptico para los casos de la ONU más lejana y más cercana, se puede afirmar que los valores obtenidos de pérdidas a lo largo de la ODN no causan ningún problema en la transmisión de los datos, garantizando en el caso del usuario más lejano que la señal pueda ser reconocida y en el caso del usuario más cercano no exista ninguna saturación al detector, es decir, exista una operación adecuada dentro del rango establecido.

3.2.10. Requerimientos y Capacidad de ANCHO DE BANDA

3.2.10.1. Requerimientos

Para el programa de vivienda Ciudad Verde se recomienda servicios de última generación para la red XG-PON, que permita incluir al usuario eficazmente, para eso es necesario realizar el sobredimensionamiento de ancho de banda necesario para cada usuario.

Para la red propuesta se recomienda servicios principales como son: Servicio de Internet, Voz sobre IP y Televisión en alta definición.

a. Servicio de Internet

“La Carta de APC (Asociación para el progreso de las Comunicaciones) sobre derechos en internet establece que todas las personas tienen derecho a acceder a internet. Esto requiere el compromiso de los gobiernos y del mercado y, sobre todo, la participación de los ciudadanos y la sociedad civil. Un acceso asequible, rápido y fácil a internet puede ayudar

a generar sociedades más igualitarias. Puede servir para fortalecer los servicios de educación y salud, el desarrollo económico local, la participación pública, el acceso a la información, la buena gobernanza y la erradicación de la pobreza.” (38)

El ancho de banda en la actualidad para el servicio de Internet se lo dedica más para lo que es Video, es decir, se promueve lo que es Internet TV por algunas empresas nombradas, lo que es GOOGLE, APPLE o SONY lo cual implica un nuevo servicio de última generación.

Dado algunas características para lo que es navegación en Internet se debe contar con un paquete de datos que pueda satisfacer necesidades del usuario como es carga inmediata de carga de video, la descarga en menor tiempo de datos y continuidad del mismo ancho de banda para el usuario final. De esta manera se escogió un paquete de navegación de 3 Mbps de bajada y 1.5 Mbps de subida.

Este paquete de datos permite establecer la navegación eficaz, una carga de video inmediato y una descarga rápida de datos. En la ciudad de Loja, empresas como: CNT EP, NETPLUS, PUNTO NET ofrecen este paquete de navegación y se encuentran en el proceso de cambio de tecnología de par de cobre a fibra óptica en lo que es en plan regenerar urbano de la ciudad.

b. Voz sobre IP

Para la red propuesta se utilizará un códec G.711 por sus características:

- ✚ La elección de la duración del paquete, es dependiente de su ancho de banda y calidad.
- ✚ Una baja duración requiere de más ancho de banda, pero si la duración se incrementa, el retardo del sistema aumenta y es más susceptible a la pérdida de paquetes.
- ✚ Tiempo de trama $T_t=0.125$ ms
- ✚ Duración de paquete= 20 ms
- ✚ Bloqueo 1%
- ✚ Ancho de banda de 95,2 Kbps simétricos.

c. Televisión en Alta Definición.

Ecuador ha optado por lo que es televisión digital con el estándar ISDTB-Tb (Japonés-Brasileño), por cuanto se considera en el diseño de la red propuesta el estándar MPEG-4 para el códec de video.

El Estándar MPEG-4 es el más reciente con respecto a compresión de video y es el que más ha tomado impulso para la transmisión de video de manera eficiente, manteniendo calidad.

Tabla 42. Tasa de Datos requerida por MPEG-4

Tipo de Video	Capacidad (Mbps)
SDTV	1,5
HDTV	8

Fuente: (39)

En la Tabla 43 se resume el ancho de banda para cada servicio propuesto y el ancho de banda total por usuario para la red del programa de vivienda Ciudad Verde.

Tabla 43. Capacidad por Abonado

Servicio	Downstream (Mbps)	Upstream (Mbps)
Servicio de Internet	3	1.5
Voz sobre Ip	0.095	0.095
Televisión en Alta Definición	8	-
TOTAL	11.095 Mbps	1.595 Mbps

Fuente: (39)

3.2.10.2. Capacidad de ANCHO DE BANDA

Para el cálculo total de la capacidad de ancho de banda de la red se debe considerar por abonado 11.095 Mbps mínimo en downstream y 1.595 Mbps en upstream, tal como se indica en la Tabla 43.

10G-PON tiene la capacidad de 10 Gbps en downstream y 2.5 Gbps en upstream, por puerto en PON en la tarjeta de la OLT, y cada puerto soporta de 32, 64 y 128 abonados, en el caso propuesto para el proyecto de titulación la relación por cada puerto PON es de 32 abonados, entonces tenemos una capacidad de 312.5 Mbps en downstream y 78.125 Mbps en upstream por cada abonado.

Por lo tanto la tecnología XG-PON propuesta para el diseño de la red para el programa de vivienda Ciudad Verde si puede soportar las capacidades mínimas por abonado de la red.

a. Cálculo con el 100% de ocupación

$$\text{Downstream} \rightarrow 340 \text{ usuarios} * 11.095 \text{ Mbps} = 3.7729 \text{ Gbps}$$

$$\text{Upstream} \rightarrow 340 \text{ usuarios} * 1.595 \text{ Mbps} = 542.3 \text{ Mbps}$$

Cabe mencionar que el cálculo con el 100% de la red de ocupación es de manera concurrente, más en la práctica se reducirán a un 85% aproximadamente, debido a que los usuarios acceden de manera simultáneamente y no acceden de manera sincronizada a todos los servicios.

En la ciudad de Loja, luego de realizar entrevistas al personal técnico de algunos ISPs, se afirmó que los servicios de mayor demanda de ancho de banda en hora pico son el Servicio de Internet y el Servicio de Televisión. En hora pico el servicio de televisión tiene un porcentaje de 90%, mientras que el Servicio de Internet tiene un porcentaje de 85%, por lo que se opta para el diseño de la red tomar el porcentaje de ocupación más alto.

b. Cálculo con el 85%

$$\text{Downstream Total} \rightarrow 3.7729 \text{ Gbps} * 90\% = 3.3956 \text{ Gbps}$$

$$\text{Upstream Total} \rightarrow 542.3 \text{ Mbps} * 90\% = 488.07 \text{ Mbps}$$

Con el cálculo total máximo de ancho de banda para prestar los servicios propuestos, se puede confrontar que la red tiene gran índice de escalabilidad y flexibilidad para poder ofrecer un crecimiento de abonados, terminales y demanda de servicios nuevos.

Cabe mencionar esta cálculo de ancho banda está destinado a la fase 1 del programa de vivienda Ciudad Verde, con la capacidad de la red permite dar paso al crecimiento y expansión del programa de vivienda con sus respectivas fases 2 y 3 que están en proceso de confirmación de números de propietarios.

4. EQUIPAMIENTO Y CÁLCULO DEL PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LA RED

En este capítulo se analiza la elección de un equipamiento activo como pasivo que esté acorde a los requerimientos ya presentados anteriormente para la red del programa de vivienda Ciudad Verde.

Además se realizara un presupuesto referencial tomando en cuenta los parámetros de la red propuesta. Para realizar este presupuesto referencial se toma los rubros del material y mano de obra de toda la ODN de la red y equipamiento activos.

4.1. Equipos ACTIVOS

Para el diseño de la red propuesta se realiza una comparación técnica del equipamiento activo de un solo fabricante para la OLT y ONU. Los equipos a tomar son de marca Huawei, ya que presenta características prescindibles en todos sus equipos.

4.1.1. OLT

Huawei en su faceta de fabricante de equipos de transmisión para las operadoras presenta OLT's con serie SmartAX de características significativas con el estándar de la tecnología XG-PON.

“Los SmartAX MA5600T, MA5603T y MA5608T son productos de acceso óptico integrados de la Red Óptica Pasiva Gigabit (GPON).

Esta serie cuenta con el primer terminal de línea óptica (OLT) de agregación de la industria; integra capacidades ultra elevadas de agregación y conmutación, admite una capacidad de panel de interconexión posterior de 3,2 T, una capacidad de conmutación de 960 G, 512 000 direcciones MAC y un máximo de 44 canales de acceso 10 GE o 768 puertos GE.

Disminuye los costes de operación y mantenimiento gracias a versiones de software para los tres modelos que son totalmente compatibles con tarjetas de servicio, y reduce las cantidades de stock requeridas para los repuestos.” (46)

4.1.1.1. Características

- ✚ “Alta fiabilidad: Redundancia inmediata de clústeres de dos nodos de OLT, recuperación ante desastres (DR) remota, actualización sin pérdida de datos, calidad del servicio (QoS) y diseño de alta fiabilidad de extremo a extremo (E2E).
- ✚ Múltiples métodos de acceso: Incluye acceso de línea privada E1, TDM nativa y acceso de usuarios a IPTV no convergente.
- ✚ Evolución simple: Las redes GPON, PON 10 G y PON 40 G comparten una misma plataforma, lo que permite una evolución sin inconvenientes y la compatibilidad con el acceso de banda ultra-ancha.
- ✚ Doble pila IPv4/IPv6.
- ✚ Diseño ecológico con eficiencia energética: Apaga automáticamente cualquier tarjeta inactiva, cuenta con ajuste inteligente de la velocidad del ventilador y reduce el consumo de energía de las tarjetas inactivas de manera eficaz.” (46)

En la siguiente Tabla 44 se presentan las especificaciones de la serie SmartAX MA5600T de Huawei:

Tabla 44. Serie SmartAX MA5600T de Huawei

ESPECIFICACIONES			
Especificaciones	MA5600T	MA5603T	MA5608T
Dimensiones (altura x ancho x profundidad)	447 mm x 490 mm x 275,8 mm	263 mm x 442 mm x 283,2 mm	88 mm x 442 mm x 233,5 mm
Entorno operativo	-25 °C a +55 °C 5 % a 95 % de humedad relativa	-40 °C a +65 °C 5 % a 95 % de humedad relativa	-40 °C a +65 °C 5 % a 95 % de humedad relativa
Alimentación	Entrada de alimentación de -48 VCC Protección del suministro de energía doble Rango de voltaje de operación de -38,4	Entrada de alimentación de -48 VCC Protección del suministro de energía doble Rango de voltaje de operación de -38,4	Entrada de alimentación de -48 VCC Protección del suministro de energía doble Rango de voltaje de operación de -38,4

	V a -72 V	V a -72 V	V a -72 V
Capacidad de conmutación: Bus del panel de interconexión posterior	3,2 Tbit/s	1,5 Tbit/s	720 Gbit/s
Capacidad de conmutación: Tarjeta de control	1920 Gbit/s	960 Gbit/s	512 Gbit/s
Capacidad de acceso	64 x GPON 10 G 256 x GPON 768 x GE	24 x GPON 10 G 96 x GPON 288 x GE	8 x GPON 10 G 32 x GPON 96 x GE
Tipo de puerto	Puertos de enlace ascendente: Puertos ópticos 10 GE y puertos ópticos/eléctricos GE Puertos de servicio: Puerto óptico GPON, puerto óptico FE punto a punto, puerto óptico GE punto a punto y puerto óptico Ethernet		
Rendimiento del sistema	Transmisión a velocidad de línea de capa 2/capa 3 Ruta estática, RIP, OSPF y MPLS Esquemas de sincronización de reloj: BITS, E1, STM-1, sincronización del reloj Ethernet, 1588v2 y 1PPS + ToD Relación de separación máxima de 1:256 Distancia lógica máxima entre dispositivos: 60 km		

Fuente: (46)

Una vez conocidas las características y especificaciones del fabricante Huawei para el equipo de transmisión, se eligió la OLT MA5603T Fig. 39, por sus capacidades y cumple con todos los requerimientos para la red propuesta del programa de vivienda Ciudad Verde.

