



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES
DE COMUNICACIÓN**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

TEMA:

**“DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO FTTB (FIBER TO THE BUILDING)
PARA INTERCONECTAR 8 DEPENDENCIAS DEL GOBIERNO
AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE OTAVALO”**

AUTOR: DIEGO JAVIER MENESES IRUA

DIRECTOR: ING. ROBERTO MARCILLO

IBARRA – ECUADOR

2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital determina la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003317797
APELLIDOS Y NOMBRES:	MENESES IRUA DIEGO JAVIER
DIRECCIÓN:	Ibarra, Yuracruz 3-44 y Panamericana Norte
E-MAIL:	diegoxavy@hotmail.com
TELÉFONO MÓVIL:	0991382058
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO FTTB (FIBER TO THE BUILDING) PARA INTERCONECTAR 8 DEPENDENCIAS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE OTAVALO”
AUTOR:	MENESES IRUA DIEGO JAVIER
FECHA:	ABRIL DEL 2016
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA	INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN
DIRECTOR:	ING. ROBERTO MARCILLO

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, DIEGO JAVIER MENESES IRUA, con cédula de identidad Nro. 1003317797, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago la entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital de la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.



Firma

Nombre: Diego Javier Meneses Irua

Cédula: 100331779-7

Ibarra, Abril del 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, DIEGO JAVIER MENESES IRUA, con cédula de identidad Nro. 10033177977, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6 en calidad de autor del trabajo de grado dominado: **“DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO FTTB (Fiber to the Building) PARA INTERCONECTAR 8 DEPENDENCIAS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE OTAVALO”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada, aclarando que el trabajo aquí escrito es de mi autoría y que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital de la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma

Nombre: Diego Javier Meneses Irua

Cédula: 100331779-7

Ibarra, Abril del 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

En calidad de director del trabajo de grado presentado por Diego Javier Meneses Irua portador de la cedula de identidad 1003317797, para optar por el título de Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicaciones, cuyo tema es: **“DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO FTTB (Fiber to the Building) PARA INTERCONECTAR 8 DEPENDENCIAS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE OTAVALO”**.

Considero que el presente trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

Ing. Roberto Marcillo

DIRECTOR DE TESIS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, Diego Javier Meneses Irua, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual

Correspondientes a este trabajo a la Universidad Técnica del Norte - Ibarra, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Firma

Nombre: Diego Javier Meneses Irua

Cédula: 100331779-7

Ibarra, Abril del 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

Con mucho cariño a mi Madre Marta Meneses, porque ella ha tomado el rol de padre y madre durante toda mi vida y es pilar fundamental.

A mis dos abuelos Tulio y Luz María quienes durante toda mi vida son una fuente de consejos y apoyo incondicional, así también a mi hermano y resto de familia por brindarme apoyo inquebrantable.

Finalmente, a Karina que desde el momento que conocí, ha estado siempre a mi lado, apoyándome, con mucho cariño y amor. Y como olvidar a mis amigos por compartir momentos agradables.

Diego Javier



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

Primeramente, el agradecimiento infinito es a Dios quien, con su bendición, permitió que culmine un sueño de ser un profesional.

Agradecimiento a mi mami Marta, por estar siempre junto a mí cada momento de mi vida compartiendo su cariño, su comprensión y apoyo incondicional durante todo este tiempo para alcanzar esta meta.

A mis dos abuelos Tulio y Luz María por todo el apoyo desmedido para culminar mis estudios. Así también a mi hermano, tías, tío, primos, por brindarme apoyo inquebrantable y siempre estar pendiente de cada actividad que he realizado.

Al GAD Municipal de Otavalo por permitirme realizar mi trabajo de grado en tan prestigiosa institución. Así como también a la Universidad Técnica del Norte por su formación profesional.

Finalmente, un agradecimiento especial a Karina por estar durante este tiempo siempre a mi lado apoyándome, y como olvidar a mis amigos por compartir momentos únicos con anécdotas inolvidables dentro y fuera de las aulas.

Diego Javier

ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	IV
CERTIFICACIÓN.....	V
DECLARACIÓN.....	VI
DEDICATORIA.....	VII
AGRADECIMIENTO.....	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ÍNDICE DE TABLAS	XIX
RESUMEN.....	XXI
SUMMARY	XXII
CAPÍTULO I.....	1
1 ANTECEDENTES	1
1.1 PROBLEMA.....	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 GENERAL	2
1.2.2 ESPECÍFICOS	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 ALCANCE.....	3
CAPÍTULO II.....	5
2 MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 HISTORIA DE LA FIBRA ÓPTICA.....	5
2.2 FIBRA ÓPTICA	6
2.2.1 ¿QUÉ ES?.....	6
2.2.2 ESTRUCTURA DE LA FIBRA ÓPTICA	6
2.2.2.1 CORE (NÚCLEO).....	7
2.2.2.2 CLADDING (REVESTIMIENTO).....	7