En el Anexo 3 se encuentra la hoja de datos de la OLT elegida para la consulta de cualquier información.

A continuación en la Tabla 45 se presenta el prepuesto referencial obtenido de Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited para este equipo activo:



Fig. 39: MA5603T de Huawei

Fuente: (46)



Fig. 40: SFP 10G GPON OLT PPE-XG-N1

Fuente: (47)

Tabla 45. Presupuesto Referencial de la OLT

PRESUPUESTO OLT				
Item	Equipo	Cantidad	Valor Unitario	Precio TOTAL
1	HUAWEI OLT, MA5680T, without GPON card	1	US \$2.200,00	\$2.200,00
2	SFP 10G GPON OLT PPE-XG-N1	11	US \$500,00	\$5.500,00
SUBTOTAL				\$7.700,00

Fuente: Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited

4.1.2. ONT

Huawei en su faceta de fabricante de equipos terminales para usuarios de redes FTTH presenta ONT's con serie EchoLife HG de características significativas.

“Los terminales de red óptica (ONT) de la serie EchoLife HG son dispositivos del lado del usuario en las soluciones FTTH (fibra hasta la vivienda) de Huawei; soportan el acceso a banda ultraancha para usuarios residenciales o pequeñas empresas que utilizan tecnologías GPON y XGPON.

Los ONT de la serie EchoLife HG poseen puertos POTS y puertos Ethernet de negociación automática FE/GE, lo que permite contar con capacidades de transmisión de alto rendimiento.

Optimice los servicios con garantía a futuro a través de los ONT de la serie EchoLife HG de Huawei, que incluyen tres categorías principales: puente, puente + voz y gateway.” (46)

4.1.2.1. Características

- ✚ “Plug and Play: Las configuraciones son automáticamente enviadas por el sistema de gestión de red, por lo que no se requiere el comisionamiento en el sitio.
- ✚ Diagnóstico remoto: Los puertos POTS soportan pruebas de circuito en bucle y pruebas de simulación de llamadas, lo que permite implementar la localización remota de fallas. Soporta actualizaciones remotas por lotes y se pueden actualizar hasta 2000 dispositivos por hora.
- ✚ Monitoreo de enlaces: Las funciones de OAM Ethernet basadas en la norma IEEE 802.1ag implementan la detección de enlaces de extremo a extremo (E2E) y el aislamiento de redes.
- ✚ Energía: Los chips SOC cuentan con capacidades de alta integración. Cada chip integra módulos de PON, voz, gateway y LSW, con un 25 % de ahorro de energía.”

En la siguiente Tabla 46 se presentan las especificaciones de la serie EchoLife HG de Huawei:

Tabla 46. Serie EchoLife HG de Huawei

ESPECIFICACIONES				
Especificaciones	HG863	HG8240	HG8242	HG8447
Dimensiones (altura x ancho x profundidad)	180mm×135mm×30mm	195mm×155mm×34mm	268mm×213mm×34mm	268mm×213mm×34mm
Puertos del lado de la red	GPON	GPON	GPON	GPON
Puertos del lado del usuario	4GE	4GE+2POTS	4GE+2POTS+1RF	4GE+4POTS+1RF+WiFi+1USB

Fuente: (46)

Una vez conocidas las características y especificaciones del fabricante Huawei para el equipo de recepción, se eligió la ONT HG8447 Fig. 41 y 42, por sus capacidades y cumple con todos los requerimientos para la red propuesta del programa de vivienda Ciudad Verde.

En el Anexo 3 se encuentra la hoja de datos de la ONT elegida para la consulta de cualquier información.

A continuación en la Tabla 47 se presenta el prepuesto referencial obtenido de Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited para este equipo activo:



Fig. 41: Puertos y botones en el panel trasero de la HG8447

Fuente: (48)



Fig. 42: Puertos y botones de la cubierta lateral de la HG8447

Fuente: (48)

Tabla 47. Presupuesto Referencial de la ONT

PRESUPUESTO ONT				
Item	Equipo	Cantidad	Valor Unitario	Precio TOTAL
1	HUAWEL, EchoLife HG8447 GPON Terminal	340	US \$225,00	\$76.500,00
SUBTOTAL				\$76.500,00

Fuente: Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited

4.1.3. Presupuesto Referencial Equipos Activos

Los precios presentados por el Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited corresponden a valores sin IVA, costo de importación, por lo tanto estos valores presentados se les debe atribuir: IVA (12%), impuesto de salida de divisas ISD (5%), valor de salvaguardas (15%), seguro (2%), FODINFA (0,5%), Arancel (20%), coste de envío (13%).

Tabla 48. Presupuesto Referencial para el equipamiento Activo de la red propuesta para el programa de vivienda Ciudad Verde

PRESUPUESTO EQUIPOS ACTIVOS				
Item	Equipo	Cantidad	Valor Unitario	Precio TOTAL
1	HUAWEI OLT, MA5680T, without GPON card	1	US \$2.200,00	\$2.200,00
2	SFP 10G GPON OLT PPE-XG-N1	11	US \$500,00	\$5.500,00
3	HUAWEI, EchoLife HG8447 GPON Terminal	340	US \$225,00	\$76.500,00
SUBTOTAL				\$84.200,00
IMPORTACIÓN (67.5%)				\$56.835,00
TOTAL				\$141.035,00

Fuente: El Autor

4.2. Equipos PASIVOS

Para el equipamiento del diseño de la red pasiva va a tomar en cuenta equipamiento de algunos fabricantes que estén acorde a los requerimientos de la red propuesta.

4.2.1. ODF

Huawei en su faceta de fabricante de equipos de interconexión de los equipos transmisión y la red de transmisión óptica presenta la ODF con serie GPX147-GRP-48^a Fig. 43 y 44, cumple con el abastecimiento del cable feeder de la troncal hacia el armario propuesto ubicado en el programa de vivienda Ciudad Verde.

La ODF (Marco de distribución óptica de fibra) se utiliza para la conexión y el parcheo de cables ópticos de la interfaz entre la red de transmisión óptica y equipos de transmisión óptica y entre cables ópticos en la red de acceso de abonados de fibra óptica.

4.2.1.1. Características

- ✚ Ensanchar el espacio de trabajo.
- ✚ Panel de distribución individual de trabajo eficiente
- ✚ Las placas son acero y aleación de aluminio
- ✚ Adecuado para inserción de instalación de SC FC ST y el adaptador LC
- ✚ Las cubiertas delanteras y traseras se pueden abrir, para comodidad de la fibra de conexión, la supervisión y el mantenimiento
- ✚ 12 núcleos de empalme de fusión y el Módulo de Distribución
- ✚ Puntos de instalación del adaptador y fusión de empalme fijadas en el módulo
- ✚ Disponible para la cinta y cables comunes.
- ✚ Empalme y distribución de fusión se pueden operar en el mismo panel de trabajo.
- ✚ Instalación del adaptador adecuado sencillo de hacerlo.

En la siguiente Tabla 49 se presentan las especificaciones de la ODF con serie GPX147-GRP-48A.

Tabla 49. ODF con serie GPX147-GRP-48A

ESPECIFICACIONES	
Radio mínimo de curvatura	≥30mm
Pérdida de inserción	PC≤0.35dB; UPC≤0.35dB; APC≤0.45dB
Pérdida de retorno	PC≥40dB; UPC≥50dB; APC≥60dB
Durabilidad Intercambio	> 1000 veces
Tensión de rigidez dieléctrica	≥1 × 103MΩ / 500V DC
Temperatura de funcionamiento	-10 °C ~ + 45 °C
Temperatura de almacenamiento	-40 °C ~ + 65 °C
Humedad de funcionamiento	≤85% (+ 30 °C)
Presión atmosférica	70 kPa ~ 106kPa

Fuente: (46)



Fig. 43: GPX147-GRP-48A

Fuente: (49)



Fig. 44: 48 Núcleo laminado en frío Odf óptica fibra de acero, SC conector óptico Patch Panel ODF

Fuente: (49)

En el Anexo 3 se encuentra la hoja de datos de la ODF elegida para la consulta de cualquier información.

A continuación en la Tabla 50 se presenta el presupuesto referencial obtenido de Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited para este equipo pasivo:

Tabla 50. Presupuesto Referencial de la ODF

PRESUPUESTO ODF				
Item	Equipo	Cantidad	Valor Unitario	Precio TOTAL
1	HUAWEI, ODF GPX147-GRP-48A	1	US \$300,00	\$300,00
SUBTOTAL				\$300,00

Fuente: Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited

4.2.2. SPLITTER 1:32

Huawei en su faceta de fabricante de equipos con un nivel de splitteo presenta el SPLITTER con serie SPL9101 Fig. 45 y SPL1202-1U Fig. 46, cumple con el nivel de atenuación requerida para la red y con el nivel de splitteo seleccionado para cada puerto PON.

Un Splitter es un equipo pasivo para conectar el terminal de línea óptica y la unidad de red óptica, su función es la de distribuir los datos de enlace descendente e integrar los datos de enlace ascendente.