2.2.2.3 COATING (RECUBRIMIENTO)	7
2.2.2.4 JACKET (CHAQUETA)	7
2.3 ROPIEDADES DE LA LUZ.....	8
2.3.1 LONGITUD DE ONDA (λ)	8
2.3.2 REFRACCIÓN.....	8
2.3.3 ATENUACIÓN.....	9
2.4 VENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA	9
2.5 DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA.....	9
2.6 TIPOS DE FIBRA ÓPTICA.....	10
2.6.1 MULTIMODO	10
2.6.1.1 MULTIMODO DE ÍNDICE GRADUAL.....	10
2.6.1.2 MULTIMODO DE ÍNDICE ESCALONADO	11
2.6.2 MONOMODO	11
2.7 COMUNICACIÓN EN FIBRA ÓPTICA.....	12
2.7.1 BANDA ESPECTRAL.....	12
2.7.2 ATENUACIÓN.....	13
2.7.3 DISPERSIÓN	13
2.7.3.1 DISPERSIÓN MODAL	14
2.7.3.2 DISPERSIÓN CROMÁTICA	14
2.7.3.3. DISPERSIÓN MATERIAL	14
2.7.3.4 DISPERSIÓN DE GUÍA DE ONDA.....	14
2.7.4 SISTEMAS DE TRANSMISIÓN ÓPTICO	14
2.8 TOPOLOGÍA DE RED.....	15
2.8.1 PUNTO A PUNTO.....	15
2.8.2 PUNTO A MULTIPUNTO.....	15
2.8.3 ESTRELLA	16
2.8.4 ANILLO.....	16
2.8.5 MALLA O ÁRBOL.....	17
2.9 REDES ÓPTICAS PASIVAS (PON)	17

2.9.1 ATM PON (APON)	17
2.9.2 BROADBAND PON (BPON)	18
2.9.3 GIGABIT PON (GPON)	18
2.10 ELEMENTOS DE UNA RED PON	18
2.10.1 OLT (TERMINAL DE LÍNEA ÓPTICA)	19
2.10.2 ODN (RED DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA)	19
2.10.3 ONU (UNIDAD DE RED ÓPTICA)	19
2.10.4 ONT (TERMINAL DE RED ÓPTICA)	19
2.11 TECNOLOGÍA FTTX	20
2.11.1 FTTH (FIBER TO THE HOME)	20
2.11.2 FTTC (FIBER TO THE CURB)	21
2.11.3 FTTC AB (FIBER TO THE CABINET)	21
2.11.4 FTTN (FIBER TO THE NEIGHBORHOOD)	21
2.11.5 FTTB (FIBER TO THE BUILDING)	21
2.11.5.1 ELEMENTOS	22
2.11.5.2 CARACTERÍSTICAS	22
2.11.5.3 IMPORTANTE TENER EN CUENTA SOBRE FTTB	23
2.12 ELEMENTOS REQUERIDOS PARA EL MONTAJE DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA	24
2.12.1 HERRAJES PARA CABLE AUTO SOPORTADO	24
2.12.1.1 HERRAJE DE TERMINAL TIPO A	24
2.12.1.2 HERRAJE DE TERMINAL TIPO B	24
2.12.1.3 HERRAJE DE TERMINAL TIPO PREFORMADO	25
2.12.2 TIPOS DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA	26
CAPÍTULO III	28
3 DISEÑO RED DE ACCESO FTTB (FIBER TO THE BUILDING) PARA EL GAD DE OTAVALO	28
3.1 SITUACIÓN ACTUAL	28
3.1.1 ESTRUCTURA DE LA RED FÍSICA DEL GAD MUNICIPAL DE OTAVALO	30
3.1.1.1 INFRAESTRUCTURA ACTUAL DE RADIOENLACES	31
3.1.1.1.1 ROUTERBOARD MIKROTIK RB411	32

3.1.1.1.2	ROUTERBOARD MIKROTIK R52HN	33
3.1.1.1.3	ROUTERBOARD MIKROTIK RB433.....	34
3.1.1.1.4	CISCO 1941 INTEGRATED SERVICES ROUTER	35
3.1.1.1.5	ANTENA GRILLA PARABÓLICA TL-ANT2424B.....	36
3.1.1.1.6	ANTENA SECTORIAL UBIQUITI ROCKET M5	37
3.1.1.2	INFRAESTRUCTURA ACTUAL DE ENLACES DE FIBRA ÓPTICA	38
3.1.1.2.1	ROUTER CISCO 5500 SERIES	39
3.1.1.2.2	3COM 2952 SFP PLUS.....	39
3.2	DISEÑO DE LA RED DE ACCESO FTTB PARA EL GAD MUNICIPAL DE OTAVALO	42
3.2.1	SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CIUDAD	44
3.2.1.1	DESCRIPCIÓN DE LOS EDIFICIOS	45
3.2.1.1.1	EDIFICIOS MUNICIPALES	45
3.2.1.1.2	CASA LA JOYA.....	45
3.2.1.1.3	CASA DE TURISMO	45
3.2.1.1.4	COMISARIA MUNICIPAL.....	46
3.2.1.1.5	EL COLIBRÍ.....	46
3.2.1.1.6	CASA DE LA JUVENTUD	46
3.2.1.1.7	BODEGA MUNICIPAL	46
3.2.2	MARCO REGULATORIO DEL DESPLIEGUE DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA	48
3.2.3	CRITERIOS DE DISEÑO DE LA RED DE ACCESO FTTB	49
3.2.4	UBICACIÓN DEL NODO PRINCIPAL	50
3.2.5	RUTAS DE DESPLIEGUE DE LA RED DE ACCESO.....	51
3.2.5.1	RUTA DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTA_NUEVO1 – LA_JOYA.....	51
3.2.5.2	RUTA DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTA_NUEVO1 – GAD_OTA_NUEVO2....	52
3.2.5.3	RUTA DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTA_NUEVO1– GAD_OTA_ANTIGUO...	53
3.2.5.4	RUTA DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTA_NUEVO1–BODEGA	53
3.2.5.5	RUTA DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTA_NUEVO1 – COMISARIA	54
3.2.5.6	RUTA DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTA_NUEVO1 – TURISMO	55
3.2.5.7	RUTA DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTA_NUEVO1 – COLIBRÍ	55