4.2.2.1. Características

- ✚ Tamaño pequeño con gran capacidad, cumple con el requisito de la construcción de la red flexible.
- ✚ Diseño modular y mismo tamaño para diferente división de radio.
- ✚ Con diferentes coletas de color como entradas (verde) y salidas (amarillo) de división fácil de identificar.
- ✚ Fácil operación y mantenimiento sin necesidad de herramientas
- ✚ Adaptador de alimentación diferente como SC / APC, SC / UPC, FC / UPC, LC / APC y LC / UPC
- ✚ Los despliegues de FTTx (GPON / BPON / EPON/XGPON)
- ✚ CCTV Enlaces / CATV
- ✚ Acceso / Redes Metro

En la siguiente Tabla 51 se presentan las especificaciones de los Splitter's con serie SPL9101 y SPL1202-1U.

Tabla 51. SPLITTER con serie SPL9101 y SPL1202-1U.

ESPECIFICACIONES							
Longitud de onda de funcionamiento (nm)	Recomendación ITU-T G.984 G.987						
Tipo de fibra	G652 D, G657A1,A2						
Configuración del puerto	1x2	1x4	1x8	1x16	1x32	1x64	1x128

Pérdida de inserción (dB)	3,8 / 4,0	7.1 / 7.3	10.2 / 10.5	13.5 / 13.7	16.5 / 16.9	20.5 / 21.0	23.8 / 24.2
Pérdida de Uniformidad (dB)	0.4	0.6	0.8	1.2	1.5	2.0	2.5
Polarización Pérdida Dependiente (dB)	0.2	0.2	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4
Longitud de onda Pérdida dependiente (dB)	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5
Temperatura Pérdida Dependiente (-40 ~ 85) (dB)	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5
Pérdida de Retorno (dB)	55/50						
Temperatura De Funcionamiento	-40 + 85						
Directividad (dB)	≥ 55						
Temperatura De Almacenamiento	-40 ~ + 85						

Fuente: (46)



Fig. 45: SPL9101, 1x32 óptico PLC Splitter ABS Caja Tipo Con SC / APC / UPC Conector

Fuente: (49)



Fig. 46: SPL1202-1U, 1x32 óptico PLC Splitter ABS Caja Tipo Con SC / APC / UPC Conector (with protection)

Fuente: (49)

En el Anexo 3 se encuentra la hoja de datos del Splitter elegido para la consulta de cualquier información.

A continuación en la Tabla 52 y 53 se presenta el presupuesto referencial obtenido de Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited para este equipo pasivo:

Tabla 52. Presupuesto Referencial del SPLITTER SPL9101

PRESUPUESTO SPLITTER SPL9101				
Item	Equipo	Cantidad	Valor Unitario	Precio TOTAL
1	HUAWEI splitter, SPL9101	14	US \$233,00	\$3.262,00
SUBTOTAL				\$3.262,00

Fuente: Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited

Tabla 53. Presupuesto Referencial del SPLITTER SPL1202-1U.

PRESUPUESTO SPLITTER SPL1202-1U.				
Item	Equipo	Cantidad	Valor Unitario	Precio TOTAL
1	HUAWEI splitter, SPL1202-1U.	14	US \$300,00	\$4.200,00
SUBTOTAL				\$4.200,00

Fuente: Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited

Se eligió el SPLITTER SPL9101 por su cómodo precio y al momento de instalarlo ira en la bandeja proporcionada del armario FDH.

4.2.3. GABINETE EXTERNO (FDH)

Huawei en su faceta de fabricante de equipos terminales de la red troncal para la red la distribución hacia el usuario final presenta el FDH con serie FDT2101D-480 Fig. 47, cumple con la capacidad máxima de usuarios de la red del programa de vivienda Ciudad Verde.

El FDT o FDH (Terminal de Distribución de Fibra) se utiliza para lograr la conexión y el acceso de cable óptico. Su utilización es para el punto de cruz-conexión óptica entre la red óptica de transmisión, equipos de transmisión óptica y red de acceso para los suscriptores de fibra.

4.2.3.1. Características

- ✚ Diseño razonable
- ✚ Ruta clara con el diseño de la división.
- ✚ Satisfacer el requisito de baja permeabilidad del cliente
- ✚ Rendimiento fiable
- ✚ El gabinete tiene dispositivos fiables de fijación, de puesta a tierra, el almacenamiento y la protección de cables ópticos.
- ✚ La cerradura de la puerta cuenta con un rendimiento a prueba de robos fiable.
- ✚ El cuerpo del gabinete utiliza los materiales de SMC para asegurar un buen aislamiento térmico, anticorrosivo, rendimiento de la luz.
- ✚ Configuración flexible y fácil operación.
- ✚ El módulo de adoptar la estructura modular y son muy fáciles de operar y mantener.

En la siguiente Tabla 54 se presentan las especificaciones del gabinete con serie FDT2101D-480.

Tabla 54. FDT2101D-480

ESPECIFICACIONES	
Modelo	GXF147-FDT 2101D
Capacidad de rescisión	Máximo de rescisión es de 480 núcleos
Capacidad y tipo de divisor	Máximo de divisor es 448 núcleos de divisor Montada-Rock SPL1202
Dimensiones (HxWxD) mm	1560mm × 1455mm × 360mm (Incluya base)
Tipo y precisión de adaptador	SC / APC-SC / APC; SC / PC-SC / PC; 2LC / APC-2LC / APC ; 2LC / PC-2LC / PC; FC-FC
Peso neto	174kg
Material	SMC material
Color	Huawei Gray (RAL703)
Instalación	Instalar en la Tierra

Proteja clase	IP65
La pérdida de inserción del adaptador	$UPC \leq 0.2\text{dB}$; $APC \leq 0.2\text{dB}$
Pérdida de retorno Adapter	$UPC \geq 50\text{dB}$; $APC \geq 60\text{dB}$
Durabilidad reseating	> 500 veces
Impedancia de aislamiento	$\geq 2 \times 10^4 \text{ m}\Omega$ / 500 V DC (entre el dispositivo de conexión a tierra y la parte metálica del cuerpo del gabinete)
Voltaje de ruptura	$\geq 3000 \text{ V DC}$ / min (entre el dispositivo de conexión a tierra y la parte metálica del cuerpo del gabinete)
Resistencia mecánica	Presión vertical soportar de cada superficie > 980 N presión vertical soportar de parte más exterior del gabinete con la puerta abierta > 200 N

Fuente: (46)



Fig. 47: FDT2101D-480

Fuente: (49)

En el Anexo 3 se encuentra la hoja de datos del Gabinete elegido para la consulta de cualquier información.

A continuación en la Tabla 55 se presenta el presupuesto referencial obtenido de Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited para este equipo pasivo:

Tabla 55. Presupuesto Referencial del FDT2101D-480

PRESUPUESTO FDT2101D-480				
Item	Equipo	Cantidad	Valor Unitario	Precio TOTAL
1	HUAWEI, Outdoor cabinet, FDT2101D-480	1	US \$900,00	\$900,00
SUBTOTAL				\$900,00

Fuente: Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited

4.2.4. MANGAS DE EMPALME Y SANGRADO ÓPTICO

Tecnored SA posee gran experiencia en el diseño e implementación de redes de Fibra Optica, desde enlaces punto a punto, hasta redes FTTH / GePON. Este proveedor tiene en sección de accesorios para redes de fibra óptica la Caja de Empalme AD-Net 2in 2out Fig. 48, la cual cumple con el requerimiento de empalme y sangrado para la red de distribución propuesta para el programa de vivienda Ciudad Verde.

Manga o Caja de empalme y sangrado outdoor de fibra óptica, permite proteger y realizar derivaciones para cumplir con la distribución correcta del feeder de distribución hacia cada una de las NAP's.

4.2.4.1. Características

- ✚ Diseño de estructura interna avanzado.
- ✚ Espacio para 12, 24, 36, 45, 60 hasta 96 fusiones.
- ✚ La cubierta esta de alta calidad ABS, compacta y liviana
- ✚ Resistencia a los rayos, erosión, etc.
- ✚ Diseño lógico, estructura resistente al agua, fácil instalación.
- ✚ Fácil de abrir, no requiere kits para abrirla de nuevo una vez cerrada.
- ✚ Sistema de protección técnico para los ojos
- ✚ Elástica instalación, fácil de sellar para las actualizaciones de capacidad en el futuro y volver a abrir.

- ✚ Placas de inserción y tornillos de fijación se utilizan para la fijación de cierre
- ✚ Dimensión exterior (LxWxH): 435X190X120

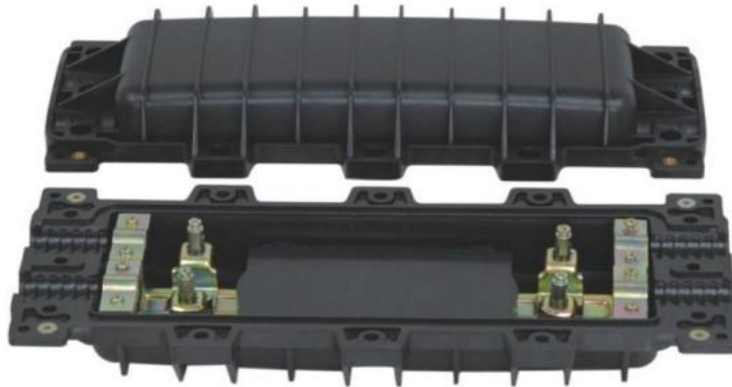


Fig. 48: Caja de Empalme-Sangrado AD-Net 2in 2out

Fuente: (50)

En el Anexo 3 se encuentra la hoja de datos de la Manga elegida para la consulta de cualquier información.

A continuación en la Tabla 56 se presenta el presupuesto referencial obtenido de Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited para este equipo pasivo:

Tabla 56. Presupuesto Referencial de la Caja de Empalme-Sangrado AD-Net 2in 2out

PRESUPUESTO Caja de Empalme-Sangrado AD-Net 2in 2out				
Item	Equipo	Cantidad	Valor Unitario	Precio TOTAL
1	Caja de Empalme AD-Net 2in 2out	23	US \$220,00	\$5.060,00
SUBTOTAL				\$5.060,00

Fuente: Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited

4.2.5. CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA DE EMPALMES (NAP)

El Conjunto de Empalmes Óptico FK-CTO-16MC desarrollado por la FURUKAWA es un producto versátil que posibilita el uso tanto del sistema de empalmes como de conectorización.

La Caja de Terminación Óptica FK-CTO-16MC Fig. 49, tiene la finalidad de almacenar y proteger los empalmes ópticos por fusión entre el cable de distribución y los drops de una red óptica de terminación. También proporciona la gestión y el almacenamiento de los adaptadores ópticos para salidas conectorizadas.

4.2.5.1. Características

- ✚ Presenta resistencia a corrosión y envejecimiento, y protección ultravioleta, además de protección adecuada contra polvo y chorros de agua fuertes.
- ✚ Permite la instalación en fachadas de edificios, paredes o postes, o canalización en pozos de mano o de revisión.
- ✚ Es una caja de terminación versátil que posibilita el uso tanto del sistema de empalmes como de conectorización;
- ✚ Cierre y sellado de la caja por sistema mecánico optimizado que utiliza sólo grommets, que aumenta la velocidad de instalación-
- ✚ Su puerto oval con 4 orificios permite la sagria del mismo y/o su derivación.
- ✚ Posibilidad de cierre con candado, que aumenta la seguridad.
- ✚ Posee sistema de reserva de tubos "loose", y sistema de acomodación, almacenamiento, encaminamiento y protección de fibras en ambiente separado de los cables drop.

En la siguiente Tabla 57 se presentan las especificaciones de la NAP FK-CTO-16MC:

Tabla 57. FK-CTO-16MC

ESPECIFICACIONES	
Dimensiones	300 (alto) x 220 (ancho) x 100 (profundidad) mm
Material del cuerpo	Termoplástico reforzado
Color	Negro
Peso	2,0 kg

Arreglos en las bandejas para fusión o conectorización	salidas de 4 cables drop salidas de 8 cables drop salidas de 12 cables drop salidas de 16 cables drop
Diámetro del cable de distribución	2 orificios para cables de 5 a 7,6 mm 2 orificios para cables de 7,6 a 15 mm
Dimensionales de los cables drop	Cables Circulares: 16 cables de 4,5 hasta 5,3 mm Cables Flat: 16 cables de 2,0 x 3,0 mm

Fuente: (51)



Fig. 49: FK-CTO-16MC

Fuente: (51)

En el Anexo 3 se encuentra la hoja de datos de la NAP elegida para la consulta de cualquier información.

A continuación en la Tabla 58 se presenta el presupuesto referencial obtenido de Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited para este equipo pasivo:

Tabla 58. Presupuesto Referencial de la NAP FK-CTO-16MC

PRESUPUESTO de la NAP FK-CTO-16MC				
Item	Equipo	Cantidad	Valor Unitario	Precio TOTAL
1	NAP, CTO-16MC-4Drops	5	US \$150,00	\$1.200,00
2	NAP, CTO-16MC-8Drops	25	US \$200,00	\$5.000,00
3	NAP, CTO-16MC-12Drops	8	US \$250,00	\$2.000,00
SUBTOTAL				\$8.200,00

Fuente: Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited

4.2.6. CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA DE PISO O CAJA DE DERIVACIÓN (FDF)

Giko Group Telecomunicaciones como actividad principal es el diseño, producción y distribución de productos y soluciones para el mercado de las Telecomunicaciones.

GIKO presenta la Caja de Derivación en Planta para interior (con adaptadores en el interior de la caja) de 8 abonados para uso en edificios Fig. 50, es parte de la nueva línea de productos para FTTH.

Está concebida para realizar la derivación de cables verticales en el interior de edificaciones.

4.2.6.1. Características

- ✚ Garantiza mecánicamente el enrutado y la gestión de fibra G657 optimizando frente a curvaturas (se garantiza $r > 20\text{mm}$ en todos los puntos del recorrido de fibra)
- ✚ Dispone de dos entradas / salidas en paso para cable vertical (tipo RISER) de 7 hasta 10mm. Entradas “en paso” y “a tapón”.
- ✚ Almacenamiento para micromódulos de diámetro 1.1mm de los cables verticales, permitiendo almacenar hasta 7 micromódulos de longitud 1.5m.

- ✚ Dos bandejas porta-empalmes independientes y abisagradas que permiten almacenar 12 empalmes de fusión (24 a doble capa). Apta para cambios de sección de cable vertical de hasta 48 FO.
- ✚ Presenta en la base el panel para 8 adaptadores SC abatibles individualmente para facilitar el acceso al operario.
- ✚ El acceso al interior de la caja está separado en dos partes, la parte del instalador y la parte de altas de cliente. El acceso a la parte de altas de cliente queda protegido por una tapa abatible de fácil manipulación.

En la siguiente Tabla 59 se presentan las especificaciones de la CDP PRECON - 8 ABONADOS:

Tabla 59. CDP PRECON - 8 ABONADOS

ESPECIFICACIONES	
Largo (mm)	212
Ancho (mm)	126
Alto (mm)	50
Fusiones máx.	24 (48 doble capa)
Entradas / Salidas de cable vertical	2 inferiores y 2 superiores para cable de hasta 10 mm permitiendo entrada de cable "a tapón"
Entradas/Salidas de cable vertical	8 puertos para acometidas (hasta 5mm o cable plano)
Capacidad adaptadores	Hasta 8 tipo sc – aéreo
Gestión curvatura	G657 (r>20 mm)
Material	ABS V0 según norma UL94
Color	Blanco (variable)
Fijación	Mural, Interior de Edificios

Fuente: (52)



Fig. 50: CDP PRECON - 8 ABONADOS

Fuente: (52)

En el Anexo 3 se encuentra la hoja de datos de la FDF elegida para la consulta de cualquier información.

A continuación en la Tabla 60 se presenta el presupuesto referencial obtenido de Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited para este equipo pasivo:

Tabla 60. Presupuesto Referencial CDP PRECON - 8 ABONADOS

PRESUPUESTO de la CDP PRECON - 8 ABONADOS				
Item	Equipo	Cantidad	Valor Unitario	Precio TOTAL
1	CAJA DE PISO-8PORTS	15	US \$250,00	\$3.750,00
SUBTOTAL				\$3.750,00

Fuente: Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited

4.2.7. ROSETA ÓPTICA

ANTARES sistemas ofrece atención exclusiva a los profesionales de diferentes segmentos del sector de Telecomunicaciones y con clientes activos a nivel de su región.

ANTARES sistemas presenta Rosetas de terminación de Red en su catálogo de venta la nueva roseta óptica OptiPoint u OPT, la cual está a la par del requerimiento de nuestra para red para el usuario final.

La nueva roseta óptica OptiPoint u OPT Fig. 51, se utiliza en la vivienda del abonado como punto de conexión de terminación de red.

4.2.7.1. Características

- ✚ Permite asegurar el enlace hasta los equipos de recepción del cliente. Además de gestionar también protege la fibra de final de línea.
- ✚ Su versatilidad permite instalarla sobre la pared o sobre un carril DIN. La base se fija a la pared mediante tornillos. En su entrada se fija el cable óptico y asegura a su vez el enrutamiento de las fibras ópticas, así como el montaje de los adaptadores ópticos.

En la siguiente Tabla 61 se presentan las especificaciones de la roseta óptica OptiPoint u OPT:

Tabla 61. Roseta Óptica OptiPoint u OPT

ESPECIFICACIONES	
Modelo	L\OPT-XXY
Dimensiones	106,5 x 82,5 x 23,8
Configuración	Roseta óptica hasta 4 FO. 2 fibras a adaptador SC
Adaptadores	Con 2 adaptadores SC/APC Con 2 adaptadores SC/APC + 2 pigtaills APC

Fuente: (53)



Fig. 51: L\OPT-XXY

Fuente: (53)

En el Anexo 3 se encuentra la hoja de datos de la ROSETA ÓPTICA elegida para la consulta de cualquier información.

A continuación en la Tabla 62 se presenta el presupuesto referencial obtenido de Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited para este equipo pasivo:

Tabla 62. Presupuesto Referencial de la Roseta Óptica OptiPoint u OPT

PRESUPUESTO de la CDP PRECON - 8 ABONADOS				
Item	Equipo	Cantidad	Valor Unitario	Precio TOTAL
1	CAJA TERMINAL, L\OPT-XXY	340	US \$40,00	\$13.600,00
SUBTOTAL				\$13.600,00

Fuente: Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited





4.2.8. CABLES

4.2.8.1. CABLE G.652.D

Sigma Network es una empresa dedicada a la fabricación, suministro e instalación de cables de fibra óptica y productos para las comunicaciones y el transporte de energía.

Sigma Network presenta la más amplia gama de cables de fibra óptica para todo tipo de aplicaciones. En su catálogo de estructura homologada da a conocer sus cables para instalaciones mayoritariamente exteriores y entornos agresivos, de los cuales presenta el Cable multitubo exterior / interior armado con acero corrugado Fig. 52, el cual cumple con los requerimientos de soterramiento y como medio de transporte para la red de distribución.

a. Características

-  Apropriado para medios agresivos.
-  Apto para enterrar directamente o por canalización.
-  Apto para distribución desde redes troncales.
-  Protección antirroedores.

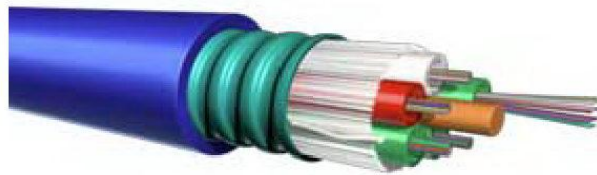


Fig. 52: Cable multitubo exterior/interior armado con acero corrugado

Fuente: (54)

En el Anexo 3 se encuentra la hoja de datos del cable G.652.D elegido para la consulta de cualquier información.

A continuación en la Tabla 63 se presenta el presupuesto referencial obtenido de Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited para este equipo pasivo:

Tabla 63. Presupuesto Referencial del Cable multitubo exterior/interior armado con acero corrugado

PRESUPUESTO Cable Multitubo Exterior/Interior armado con acero corrugado				
Item	Equipo	Cantidad	Valor Unitario	Precio TOTAL
1	Cable G.652.D exterior, FEEDER DE DISTRIBUCIÓN BOBINA DE 2000 metros 0.45 ctvs. x metro	4 bobinas	US \$900,00	\$3.600,00
SUBTOTAL				\$3.600,00

Fuente: Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited

4.2.8.2. CABLE G.657

ACE es un proveedor certificado que garantiza su diseño en redes FTTx pasivos. Como concepto total de ACE ofrece el mercado de banda ancha una nueva visión en la construcción de redes de fibra óptica. ACE no consiste sólo de productos, sino que también garantiza la compatibilidad entre los diferentes componentes y ofrece soluciones completas, pasivos.

a. CABLE G.657.A1 exterior

Los cables de fibra óptica al aire libre de la ECA están disponibles desde un número bajo de hilos un conteo muy alta de fibra, en todos los tipos como cable suelto tubo (LTC), mini cable de tubo holgado (LTMC) y el cable de tubo central (CTC). Ofrece soluciones para sistemas de conductos, cables de enterramiento directo y una amplia gama de cables aéreos autoportantes. Además los cables cumplen con todas las solicitudes de diversas situaciones ambientales como la protección de los roedores y el alambre de acero blindado.