3.2.5.8 RUTA DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTA_NUEVO1 – JUVENTUD	56
3.2.5.9 TIPO DE FIBRA ÓPTICA A UTILIZARSE.....	57
3.2.6 PARÁMETROS DE USUARIOS DE CADA EDIFICIO	59
3.2.6.1 USUARIOS DEL EDIFICIO GAD_OTA_NUEVO1.....	59
3.2.6.2 USUARIOS DEL EDIFICIO GAD_OTA_NUEVO2.....	59
3.2.6.3 USUARIOS DEL EDIFICIO LA_JOYA	60
3.2.6.4 USUARIOS DEL EDIFICIO GAD_OTA_ANTIGUO	60
3.2.6.5 USUARIOS DEL EDIFICIO BODEGA MUNICIPAL.....	61
3.2.6.6 USUARIOS DEL EDIFICIO COMISARIA MUNICIPAL.....	61
3.2.6.7 USUARIOS DEL EDIFICIO LA CASA DE TURISMO	62
3.2.6.8 USUARIOS DEL EDIFICIO CASA CULTURAL EL COLIBRÍ.....	62
3.2.6.9 USUARIOS DEL EDIFICIO CASA DE LA JUVENTUD	63
3.3 TOPOLOGÍA FÍSICA DE LA RED DE ACCESO FTTB	63
3.4 EQUIPOS Y ELEMENTOS PARA LA RED DE ACCESO	66
3.4.1 EQUIPO OLT (OPTICAL LINE TERMINATION).....	66
3.4.1.1 UBICACIÓN	66
3.4.1.2 REQUERIMIENTOS DEL EQUIPO OLT	66
3.4.1.2.1 CARACTERÍSTICAS.....	67
3.4.1.3 MARCAS DE EQUIPO OLT	68
3.4.1.3.1 HUAWEI SERIES MA5608T	68
3.4.1.3.2 MOTOROLA AXS2200.....	69
3.4.1.4 EQUIPO OLT RECOMENDADO PARA EL DISEÑO DE LA RED DE ACCESO	69
3.4.1.5 REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA LA RED DE ACCESO.....	70
3.4.2 EQUIPOS QUE FORMAN PARTE DE LA ODN (OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK) 70	
3.4.2.1 SPLITTERS.....	70
3.4.2.1.1 UBICACIÓN DE LOS SPLITTERS	70
3.4.2.1.2 ESQUEMA	72
3.4.2.1.3 REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA LA RED DE ACCESO	74
3.4.2.2 ODF (OPTICAL DISTRIBUTION FRAME).....	74

3.4.2.2.1 CARACTERÍSTICAS.....	74
3.4.2.2.2 REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA LA RED DE ACCESO	75
3.4.2.3 CONECTORES	75
3.4.2.3.1 REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA LA RED DE ACCESO	76
3.4.2.4 PUENTES ÓPTICOS (PATCH CORDS)	76
3.4.2.4.1 REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA LA RED DE ACCESO	77
3.4.2.5 PIGTAILS	77
3.4.2.5.1 REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA LA RED DE ACCESO	77
3.4.2.6 MANGAS DE EMPALME	78
3.4.2.6.1 REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA LA RED DE ACCESO	78
3.4.3 EQUIPOS ONU (OPTICAL NETWORK UNIT)	78
3.4.3.1 REQUERIMIENTOS DEL EQUIPO ONU	79
3.4.3.2 MARCAS DE EQUIPO ONU	79
3.4.3.2.1 HUAWEI SMARTAX MA5626	79
3.4.3.2.2 ALCATEL 7353 ISAM FTTB	81
3.4.3.2.3 HUAWEI SMARTAX MA5621	81
3.4.3.3 EQUIPO ONT RECOMENDADO PARA EL DISEÑO DE LA RED DE ACCESO	82
3.4.3.4 REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA LA RED DE ACCESO.....	82
3.5 DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA.....	82
3.5.1 ALIMENTACIÓN O FEEDER	82
3.5.2 CABLE DE DISTRIBUCIÓN.....	83
3.5.3 CALCULO DE RESERVAS.....	85
3.6 CÁLCULO DE PRESUPUESTO ÓPTICO DE LA RED DE ACCESO FTTB.....	86
3.6.1 CÁLCULO DE PRESUPUESTO ÓPTICO PARA CADA ENLACE DE LA RED DE ACCESO FTTB	86
3.6.2 DETERMINAR EL PEOR Y MEJOR DE LOS CASO DEL ENLACE	87
3.6.2.1 ESQUEMA FÍSICO PARA EL PEOR CASO DE ENLACE	88
3.6.2.2 ESQUEMA FÍSICO PARA EL MEJOR CASO DE ENLACE.....	89
3.6.2.3 CÁLCULO DE PRESUPUESTO ÓPTICO PARA CADA ENLACE DE LA RED DE ACCESO FTTB	91

3.7 DISPONIBILIDAD DE LA RED.....	92
3.8 LEVANTAMIENTO DE PLANOS DE LA RED DE ACCESO FTTB, EN EL GAD MUNICIPAL DE OTAVALO.....	93
CAPÍTULO IV	94
4 ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO	94
4.1 COSTOS DE LA INVERSIÓN	94
4.1.1 COSTOS EQUIPAMIENTO ACTIVO	94
4.1.2 INVERSIÓN EQUIPAMIENTO PASIVO INFRAESTRUCTURA.....	95
4.1.3 COSTO DE INGENIERÍA.....	96
4.2 INVERSIÓN TOTAL EN EQUIPAMIENTO PARA LA RED	97
4.3 DEPRECIACIÓN	98
4.4 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	98
CAPITULO V	101
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	101
5.1 CONCLUSIONES.....	101
5.2 RECOMENDACIONES	103
5.3 GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	104
5.4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
5.5 ANEXOS.....	108
ANEXO A	109
ANEXO A- 1. RUTAS DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTANUEVO1 – LA JOYA	109
ANEXO A- 2: RUTAS DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTANUEVO1 – GAD_OTANUEVO2	110
ANEXO A- 3: RUTAS DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTANUEVO1– GAD_OTA_ANTIQUO.....	111
ANEXO A- 4. RUTAS DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTANUEVO1–BODEGA	112
ANEXO A- 5: RUTAS DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTANUEVO1 – COMISARIA...	113
ANEXO A- 6: RUTAS DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTANUEVO1 – COLIBRÍ.....	114
ANEXO A- 7. RUTAS DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTANUEVO1 – TURISMO	115
ANEXO A- 8: RUTAS DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTANUEVO1 – JUVENTUD....	116

ANEXO B.....	117
ANEXO B – 1. MONOMODO G. 652D	117
ANEXO C: FORMATO DE CARTA DIRIGIDA A LA EMPRESA ELÉCTRICA EMELNORTE S.A PARA SOLICITUD DE ARRENDAMIENTO DE POSTERÍA EXISTENTE.	118
ANEXO D: RECOMENDACIÓN ITU-T G.984.1	119
ANEXO E: HOJAS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ELEMENTOS FTTB	123
ANEXO E- 1: HUAWEI MA5608T - MINI OLT (OPTICAL LINE TERMINAL).....	123
ANEXO E- 2: HUAWEI MA5608T- MINI OLT	127
ANEXO E- 3: SMARTAX MA5626 POE.....	129
ANEXO E-4: ODN PRODUCTS SERIES.....	131
ANEXO F: RESOLUCIÓN ARCOTEL- 2015-	147
ANEXO G: SIMBOLOGÍA USADA PARA LEVANTAMIENTO DE PLANOS.....	151
ANEXO H: PROFORMA EQUIPOS HUAWEI.....	153
ANEXO I: COSTOS DE ELEMENTOS E INSTALACIÓN DE REDES DE ACCESO DE FIBRA ÓPTICA CNT 2013.....	155
ANEXO J: ARTICULOS DEL MUNICIPIO DEL CANTON DE OTAVALO	157
ANEXO K: SUMMARY	161
PLANOS (EN CD)	162

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2. 1: Estructura del hilo de fibra óptica.....	6
FIGURA 2. 2: Estructura básica de un cable de fibra óptica	6
FIGURA 2. 3: Identificación de los índices de refracción de núcleo y revestimiento.	7
FIGURA 2. 4: Representación de la Longitud de Onda.....	8
FIGURA 2. 5: Multimodo de índice gradual	11
FIGURA 2. 6: Multimodo de índice escalonado.....	11
FIGURA 2. 7: Fibra Multimodo.....	11
FIGURA 2. 8: Transmisión de la luz en una fibra óptica.	12
FIGURA 2. 9: Gráfica de atenuación espectral.	13
FIGURA 2. 10: Diagrama de sistema de transmisión óptico.	15
FIGURA 2. 11: Topología Punto Multipunto.	16
FIGURA 2. 12: Topología estrella.....	16
FIGURA 2. 13: Topología anillo.....	16
FIGURA 2. 14: Topología árbol o malla.....	17
FIGURA 2. 15: Elementos de una red PON	19
FIGURA 2. 16: Tecnologías ópticas.	20
FIGURA 2. 17: Estructura de la red FTTB.....	23
FIGURA 2. 18: Herraje de terminal Tipo A	24
FIGURA 2. 19: Herraje de terminal Tipo B o de Paso	25
FIGURA 2. 20: Ejemplo de cable preformado.	25
FIGURA 3. 1: Topología física de la red contratada con el Carrier CNT EP.....	30
FIGURA 3. 2: Topología física de la red inalámbrica actual.	32
FIGURA 3. 3: Tarjeta RB411	32
FIGURA 3. 4: Tarjeta R52Hn.	33
FIGURA 3. 5: Tarjeta RB433	34
FIGURA 3. 6: Cisco 1941 Integrated Services Router.....	35
FIGURA 3. 7: Antena Grilla Parabólica TL-ANT2424B.	36
FIGURA 3. 8: Antena Sectorial UBIQUITI ROCKET M5	37