Ace presenta en su catálogo de cables, en la sección de aire libre específica la fibra 75098 DAC 2x SM G.657.A1 Fig. 53, la cual cumple con los requerimientos para el servicio y trato mismo de la fibra.

En la siguiente Tabla 64 se presentan las especificaciones de la fibra 75098 DAC 2x SM G.657.A1:

Tabla 64. Fibra 75098 DAC 2x SM G.657.A1

ESPECIFICACIONES	
Tipo de cable	DAC
Tipo de fibra	Modo singular
Estándar de fibra óptica	UIT-T G.657.A1
Número de fibras	2
Número de fibras por elemento óptico	2
Número de conductores	1
Elemento óptico	Tubo holgado, gel lleno
Alivio de tensión	Sí
Tipo de alivio de tensión	FRP + Aramid
Vaina externa de material	Polipropileno
Vaina exterior Color	Naranja
Espesor Cubierta exterior	1,5 mm

Diámetro exterior aprox.	5,9 mm
Max. diámetro de la cuerda	6,3 mm
Atenuación @ 1310 nm	0,37 dB / km
Atenuación @ 1550 nm	0,21 dB / km
Atenuación @ 1625 nm	0,24 dB / km
Doblado fibra radio (1 vuelta acc. De rec UIT.)	30 mm
Doblado de almacenamiento de fibra radio (<10 vueltas acc rec UIT)	15 mm
Atenuación @ 1310 nm	0,37 dB / km

Fuente: (55)



Fig. 53: Fibra 75098 DAC 2x SM G.657.A1

Fuente: (55)

En el Anexo 3 se encuentra la hoja de datos del cable G.657.A1 exterior elegido para la consulta de cualquier información.

A continuación en la Tabla 65 se presenta el presupuesto referencial obtenido de Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited para este equipo pasivo:

Tabla 65. Presupuesto Referencial de la Fibra 75098 DAC 2x SM G.657.A1

PRESUPUESTO Fibra 75098 DAC 2x SM G.657.A1				
Item	Equipo	Cantidad	Valor Unitario	Precio TOTAL
1	Cable G.657.A1 canalizado, DROP BOBINA DE 2000 metros 0.45 ctvs. x metro	5 bobinas	US \$900,00	\$4.500,00
SUBTOTAL				\$4.500,00

Fuente: Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited

b. CABLE G.657.A1 interior

Los cables de fibra óptica al aire libre de la ECA están disponibles desde un número bajo de hilos un conteo muy alta de fibra, en todos los tipos como cable suelto tubo (LTC), mini cable de tubo holgado (LTMC) y el cable de tubo central (CTC). Ofrece soluciones para sistemas de conductos, cables de enterramiento directo y una amplia gama de cables aéreos autoportantes. Además los cables cumplen con todas las solicitudes de diversas situaciones ambientales como la protección de los roedores y el alambre de acero blindado.

Los cables de fibra óptica de interior de la ECA están diseñados para multi funcionalidad en aplicaciones de interior. Su pequeño diámetro, capacidad y diseño flexible garantiza una instalación rápida y fácil. Con los reglamentos de construcción modernos requieren, todos los cables interiores son retardantes de llama y libre de halógenos.

Ace presenta en su catálogo de cables, en la sección de interior específica la fibra 69816 Duplex postal 1.6 SM G.657.A1 Fig. 54, la cual cumple con los requerimientos para el servicio y trato mismo de la fibra.

En la siguiente Tabla 66 se presentan las especificaciones de la fibra 69816 Duplex postal 1.6 SM G.657.A1:

Tabla 66. Fibra 69816 Duplex postal 1.6 SM G.657.A1

ESPECIFICACIONES	
Tipo de cable	Normal / Dúplex
Tipo de fibra	Modo singular
Estándar de fibra óptica	UIT-T G.657.A1
Número de fibras	2
Número de fibras por elemento óptico	1
Número de conductores	2
Elemento óptico	Simplex 1.6
De metal cable gratuita	Sí
Número de capas	1 Capa

Alivio de tensión	Sí
Tipo de alivio de tensión	Fibra de aramida
Vaina externa de material	LSZH
Vaina exterior Color	Amarillo
Espesor Cubierta exterior	0,2 mm
Dimensión (altura - ancho)	1,6 / 3,4 mm
Categoría según EN 50173	OS2 (IEC 60793-2: B1.3)
Atenuación @ 1310 nm	0,4 dB / km
Atenuación @ 1550 nm	0,3 dB / km
Atenuación @ 1625 nm	0,4 dB / km

Fuente: (55)



Fig. 54: Fibra 69816 Duplex postal 1.6 SM G.657.A1

Fuente: (55)

En el Anexo 3 se encuentra la hoja de datos del cable G.657.A1 interior elegido para la consulta de cualquier información.

A continuación en la Tabla 67 se presenta el presupuesto referencial obtenido de Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited para este equipo pasivo:

Tabla 67. Presupuesto Referencial de la Fibra 69816 Duplex postal 1.6 SM G.657.A1

PRESUPUESTO Fibra 69816 Duplex postal 1.6 SM G.657.A1				
Item	Equipo	Cantidad	Valor Unitario	Precio TOTAL
1	Cable G.657.A1 interior, DROP BOBINA DE 2000 metros 0.45 ctvs. x metro	5 bobinas	US \$900,00	\$4.500,00
SUBTOTAL				\$4.500,00

Fuente: Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited

4.2.8.3. PATCH CORD

ACE como Sigma Network poseen patch cord de muy buenas características, en cuanto a precios su diferencia es mínima. Se eligió el patch cord de Ace Fig. 55.

En la siguiente Tabla 68 se presentan las especificaciones del patch cord 426545 Patch-espinal G.657.A1 SC / APC 8 ° d: 2,0 mm:

Tabla 68. Patch cord 426545 Patch-espinal G.657.A1 SC / APC 8 ° d: 2,0 mm

ESPECIFICACIONES	
Tipo de cable	Simplex
Número de fibras	1
Largo	4,5 m
Vaina exterior Color	Amarillo
Diámetro Simplex	2.0
Tipo de conexión conector 1	SC / APC
Tipo de conexión conector 2	SC / APC
Libre de halógenos (según EN 50267-2-3)	Sí

Fuente: (55)



Fig. 55: Patch cord 426545 Patch-espinal G.657.A1 SC / APC 8 ° d: 2,0 mm

Fuente: (55)

En el Anexo 3 se encuentra la hoja de datos del patch cord de ambos proveedores para la consulta de cualquier información.

A continuación en la Tabla 69 se presenta el presupuesto referencial obtenido de Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited para este equipo pasivo:

Tabla 69. Patch cord 426545 Patch-espinal G.657.A1 SC / APC 8 ° d: 2,0 mm

PRESUPUESTO Patch cord 426545 Patch-espinal G.657.A1 SC / APC 8 ° d: 2,0 mm				
Item	Equipo	Cantidad	Valor Unitario	Precio TOTAL
1	PATCH CORD, G657.A1	500	US \$10,00	\$5.000,00
SUBTOTAL				\$5.000,00

Fuente: Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited

4.2.9. Presupuesto Referencial Equipos Pasivos

Los precios presentados por el Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited corresponden a valores sin IVA, costo de importación, por lo tanto estos valores presentados se les debe atribuir: IVA (12%), impuesto de salida de divisas ISD (5%), valor de salvaguardas (15%), seguro (2%), FODINFA (0,5%), Arancel (20%), coste de envío (13%).

Tabla 70. Presupuesto Referencial para el equipamiento Pasivo de la red propuesta para el programa de vivienda Ciudad Verde

PRESUPUESTO EQUIPOS PASIVOS				
Item	Equipo	Cantidad	Valor Unitario	Precio TOTAL
1	HUAWEI, ODF GPX147-GRP-48A	1	US \$300,00	\$300,00
2	HUAWEI splitter, SPL9101	14	US \$233,00	\$3.262,00
3	HUAWEI, Outdoor cabinet, FDT2101D-480	1	US \$900,00	\$900,00
4	Caja de Empalme AD-Net 2in 2out	23	US \$220,00	\$5.060,00
5	NAP, CTO-16MC-4Drops	5	US \$150,00	\$1.200,00
6	NAP, CTO-16MC-8Drops	25	US \$200,00	\$5.000,00
7	NAP, CTO-16MC-12Drops	8	US \$250,00	\$2.000,00
8	CAJA DE PISO-8PORTS	15	US \$250,00	\$3.750,00
9	CAJA TERMINAL,	340	US \$40,00	\$13.600,00

	L\OPT-XXY				
10	Cable G.652.D exterior, FEEDER DE DISTRIBUCIÓN BOBINA DE 2000 metros 0.45 ctvs. x metro	4 bobinas	US \$900,00	\$3.600,00	
11	Cable G.657.A1 canalizado, DROP BOBINA DE 2000 metros 0.45 ctvs. x metro	5 bobinas	US \$900,00	\$4.500,00	
12	Cable G.657.A1 interior, DROP BOBINA DE 2000 metros 0.45 ctvs. x metro	5 bobinas	US \$900,00	\$4.500,00	
13	PATCH CORD, G657.A1	500	US \$10,00	\$5.000,00	
				SUBTOTAL	\$52.672,00
				IMPORTACIÓN (67.5%)	\$35.553,60
				TOTAL	\$88.225,60

Fuente: El Autor

En la siguiente Tabla 71 se realiza la sumatoria del presupuesto referencial del equipamiento tanto activo como pasivo.

Tabla 71. Presupuesto Referencial del equipamiento de la red propuesta para el programa de vivienda Ciudad Verde

PRESUPUESTO REFERENCIAL (EQUIPOS ACTIVOS Y PASIVOS)		
Item	RED	TOTAL
1	EQUIPOS ACTIVOS	\$141.035,00
2	EQUIPOS PASIVOS	\$88.225,60
TOTAL		\$229,259,60

Fuente: El Autor

El presupuesto referencial obtenido de la Tabla 71 no está incluido el costo de instalación, ya que la empresa Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited por medio de su proforma no especifica precios de instalación, de tal manera mediante

conversación con la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP) sucursal LOJA, se pudo obtener los costos de suministro e instalación de todos los elementos que conforman una red GPON.