FIGURA 3. 9: Topología física de la red de fibra óptica actual.	38
FIGURA 3. 10: Cisco 5500 Router.....	39
FIGURA 3. 11: 3com 2952 sfp plus	39
FIGURA 3. 12: Infraestructura integral de la red del GAD Municipal de Otavalo.	41
FIGURA 3. 13: Ubicación Geográfica del Cantón Otavalo.	44
FIGURA 3. 14: Ubicación geográfica de las dependencias municipales.	47
FIGURA 3. 15: Esquema de una Red FTTB	49
FIGURA 3. 16: Ubicación Geográfica del Nodo principal	51
FIGURA 3. 17: Topología de una red PON Punto - Multipunto.....	65
FIGURA 3. 18: Ubicación geográfica de la OLT.....	66
FIGURA 3. 19: Equipo OLT	68
FIGURA 3. 20: Equipo OLT, Motorola AXS2200.....	69
FIGURA 3. 21: Ubicación geográfica de los splitters.....	71
FIGURA 3. 22: Esquema de configuración división óptica.	72
FIGURA 3. 23: Distribución de los puertos y de cables usados.....	73
FIGURA 3. 24: ODF unidad 36.	74
FIGURA 3. 25: Tipos de conectores de fibra óptica	75
FIGURA 3. 26: Puentes ópticos (Patch Cords).....	76
FIGURA 3. 27: Pigtailes.....	77
FIGURA 3. 28: Mangas de empalme.....	78
FIGURA 3. 29: SmartAX MA5626 PoE.....	80
FIGURA 3. 30: Alcatel 7353 ISAM.....	81
FIGURA 3. 31: Huawei SmartAX MA5621	81
FIGURA 3. 32: Ubicación de la OLT	83
FIGURA 3. 33: Esquema de conexión de la red FTTB para el peor caso.....	88
FIGURA 3. 34: Esquema de conexión de la red FTTB para el mejor caso.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2. 1: Valores habituales de la Fibra Óptica.....	10
TABLA 2. 2: Ventanas de transmisión de la fibra optica.....	12
TABLA 2. 3: Características principales de tecnologías PON	18
TABLA 2. 4: Tipos de cables de FO según el estándar.	26
TABLA 2. 5: Tipos de cable de fibra óptica.....	27
TABLA 3. 1: Direcciones de los nodos existentes.	31
TABLA 3. 2: Características del RouterBoard RB411	33
TABLA 3. 3: Características del RouterBoard R52Hn	34
TABLA 3. 4: Características del RouterBoard RB344	35
TABLA 3. 5: Características del Cisco 1941.	36
TABLA 3. 6: Características Antena Grilla Parabólica TL-ANT2424B.....	37
TABLA 3. 7: Características Antena Sectorial UBIQUITI ROCKET M5.....	38
TABLA 3. 8: Datos del funcionamiento actual de la red del GAD Municipal	40
TABLA 3. 9: Comparación de tecnologías EPON y GPON	42
TABLA 3. 10: Datos geográficos del sitio.....	50
TABLA 3. 11: Datos técnicos de enlace de backbone La Joya.	52
TABLA 3. 12: Datos técnicos de enlace de backbone GAD Nuevo2.....	52
TABLA 3. 13: Datos técnicos de enlace de backbone GAD Antiquo.....	53
TABLA 3. 14: Datos técnicos de enlace de backbone Bodega.	54
TABLA 3. 15: Datos técnicos de enlace de backbone Comisaria.....	54
TABLA 3. 16: Datos técnicos de enlace de backbone Turismo.....	55
TABLA 3. 17: os técnicos de enlace de backbone Colibrí.	56
TABLA 3. 18: Datos técnicos de enlace de backbone Juventud	56
TABLA 3. 19: Características importantes de G.652D.....	57
TABLA 3. 20: Características cable ADSS	58
TABLA 3. 21: Detalles de usuarios y recursos Edificio Nuevo 1	59
TABLA 3. 22: Detalles de usuarios y recursos Edificio Nuevo 2.....	59
TABLA 3. 23: Detalles de usuarios y recursos Cada La Joya	60

TABLA 3. 24: Detalles de usuarios y recursos edificio Antiguo	60
TABLA 3. 25: Detalles de usuarios y recursos Bodega Municipal.....	61
TABLA 3. 26: Detalles de usuarios y recursos Comisaria Municipal	61
TABLA 3. 27: Detalles de usuarios y recursos casa de turismo	62
TABLA 3. 28: Detalles de usuarios y recursos el colibrí	62
TABLA 3. 29: Detalles de usuarios y recursos casa de la Juventud	63
TABLA 3. 30: OLT requeridos	70
TABLA 3. 31: Distancias entre la OLT y los splitters.	71
TABLA 3. 32: Splitters requeridos	74
TABLA 3. 33: ODF requeridos	75
TABLA 3. 34: Conectores requeridos.....	76
TABLA 3. 35: Conectores requeridos.....	77
TABLA 3. 36: Pigtails requeridos.	77
TABLA 3. 37: Mangas de empalme.	78
TABLA 3. 38: ONU requeridos	82
TABLA 3. 39: Distancias totales de cable de distribución.....	83
TABLA 3. 40: Distancias del cable de distribución.....	84
TABLA 3. 41: Distancias del cable de distribución Splitters-ONU.	84
TABLA 3. 42: Distancias del cable de distribución Splitters-ONU.	85
TABLA 3. 43: Pérdidas en Divisores Ópticos – G.671.....	87
TABLA 3. 44: Valores por pérdidas.....	87
TABLA 3. 45: Presupuesto Óptico Para Las Dependencias Municipales	91
TABLA 4. 1: Costo de equipos activos.....	94
TABLA 4. 2: Costo equipamiento pasivo.	95
TABLA 4. 3: Costos de instalación.....	96
TABLA 4. 4: Costo de Ingeniería.....	97
TABLA 4. 5: Costo Total de equipamiento red de acceso FTTB.	97
TABLA 4. 6: Costos de depreciación de equipos activos	98
TABLA 4. 7: Beneficios al implementar el proyecto.	100

RESUMEN

El presente proyecto permitirá interconectar 8 dependencias Municipales pertenecientes al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Otavalo, mediante una red de acceso FTTB (Fiber to the Building) de fibra óptica, basado en la tecnología de transmisión GPON, se ha realizado con el objetivo principal de optimizar la red y con el paso del tiempo unifique los servicios, permitiendo que los ciudadanos tengan acceso a todos los servicios municipales en las 8 dependencias.

Inicialmente se realizó una introducción a los aspectos fundamentales de una red de acceso, redes ópticas pasivas GPON, el medio idóneo y fundamental para el diseño de la red de acceso empleando FTTB.

A continuación, se realizó el levantamiento de información mediante visitas técnicas a cada una de las dependencias municipales y entrevistas con la persona a cargo, lo cual permitió establecer requerimientos necesarios para el diseño de los enlaces. En base a lo antes mencionado se estableció la ubicación y características de cada uno de los segmentos de la red de acceso: OLT, ODN y ONU.

Finalmente, se procedió a la selección del equipamiento para cada una de los segmentos de la red de acceso, fundamental para realizar el análisis de inversión y el análisis Costo-Beneficio, de esta forma permitirá determinar un presupuesto aproximado para la futura implementación de la red de acceso del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Otavalo.

SUMMARY

This project allows to interconnect eight Municipal offices belonging at Decentralized Autonomous Municipal Government from Otavalo, through a network FTTB (Fiber to the Building) of optical fiber, based on the transmission technology (GPON), it was made with the main objective to optimize the network and the services will unify in the future allowing to the citizens have access to all municipal services in their 8 offices.

Initially, the introduction was made about essential aspects of an access network, passive optical networks (GPON), suitable and essential means to design the access network using FTTB.

Then, the gathering information was made by technical visits to each of the municipal offices and interviews with the person in charge, which one allowed establish the necessary requirements to design the connections. Based on the above described was established the location and characteristics of each segment of the access network: OLT, ODN y ONU.

Finally, the equipment was selected to each segment of the access network, essential to develop the investment analysis and cost - benefit analysis allowing establish an approximate budget to the future implementation of the access network at Decentralized Autonomous Municipal Government from Otavalo.

CAPÍTULO I

1 ANTECEDENTES

Actualmente el Gobierno autónomo Descentralizado de Otavalo carece de un diseño de una red de acceso de fibra óptica FTTB (Fiber to the Building) capaz de interconectar sus 8 dependencias Municipales, en mencionada ciudad aún no se ha podido incurrir con una opción de tecnología que sea capaz de mejorar los servicios actuales que disponen cada una de ellas.

1.1 PROBLEMA

La necesidad de mantenerse comunicados y poder intercambiar información de forma ágil y segura, es uno de los mayores retos que se tienen que enfrentar diariamente. A medida que pasa el tiempo aumentan los usuarios y sus exigencias a la red de comunicaciones, por lo cual requieren de enlaces de mayor capacidad, los mismos que se obtienen incrementando el ancho de banda, mediante la utilización de frecuencias más altas reflejadas en la implementación de un tendido de cobre, o implementación de más repetidores para enlaces de radio.

Actualmente, el Gobierno autónomo descentralizado de Otavalo dispone de una estructura de transmisión de datos que interconecta sus dependencias con enlaces inalámbricos y fibra óptica, para otras a través del proveedor de servicios CNT EP Imbabura. Estos enlaces representan muchos gastos y trámites debido a que cada enlace representa un servicio adquirido. En muchas ocasiones los enlaces inalámbricos presentan fallas debido al cambio de clima (invierno) disminuyendo la calidad del servicio, y por ende molestias entre los empleados y ciudadanos al no ser atendidos inmediatamente.

Con este trabajo de investigación se quiere garantizar la transferencia de datos confiable usando como medio de transmisión la fibra óptica en el diseño de la red de acceso FTTB (Fiber to the Building) para las 8 entidades municipales. Se analizará la ruta del cable que interconecte los puntos o nodos deseados, los tipos de ductos a utilizar para el paso de la fibra, distancia entre postes para instalación aérea, tipo de montaje y cálculos de pérdidas.

Con este proyecto se espera aportar al crecimiento y desarrollo del manejo de la información, que conjuntamente beneficie al crecimiento del cantón y la tecnología, haciendo más fácil y eficaz las actividades municipales.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 GENERAL

Diseñar una red de acceso de fibra óptica mediante la tecnología FTTB (Fiber to the Building) para interconectar 8 dependencias del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Otavalo.

1.2.2 ESPECÍFICOS

- Realizar un estudio teórico de las tecnologías de acceso por fibra óptica, para conocer diferentes tipos de fibra óptica existente, características principales, fundamentos de la transmisión, normativas relacionadas a la conexión e instalación de cabezas de fibra óptica, identificando los lugares de las entidades dentro de la ciudad de Otavalo.
- Realizar el levantamiento de información de la capacidad instalada en el GAD de Otavalo, para tener una perspectiva del funcionamiento actual de la interconexión entre edificios municipales mediante visitas técnicas al sitio.
- Realizar un estudio de las posibles rutas que tendrá la red de acceso FTTB mediante la visita técnica para determinar los lugares indicados por donde se realizará el tendido del cable de fibra óptica, el cual puede ser aéreo o aterrado.
- Diseñar la red de acceso fundamentada en la tecnología de fibra óptica FTTB (Fiber to the Building), para mejorar la calidad en los servicios y aplicaciones, para ello se considerarán parámetros teóricos y técnicos como: el número de usuarios proyectados, ancho de banda requerido, además de definir el lugar donde se encontrarán los equipos tanto de la central OLT (Optical Line Terminal) como de los usuarios ONUs (Optical Network Unit), y así establecer la forma de despliegue de la red de fibra óptica.
- Efectuar un análisis Costo/Beneficio del proyecto, para determinar el aporte del proyecto para el GAD de Otavalo.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La Universidad Técnica del Norte con el desarrollo del presente proyecto de investigación es un aporte para la comunidad Otavaleña. Ya que actualmente el desarrollo de la zona urbana y rural del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Otavalo, se ha consolidado la planificación y construcción de obras prioritarias y ejecución de proyectos para el cantón Otavalo, dentro de una organizada proyección a corto y largo plazo que vaya en beneficio de la ciudadanía. ("Municipio de Otavalo: Obras prioritarias ejecutadas en el 2014," 2015)

Por tal motivo el presente proyecto tiene como finalidad proponer una solución que ayude a superar los inconvenientes de saturación y congestión, al querer aumentar el número de servicios entre dependencias municipales mediante el diseño de una red de acceso FTTB (Fiber to the Building), que dispone de mayores características en cuanto a capacidad mejorando la calidad en los servicios y aplicaciones que brinda a los ciudadanos y empleados municipales.