En el anexo 4 se puede verificar la proforma obtenida de la empresa Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited y la lista de precios que maneja la CNT EP para el suministro e instalación en sus redes GPON.

La lista de precios que maneja CNT EP, no están incluidos el suministro e instalación de la ONT, OLT y SFP por cuestiones de políticas de privacidad y de la compañía que propiamente son elementos que ellos prestan a los usuarios para recibir el servicio en caso de la ONT, no se pudo acceder a esos costos de suministro e instalación.

Tabla 72. Presupuesto Referencial de CNT EP

PRESUPUESTO ESTABLECIDO DE CNT EP					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
	MATERIAL:				
FO010	FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	1152	\$ 8,60	\$ 9.907,20
FO026	PRUEBA REFLECTOMÉTRICA UNI DIRECCIONAL POR FIBRA EN UNA VENTANA GPON + TRAZA REFLECTOMETRICA	HILO	340	\$ 8,48	\$ 2.883,20
FO029	SANGRADO DE CABLE FIBRA OPTICA ADSS DE 6 - 48	U	13	\$ 9,79	\$ 127,27
FO032	SANGRADO DE CABLE FIBRA OPTICA SUBTERRANEO DE 72-96	U	12	\$ 13,85	\$ 166,20
FO034	SANGRADO DE CABLE FIBRA OPTICA SUBTERRANEO DE 144-288	U	16	\$ 18,32	\$ 293,12
FO063	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN ARMARIO FTTH DE 432 PUERTOS	U	1	\$ 16.860,13	\$ 16.860,13
FO079	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRANEA NAP DE 12 PUERTOS SC/APC CON DERIVACION	U	8	\$ 182,04	\$ 1.456,32
FO080	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRANEA NAP DE 8 PUERTOS SC/APC CON DERIVACION	U	25	\$ 154,47	\$ 3.861,75
FO081	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRANEA NAP DE 4 PUERTOS SC/APC CON DERIVACION	U	5	\$ 125,50	\$ 627,50
FO083	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CAJA TERMINAL INTERIOR	U	15	\$ 246,80	\$ 3.702,00

	O DE PISO 8 PUERTOS SC/APC				
FO098	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA SUBTERRÁNEA PARA FUSIÓN DE 24 FO, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	U	10	\$ 318,88	\$ 3.188,80
FO099	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA SUBTERRÁNEA PARA FUSIÓN DE 48 FO, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	U	3	\$ 355,81	\$ 1.067,43
FO101	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA SUBTERRÁNEA PARA FUSIÓN DE 96 FO, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	U	12	\$ 503,05	\$ 6.036,60
FO102	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA SUBTERRÁNEA PARA FUSIÓN DE 144 FO, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	U	16	\$ 580,92	\$ 9.294,72
FO125	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ODF DE 24 PUERTOS (INCLUYE PIG TAILS FC/APC G 652.D)	U	1	\$ 322,09	\$ 322,09
FO170	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ROSETA ÓPTICA 2 PUERTOS SC/APC	U	340	\$ 25,15	\$ 8.551,00
FO240	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE PARA INTERIOR 2 FIBRAS ÓPTICAS G.657A1 (DROP) 4,5mm	m	8500	\$ 2,48	\$ 21.080,00
RA060	CAJA METÁLICA (40X30X10)CM	U	15	\$ 74,44	\$ 1.116,60
FO192	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN SPLITTER PLC (1X32) CONECTORIZADO	U	14,00	\$ 815,75	\$ 11.420,50
FO222	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 2 FIBRAS ÓPTICAS G.657A1 (DROP) 6mm	m	8000	\$ 2,34	\$ 18.720,00
FO226	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 12 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G652.D	m	2000	\$ 2,55	\$ 5.100,00
FO227	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 24 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G652.D	m	2000	\$ 2,79	\$ 5.580,00
FO228	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 48 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G652.D	m	2000	\$ 3,37	\$ 6.740,00

FO230	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 96 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G652.D	m	2000	\$ 4,28	\$ 8.560,00
FO231	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 144 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G652.D	m	2000	\$ 5,17	\$ 10.340,00
FO240	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE PARA INTERIOR 2 FIBRAS ÓPTICAS G.657A1 (DROP) 4,5mm	m	500,00	\$ 2,48	\$ 1.240,00

SUMAN	\$ 158.242,43
IVA	\$ 18.989,09
TOTAL	\$ 177.231,52

Fuente: CNT EP

f. RESULTADOS

En esta sección se presenta los resultados correspondientes a los Ítems DISEÑO DE LA RED y EQUIPAMIENTO Y CÁLCULO DEL PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LA RED.

f.1.) DISEÑO DE LA RED PROPUESTA

El diseño de la Red de datos propuesta para el programa de vivienda Ciudad Verde tiene una demanda actual de 340 usuarios, con índice de crecimiento poblacional del 1.1% en la ciudad de Loja lo que permite un crecimiento poblacional de 379 usuarios durante un tiempo de transcurso de 10 años.

Este crecimiento poblacional se lo tomo en cuenta para dejar reserva de fibra óptica y puertos ópticos en cada uno de los equipos siendo estas: cajas de empalme, cajas de distribución óptica de piso y gabinete, permitiendo que el diseño cubra esta demanda poblacional.

En el Diseño de la ODN para la red de datos propuesta se tomó un modelo masivo de casas, lo que implica en el diseño salir desde el proveedor hasta un gabinete o armario que este ubicado de manera privilegiada en el centro de dicha concentración masiva de usuarios para poder establecer los parámetros de diseño de la red de dispersión y de distribución.

En este proyecto de titulación se propuso seguir una secuencia de diseño para la ODN establecida de la siguiente manera:

- ✚ La red de canalización se la propuso para estar acorde a las especificaciones de diseño puestas por el GAD municipal del cantón de Loja, “que toda red de telecomunicaciones tiene que tener su soterramiento adecuado sea de manera de ductos o enterramiento directo” (43). También la canalización evita lo que la contaminación visual. Además se propuso construcción de pozos de mano de 0.60X0.60X0.60 para su revisión e instalación de NAP’s en algunos de los casos y también pozos de 48 y 80 bloques curvos para la ubicación de mangas para realizar una distribución más simple y evitar problemas de espacio.

- ✚ La red dispersión es de suma importancia para el diseño, implica la correcta agrupación de número de usuarios con sus respectiva NAP's o su respectiva manga para la distribución de cajas de piso. En la red se utiliza NAP's de 4, 8 y 12 puertos ópticos siendo el 80% de puertos ópticos ocupados y 20% de puertos como de respaldo o crecimiento de usuarios. Para la red de dispersión se planteó 5 NAP's de 4 puertos ópticos, 25 NAP's de 8 puertos ópticos y 9 NAP's de 12 puertos ópticos. Para las cajas de distribución óptica de piso se optó con las de 8 puertos ópticos, ya que como máximo están 5 puertos ópticos ocupados, siendo 3 de reserva para futuro crecimiento poblacional o daño del puerto. Se planteó 15 cajas de distribución óptica de piso en cada uno de los lotes destinados a ser edificios.
- ✚ Para la red de Distribución se planteó cables de fibra 12, 24, 48, 96 y 144 hilos, realizando empalmes de fibra con reserva de 15 metros o su respectivo sangrado con reserva de 30 metros en cada uno de las mangas de empalme y sangrado.
- ✚ Para la red FEEDER se la planteó desde el ingreso al programa de vivienda, y de esta manera se tomó en cuenta el nivel de reserva cada 300 metros.
- ✚ En el diagrama esquemático de empalmes se especifica correctamente la distribución de cada uno de los cables FEEDER's de distribución hacia cada una de las NAP's o cajas de piso.
- ✚ En el cálculo del balance óptico se pudo comprobar la escalabilidad y adaptación de las tecnologías de G-PON y XG-PON, por ejemplo la clase N1 de pérdidas mínimas y máximas permitidas en la ODN de XG-PON es similar a la de G-PON en la clase B+.
- ✚ Las longitudes de onda tanto en las tecnologías G-PON como XG-PON poseen el mismo nivel de atenuación en lo que es la ODN.
- ✚ En lo que respecta al cálculo de atenuación de la ONU o ONT más cercana y más lejana con atenuación no sobrepasa el nivel de atenuación permitido por el estándar aplicado ITU-T G.987 que es de 28,5 dB.

- ✚ Obtenido el balance óptico para los casos de la ONU más lejana y más cercana, se puede afirmar que los valores obtenidos de pérdidas a lo largo de la ODN no causan ningún problema en la transmisión de los datos, garantizando en el caso del usuario más lejano que la señal pueda ser reconocida y en el caso del usuario más cercano no exista ninguna saturación al detector, es decir, exista una operación adecuada dentro del rango establecido.
- ✚ Además con el cálculo de requerimientos y capacidad de ancho de banda se puede recomendar que los servicios de última generación como es el caso de Servicio de Internet con mayor ancho de banda, voz sobre IP y televisión en alta definición para su transmisión en esta red no van a causar ningún problema, comúnmente se define que el servicio va a quedar holgado
- ✚ Con el cálculo de los servicios propuestos por cada abonado se obtuvo los siguientes resultados: 11.095 Mbps en Downstream y 1.595 Mbps Upstream que es relativamente inferior al ancho de banda que ofrece XG-PON (312.5 Mbps Downstream y 78.125 Upstream con la relación de división 1:32), por lo tanto no va existir mayor inconveniente en proveer estos servicios al usuario final en la red propuesta.

f.2.) EQUIPAMIENTO Y CÁLCULO DEL PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LA RED PROPUESTA

El equipamiento propuesto para la red de datos del programa de Ciudad Verde no solo trata de cumplir con los requerimientos especificados en el diseño de la ODN, sino que trata de coexistir con las tecnologías de Nueva Generación que a un futuro se están dando a conocer e implementando, como es el la Tecnología de 40Gbps de transmisión con el estándar ITU-T G988.

De esta manera el equipamiento activo como pasivo está presto a cumplir con las velocidades de transmisión, el ancho de banda especificado y los servicios propuestos para cumplir con la noción de una red de datos con tecnologías de acceso de última milla usando como medio de transmisión la fibra óptica.

En cuanto a costos, el equipamiento presupuestado por una empresa extranjera hacia una persona natural es muy elevado. De tal manera las empresas públicas como es el caso de CNT EP que está incluyendo las redes GPON para la transmisión de sus servicios hacia cada suscriptor o abonado activo permite tener bajos costos de equipamiento por el simple caso de que esta institución es gubernamental y tiene convenios establecidos con empresas extranjeras que permite el abastecimiento de equipos tanto activos como pasivos a costos de fabricante.