De tal forma que el GAD de Otavalo no dispone en la actualidad una red de comunicaciones de alta capacidad que permita comunicar las dependencias e instituciones municipales, con el plan de desarrollo y mejoramiento de la comunicación que dispone cambiando los enlaces de radio por una red de acceso FTTB (Fiber to the Building), el mismo que mediante la red pueda conectar las dependencias municipales, puesto que esta tecnología soporta múltiples servicios, esto ayudará a mejorar la atención de los usuarios mejorando de tal manera la calidad de los servicios prestados.

Por todo lo mencionado el proyecto está dirigido al entorno social, debido a que puede ofrecer nuevos servicios y aplicaciones de telecomunicaciones con mejores prestaciones lo que garantizará un acceso a todos quienes forman parte del Cantón Otavalo. Al mismo tiempo impulsando a que los usuarios estén permanentemente comunicados, de esta manera cumplir con los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir e impulsar el acceso a las TIC's.

1.4 ALCANCE

Se realizará un diseño de una red de acceso con la utilización de la tecnología FTTB (Fiber to the Building), para el Gobierno Autónomo Descentralizado de Otavalo, específicamente para la interconexión de las dependencias municipales: Casa de la Joya, Casa de Turismo, Casa de la Juventud, Bodega Municipal, Comisaria Municipal, El Colibrí, GAD Otavalo (edificación nueva y antigua), para que tengan una conexión estable e independiente de redes comerciales de proveedores de internet.

Se levantará la información de la situación actual en la que se encuentran funcionando estas dependencias municipales, además se determinará el tamaño y número de áreas de servicio.

Posteriormente al haber realizado el estudio teórico y el levantamiento de la información, se procederá a realizar el diseño de la red de acceso FTTB (Fiber to the Building). Esta comienza con determinar la tecnología de acceso que se acople a los requerimientos necesarios para el GAD de Otavalo, en cuanto a red de core distribución y acceso, topología de la red física y lógica, dentro de los parámetros técnicos se analizará: el número de usuarios, ancho de banda requerido. Luego se desarrollará el diseño de la ODN (Optical Distribution Network); donde se contemplará toda la parte pasiva que existe entre los equipos activos de la red como: splitters ópticos, cables de F.O. y mangas.

A continuación, se determinará la mejor ruta ya sea utilizando los postes de la red eléctrica o realizando un plan de soterramiento para la red de acceso dentro de la ciudad, teniendo en cuenta que la posible implementación canalizada es mucho más costosa que la aérea. Posteriormente se procederá a seleccionar los equipos terminales ONUs (Optical Network Unit) dependiendo de las características de red de cada una de las dependencias.

Finalmente se hará el análisis Costo-Beneficio, que permitirá la factibilidad del proyecto a ser desarrollado.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se realiza una explicación de las tecnologías de acceso por fibra óptica desde sus inicios, protocolos, estándares a los cuales se aplica en el diseño de redes, elementos y componentes necesarios para la infraestructura de red. Parámetros principales de la transmisión de información mediante una red de la fibra óptica en la que se describirán el funcionamiento de los sistemas ópticos y tipos de fibra óptica.

2.1 HISTORIA DE LA FIBRA ÓPTICA

En la actualidad la fibra óptica es considerada como el principal medio de transmisión de información a nivel mundial en lo que se refiere a las telecomunicaciones. Esto es posible gracias a sus prestaciones ópticas que desde sus inicios ha sido transportar grandes cantidades de datos a través de la luz.

En junio de 1960 el Dr. Theodore Maiman un físico que en el laboratorio de Hughes inventó el primer láser que realmente era un rubí sintético. El éxito conseguido incentivo a los investigadores a convertir la luz en un medio de comunicación por un periodo de 10 años, en 1970 se produjo el avance que dio notación en Corning Glass Works que logro mostrar fibras de algunos cientos de metros de largo con un índice gradual con atenuaciones de 20 db/Km. Para el año de 1977, una empresa de telefonía de Long Beach, envió la primera transmisión de atreves de fibra óptica.

En el año de 1981 se planea los sistemas multimodos de 1300 nm con este tipo se podía decir que una señal podía atravesar 240 Km y se podía detectar, en el siguiente año ya se introduce la fibra monomodo y para el año de 1985 ya se planea el sistema monomodo de 1550 nm lo cual permite en el año de 1988 realizar el primer enlace transoceánico utilizando este medio de trasmisión, es desde entonces la fibra óptica se ha empleado para este tipo de enlaces y a medida q ha ido pasando el tiempo el uso se va extendiendo desde ser parte de una red troncal de operadoras de servicio hasta actualmente llegar con este medio a los usuarios finales. (Beltran , 2015)

2.2 FIBRA ÓPTICA

2.2.1 ¿QUÉ ES?

La fibra óptica se define como un medio de transmisión usado en la actualidad para implementar redes de datos, consiste en un hilo fino que puede ser de materiales como el vidrio o plástico, por el cual viajan pulsos de luz generados por un láser o un led.