Con el presupuestado referencial obtenido de equipos activos y pasivos de Shenzhen Fiber Optic Technology Company Limited de \$229.259,00 dólares el cual no involucra mano de obra, frente al presupuesto de CNT EP de \$177.231,52 el cual no involucra equipamiento activo, pero incluye el suministro e instalación de los equipos pasivos, existe una gran diferencia económica lo que implica al constructor escoger de entre las siguientes alternativas:

- ✚ Elaborar el diseño de red y exponerlo hacia CNT EP que cuenta ya con toda su planta interna y externa desplegada, especificando que tipo tecnología se pretende desarrollar hacia cada usuario, para que en su planta interna se hagan los cambios correspondientes en cuanto hacia la OLT y puertos PON.
- ✚ O el constructor implementar la red que va desde el gabinete hacia cada uno de los usuarios, para luego alquilar el servicio de red FEEDER de algún proveedor que de servicios de última generación.

De las alternativas propuestas con el presupuesto referencial obtenido, se optó por elaborar el diseño de la red para el programa de vivienda Ciudad Verde para en un futuro exponerlo hacia CNT EP, para que de alguna manera la Corporación Nacional de Telecomunicaciones EP sea el proveedor tanto de planta interna y externa como de los servicios multimedia hacia cada uno de los usuario finales de la red propuesta para esta implantación de vivienda.

g. DISCUSIÓN

Realizado el análisis de los resultados en base al DISEÑO DE LA RED Y EQUIPAMIENTO Y CÁLCULO DEL PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LA RED PROPUESTA se procede a dar discusión de algunos parámetros no adecuados pero simplemente son necesarios o están designados al proveedor del servicio de telecomunicaciones:

¿Por qué Diseñar una red datos con tecnología XG-PON en un programa de vivienda que está en un límite urbano?

El diseño de una red de datos viene dado por la necesidad de incluir a todas personas y de proveer servicios de última generación mediante tecnologías que permitan la escalabilidad y flexibilidad para poder entregar todo su contenido información sin tener problemas de tasas de transmisión, ancho de banda o por el simplemente hecho que está al límite de una ciudad, como es Loja.

En la realización del diseño de la red de canalización hubo algunos inconvenientes con lo que respecta a la ubicación exacta de los pozos, ya que el programa de vivienda está en proceso de construcción de aceras, bordillos lastrado de calles, por lo cual se estimó una distancia aproximada de pozo a pozo dentro de los planos de distribución de lotes a escala normal.

Por cuanto a la red de dispersión y distribución no hubo mayor problema en la agrupación de usuarios con respecto a NAP's y la identificación de los lotes destinados a edificios con su respectiva caja óptica de piso.

En cuanto a la red FEEDER o nodo del proveedor para nuestro FDH será abastecido desde la sucursal más cercana al programa de vivienda, esta conexión de red Metro de tener:

- ✚ Una conexión de fibra con cable de características excelentes
- ✚ Alta velocidad de transmisión
- ✚ OLT de Gigabit

- ✚ Garantizar la conexión vigorosa y confiable a un servicio del 99.999% ya que se prestara servicios de con altas características de ancho de banda y tasa de transmisión de datos tanto de subida como de bajada.
- ✚ La protección o redundancia viene desde el proveedor, dando uso de la misma canalización tanto aérea como subterránea en el mejor de los caso para tener esta redundancia eficaz.

En cuanto al nivel splitteo en la recomendación ITU-T G.987.2 específica un nivel mínimo de 1:32, 1:64 y en el mejor de los casos 1:128 y 1:256, pero se contempla para que pueda ser compatible con las redes ya existentes GPON en el Ecuador se toma el nivel de 1:32 ya que están programadas las tarjetas de control de las OLT's de la CNT EP.

Basándonos en el análisis de resultados de costos de equipamiento, un aspecto relevante a discutir es la inversión que se requiere para la implementación de esta tecnología con un nivel más alto de transmisión y mayor ancho de banda. En la ciudad de Loja aún no existe implementada la tecnología XG-PON, representa un desafío implementar por parte de una empresa privada o como es la caso de un pública (CNT EP) invertir. Si bien esta tecnología escogida permite escalabilidad y coexistencia con redes G-PON constituye una fuerte inversión. Inversión que es bilateral a la escalabilidad y compatibilidad de tecnologías HFC, APON, BPON, GEPON y G-PON.

De esta inversión los beneficios a obtener será:

- ✚ Calidad en el transporte de servicio.
- ✚ Calidad en la recepción de servicios.
- ✚ Mayor ancho de banda requerido por el usuario.
- ✚ Mayor tasa de transferencia de datos.
- ✚ Coexistencia
- ✚ Integración de las redes de cobre.

Estos aspectos son los que determinan y afirman la inversión a esta tecnología para la ciudad de Loja, en especial al programa de Vivienda Ciudad Verde.

h. CONCLUSIONES

El presente trabajo de titulación permitió construir las siguientes conclusiones:

- ✚ El estado actual de la lotización del programa de vivienda Ciudad Verde se encuentra en proceso de removimiento de tierra, construcción de aceras, bordillos y alcantarillado para luego efectuar la distribución de lotes ya especificados en la planimetría realizada.
- ✚ Se ha realizado un estudio comparativo de redes PON, y se puede afirmar que XG-PON es superior a sus tecnologías precedentes como también a XDSL, ya que maneja velocidades desde 10 Gbps/2.5 Gbps asimétricos de bajada y subida, los cuales beneficia a los servicios de Internet, Telefonía IP, Televisión en HD, Televisión IP, etc.
- ✚ La arquitectura que presenta XG-PON soporta P2P o P2MP. Esto incluye redes de acceso FTTH, FTTB/C, FTTCell. También incluye servicios de banda ancha asimétricos para usuarios residenciales. La red de acceso seleccionada FTTH permite el control de los servicios asignados hacia cada usuario, es decir, los diferentes niveles que soporta la fibra hasta llegar al usuario permite establecer este control por parte del proveedor.
- ✚ La secuencia que se estableció para el diseño de las múltiples redes que conforman el despliegue de la ODN para el programa de Vivienda Ciudad Verde, permitió cumplir con la normativa de soterramiento del GAD del cantón Loja. También efectuar la dispersión y distribución según la normativa propuesta por la CNT EP para el diseño de redes G-PON.
- ✚ El presupuesto de potencia fue calculado con el margen de seguridad de 3dB, lo que permite recibir las señales sin pérdidas de datos. Además la ONU o ONT más lejana en los cálculos obtenidos no supera el rango de atenuación de los 28.5 dB, lo que recomienda y enfatiza la tecnología 10G-PON
- ✚ En cuanto a selección de equipos activos se optó por el proveedor HUAWEI que es líder en redes de telecomunicaciones de fibra en el Ecuador y permite la

escalabilidad de los equipos actuales con los propuestos para la red XG-PON con las redes ya existentes G-PON.

- ✚ Los costes de inversión son elevados en cuanto a la implementación de XG-PON, pero esta tecnología permite escalabilidad e interoperabilidad con redes HFC, APON, BPON. GEPON y G-PON, esta inversión presenta beneficios en cuanto a su implementación: calidad de transporte de servicio, mayor ancho de banda, mayor tasa de transferencia de datos, coexistencia, etc. Estos aspectos justifican y determinan la inversión a la implementación de XG-PON.
- ✚ En cuanto a servicios multimedia, CNT EP brinda doble play (Internet y Telefonía IP) y Televisión HD Satelital, ahora con el diseño propuesto de la red XG-PON se permite unificar estos servicios y tener un paquete de información de TriplePack.
- ✚ El presente trabajo propone una red de datos con características significativas, es decir, un mayor ancho de banda y tasa de transmisión de datos para descarga utilizando una NGN como es XG-PON en el programa de vivienda Ciudad Verde con respecto a XDSL.

i. RECOMENDACIONES

Culminado el presente trabajo de titulación me permit sugerir algunas recomendaciones:

- ✚ Para el diseño de redes XG-PON se debe tener en cuenta las fases de ingeniería de Proyecto y de Planeación.
- ✚ Es de vital importancia en el diseño de redes XG-PON determinar el tamaño y numero de áreas o distritos basadas en las densidades presentes y futuras.
- ✚ Cada concentración masiva de usuarios, es decir, barrios son diferentes, por lo tanto el diseño debe ser desarrollado para maximizar la eficiencia del proyecto, aunque debe ser suficientemente flexible para manejar el crecimiento poblacional.
- ✚ Planear una red de acceso conlleva a direccionar tasas iniciales y futuras para determinar la mejor estructura física de un diseño FTTx., es decir, entre mayor número de abonados que necesitan el servicio, menos costosa las instalación y mayor el regreso de inversión.
- ✚ Para Ecuador en general la línea de base de red PON, ha sido de 32 clientes sugerida por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones en la normativa de diseño de del ODN. Esta densidad de clientes ha sido el objetivo para el nivel de splitteo.
- ✚ Es imprescindible considerar el crecimiento futuro en redes de acceso FTTH o FTTB, por lo tanto en el diseño se debe sobredimensionar el cable de fibra óptica para evitar emplear fibras de repuesto.
- ✚ Para la selección del proveedor es importante considerar que ofrezca el servicio en la misma área y que sea capaz de suministrar el ancho de banda calculado para los servicios propuestos.

j. BIBLIOGRAFÍA

1. Herramientas Web para la enseñanza de protocolos de comunicacion . *Herramientas Web para la enseñanza de protocolos de comunicacion* . [En línea] [Citado el: 06 de 05 de 2014.] <http://neo.lcc.uma.es/evirtual/cdd/tutorial/fisico/fibra.html>.
2. quees.info. *quees.info*. [En línea] [Citado el: 12 de 05 de 2014.] <http://www.quees.info/que-es-la-fibra-optica.html>.
3. **Pérez, Enrique Herrera.** *TECNOLOGIAS Y REDES DE TRANSMISION DE DATOS*. MEXICO D.F. : LIMUSA, S.A. de C.V., 2003. ISBN 968-18-6383-6.
4. Telecomunicaciones. *Telecomunicaciones*. [En línea] [Citado el: 20 de 05 de 2014.] <http://teledann.blogspot.com/>.
5. Itlalaguna.edu.mx. *Itlalaguna.edu.mx*. [En línea] [Citado el: 20 de 05 de 2014.] http://www.itlalaguna.edu.mx/Academico/Carreras/electronica/opteca/OPTOPDF7_archivos/UNIDAD7TEMA2.PDF.
6. **Mellado, Alejandro.** *La Fibra Óptica*. Temuco : s.n., 2001.
7. Mi Bq y yo. *Mi Bq y yo*. [En línea] [Citado el: 20 de 05 de 2014.] http://www.mibqyyo.com/articulos/2013/11/29/como-funciona-la-fibra-optica-i-introduccion/#/vanilla/discussion/embed/?vanilla_discussion_id=0.
8. slideshare. *slideshare*. [En línea] [Citado el: 20 de 05 de 2014.] <http://es.slideshare.net/yussting/fibra-optica-1431491>.
9. **TOMASI.** *SISTEMAS DE COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS. CUARTA EDICIÓN*. MÉXICO : Prentice Hall, 2003. ISBN 970-26-0316-1.
10. **Rodríguez, Yurisay.** *Fibra Óptica*. Argentina : El Cid Editor , 2099.
11. **Cruz, Ing. Oscar M. Santa.** *profesores.frc.utn.edu.ar*. *profesores.frc.utn.edu.ar*. [En línea] [Citado el: 22 de 05 de 2014.] <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlantelExterior/IntroduFO2.pdf>.

12. **CARLOS, HINOJOSA GOMEZ LUIS.** *MONOGRAFIA: TOPICOS SELECTOS DE FIBRA OPTICA* . MEXICO : s.n., 2007.
13. TELNET Redes Inteligentes. *TELNET Redes Inteligentes*. [En línea] [Citado el: 22 de 05 de 2014.] <http://www.telnet-ri.es/solutions/sdh-10g-and-xwdm-transmission/cwdm-multiplexing/>.
14. **IMAGINAR.ORG.** *IMAGINAR.ORG.* [En línea] http://www.imaginar.org/iicd/tus_archivos/TUS6/2_tecnologia.pdf.
15. **ESPINOZA, REGIS DANNY VALLEJO.** “*Diseño de una red de última milla con tecnología GPON*. QUITO : s.n., 2013.
16. **Tomás, D. Manuel Villarig.** [telnet-ri.es](http://www.telnet-ri.es). *telnet-ri.es*. [En línea] 2009. [Citado el: 08 de 05 de 2015.] <http://www.telnet-ri.es/wp-content/uploads/2014/10/gpon-introduccion-conceptos.pdf>.
17. **CNT.** *NORMATIVA TÉCNICA DE DISEÑO DE PLANTA EXTERNA CON FIBRA ÓPTICA*. QUITO : s.n., 2014.
18. —. *NORMATIVA DE DISEÑO DE LA ODN*. QUITO : s.n., 2012.
19. **MFBARCELL.** *MFBARCELL.* [En línea] www.mfbarcell.es/redes_de_datos/tema_12/redesdeacceso.ppt.
20. **PORTAL FURUKAWA.** *PORTAL FURUKAWA.* [En línea] http://portal.furukawa.com.br/arquivos/g/gui/guia/1583_GuAiadeaplicaciAonFTTx.PDF.
21. **MORETON, MARTIN A.** [martinmoreton.wordpress](http://martinmoreton.wordpress.com). *martinmoreton.wordpress*. [En línea] <https://martinmoreton.wordpress.com/2011/11/26/fttc-la-mejor-solucion-a-todos-nuestros-problemas/>.
22. **ALBERTO, ALBUJA NARVAEZ JOSE y JAVIER, ERAS ALMEIDA HUGO.** *Diseño de una ODN para una red GPON en la localidad de Loja-Noroccidente, CNT E.P.* LOJA : s.n., 2014.

23. WIKITEL. *WIKITEL*. [En línea] http://wikitel.info/wiki/UA-Redes_PON_Protocolos#APON.2C_BPON.2C_GPON_y_EPON.
24. **FERNANDO, LAPO ZHANAY DARWIN**. *Diseño de una red GPON para la ciudad de Loja, sector suroccidente*. LOJA : s.n., 2015.
25. *10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): General requirements*. **ITU-T, INTERNATIONAL TELECOMUNATION UNION**. 2010. G.987.1.
26. **BOSSANO, MARIA SOL GOMEZ y GAIBOR, ADRIANA PAOLA MOREJON**. “*ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO GPON PARA LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES TRIPLE PLAY (VOZ, VIDEO Y DATOS) EN EL SECTOR ORIENTAL DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA*”. RIOBAMBA : s.n., 2012.
27. *10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Physical media dependent (PMD) layer specification*. **ITU-T, INTERNATIONAL TELECOMUNATION UNION**. 2010. G.987.2.
28. *Redes ópticas pasivas con capacidad de Gg: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos - Enmienda 1: Nuevo apéndice III – Prácticas idóneas utilizadas en la industria para redes ópticas pasivas con capacidad de 2,488 y 1,244 down - up*. **ITU-T, UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES**. 2006. G.984.2.
29. **TELNET**. Fibra óptica para redes de nueva Generación NGN . [En línea] 2013. [Citado el: 22 de junio de 2014.] <http://www.telnet-ri.es/soluciones/cable-fibra-optica-y-componentes-pasivos/fibra-optica-para-redes-de-nueva-generacion-ngn/>.
30. **ITU-T, INTERNATIONAL TELECOMUNATION UNION**. *10 Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Reach extension*. 2012. G.987.4.
31. **EARTH, GOOGLE**.
32. **INEC**. Instituto Nacional de Estadística y Censos. *Instituto Nacional de Estadística y Censos*. [En línea] <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manualateral/Resultados-provinciales/loja.pdf>.

33. **CNT.** *NORMAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES CON FIBRA ÓPTICA.* QUITO : s.n., 2012.
34. —. *NORMAS TÉCNICAS PARA DIBUJO GEOREFERENCIADAS DE REDES DE PLANTA EXTERNA: CANALIZACIÓN, REDES TELEFÓNICAS DE COBRE, ENLACES DE FIBRA ÓPTICA Y REDES GPON/FTTH.* QUITO : s.n., 2012.
35. —. *NORMATIVA TÉCNICA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN INTERNA GPON FTTH EN EDIFICIOS Y URBANIZACIONES.* QUITO : s.n., 2015.
36. —. *CONSTRUCCIÓN DE CANALIZACIÓN TELEFÓNICA.* QUITO : s.n., 2011.
37. **ITU-T, UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES.** *Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabit: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos.* 2003. G.984.
38. Asociación para el Progreso de las Comunicaciones. *Asociación para el Progreso de las Comunicaciones.* [En línea] <https://www.apc.org/es/glossary/term/1153>.
39. **Alulema, D.** UTE. *UTE.* [En línea] <http://www.ute.edu.ec/revistas/1/articulos/17225f5c-4d85-48b8-a8d9-a62ecbafc47c.pdf>.
40. *CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR.* QUITO : s.n., 2008.
41. *Reglamento para la prestación de servicios de valor agregado.* QUITO : s.n., 2002.
42. “*REGLAMENTO PARA HOMOLOGACIÓN DE EQUIPOS TERMINALES DE TELECOMUNICACIONES*” . QUITO : s.n., 2007.
43. **LOJA, MUNICIPIO DE.** *PLAN RENERACIÓN URBANA DE LA CIUDAD DE LOJA.* LOJA : s.n., 2015.
44. **CNT.** *Normativa de Diseño de la ODN.* 2012.
45. —. 3.5.2 “*Normativa Técnica de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica (ODN – OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK).* 2014.

46. **HUAWEI.** E.HUAWEI.COM. *E.HUAWEI.COM.* [En línea]
<http://e.huawei.com/es/products/fixed-network/access/olt/ma5680t>.
47. **ALIBABA.** ALIBABA.COM. *ALIBABA.COM.* [En línea]
http://www.alibaba.com/product-detail/Source-Photonics-10G-GPON-OLT-XPP_872111866.html?spm=a2700.7724838.35.1.P270wx&s=p.
48. **HUAWEI.** cyberbajt.pl. *cyberbajt.pl.* [En línea]
<https://www.cyberbajt.pl/download/Huawei/GPON/Manual.pdf>.
49. —. <http://www.jfcou.com>. *http://www.jfcou.com.* [En línea]
<http://www.jfcou.com/Show.aspx?PID=518>.
50. TECNORED, expertos en tecnología. *TECNORED, expertos en tecnología.* [En línea] <http://www.tecnoredsa.com.ar/page/productos/idcat/8/title/Redes-FTTH>.
51. **FURUKAWA.** *FURUKAWA.* [En línea]
<http://www.furukawa.com.br/ar/productos/caixa-de-emenda/caja-de-terminacion-optica-fk-cto-16mc-826.html>.
52. giko GROUP. *giko GROUP.* [En línea] <http://gikogroup.com/fttx-2/red-de-dispersion/roseta-de-abonado/>.
53. ANTARES sistemas. *ANTARES sistemas.* [En línea] <http://www.atares-sistemas.es/es/fibra-optica/cajas-de-registro/rosetas-terminacion-red/304-l-opt-xyy>.
54. **SIGMA NETWORK.** *SIGMA NETWORK.* [En línea]
<http://sigmanetwork.es/cables%20de%20fibra%20optica.html>.
55. ACE. *ACE.* [En línea] <http://www.ace-fibreoptic.com/catalog/cables.html>.

k. ANEXOS

En esta sección de Anexos se la presenta de la siguiente manera:

k.1) Planos

k.2) Galería

k.3) Hojas de datos de los equipos

k.4) Proformas

k.5) Certificado de Ingles

k.5) Certificado de Ingles



UNIDAD EDUCATIVA "CORAZÓN DE MARÍA"
FE, CIENCIA Y VIDA

Lic. Jorge Caraguay
PROFESOR DE IDIOMA INGLÉS
UNIDAD EDUCATIVA "CORAZÓN DE MARÍA"

CERTIFICA:

Que el documento aquí compuesto es fiel traducido del idioma español al idioma inglés del resumen para el trabajo de la titulación denominado: **"DISEÑO DE UNA RED DE DATOS BASADA EN TECNOLOGÍA XG-PON systems (10 GIGABIT-CAPABLE PASSIVE OPTICAL NETWORKS) PARA EL PROGRAMA DE VIVIENDA CIUDAD VERDE"**, del Sr. DAVID ISRAEL SARANGO SÁNCHEZ, egresado de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones del Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifica en honor a la verdad y autoriza al interesado hacer uso del presente a lo que a sus intereses convenga.

Loja, 25 de julio de 2015

Lic. Jorge Caraguay
PROFESOR DE LA UECM