2.2.2 ESTRUCTURA DE LA FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica es una guía cilíndrica por donde viaja los haces de luz, en donde la variación del tamaño y su estructura física determinan sus características principales como se observa en la **FIGURA 2. 1**

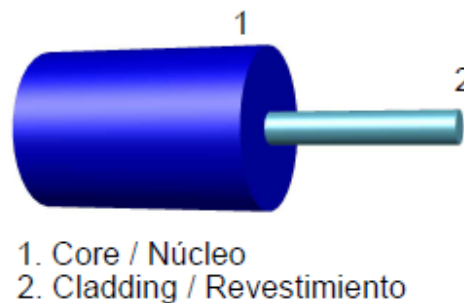


FIGURA 2. 1: Estructura del hilo de fibra óptica

Fuente: Diseño de Redes de Fibra Óptica, Beltrán J. Mejorada: AutoCAD

Tanto el núcleo como el revestimiento se encuentran conformados de vidrio o plástico, los mismos que pueden combinarse indistintamente: los dos componentes de vidrio o de plástico y combinado Core de vidrio y Cladding de vidrio o viceversa.

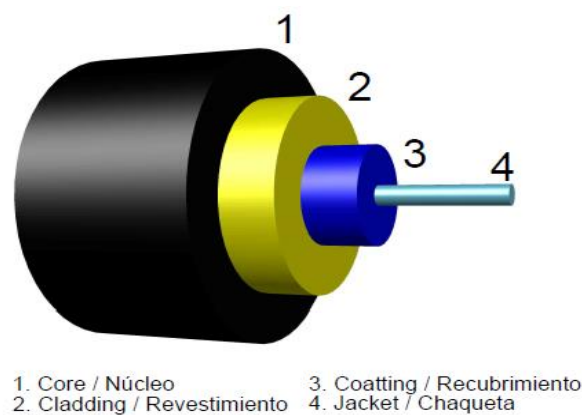


FIGURA 2. 2: Estructura básica de un cable de fibra óptica

Fuente: Diseño de Redes de Fibra Óptica, Beltrán J. Mejorada: AutoCAD

2.2.2.1 CORE (NÚCLEO)

Se trata de la parte central; lugar de tránsito de la onda de luz, la cual por sus características intrínsecas presenta un índice de refracción diferente al del revestimiento, como se observa en la **FIGURA 2. 3**

(n1): índice de refracción del núcleo.

➤ (n2): índice de refracción del revestimiento.

Por lo tanto, $n_1 > n_2$

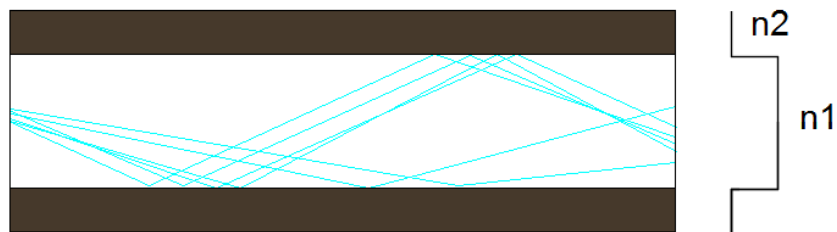


FIGURA 2. 3: Identificación de los índices de refracción de núcleo y revestimiento.

Fuente: Diseño de Redes de Fibra Óptica, Beltrán J, Mejorada: AutoCAD 2016

2.2.2.2 CLADDING (REVESTIMIENTO)

Cubre al núcleo como una protección y reduce la salida de luz de la parte central, incrementa el grosor del hilo de fibra para que pueda ser más fácil la manipulación.

2.2.2.3 COATING (RECUBRIMIENTO)

Recubrimiento primario, encargado de proteger el revestimiento de daños físicos y/o mecánicos.

2.2.2.4 JACKET (CHAQUETA)

Proporciona fortalezas intrínsecas, todo esto depende de las aplicaciones o del lugar en el que va a ser utilizado el cable, está fabricado de materiales muy resistentes.

2.3 PROPIEDADES DE LA LUZ

2.3.1 LONGITUD DE ONDA (λ)

La luz tiene un periodo similar a la naturaleza de una onda, la cual tiene un periodo de repetición llamado longitud de onda. Representa la distancia medida en nm entre picos de una onda como se observa en la **FIGURA 2. 4**

En la fibra óptica es muy importante debido a que representa el comportamiento de la luz que viaja por la fibra, la misma que determina la dispersión y la atenuación.

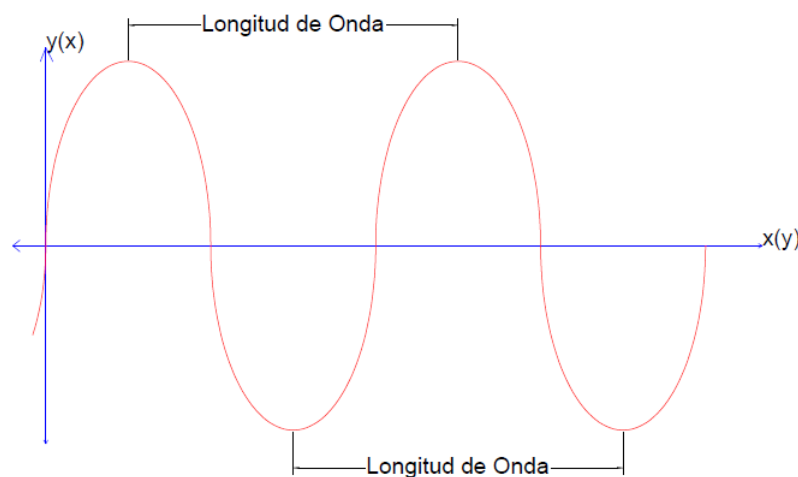


FIGURA 2. 4: Representación de la Longitud de Onda.

Fuente: Diseño de Redes de Fibra Óptica, Beltrán J. Mejorada: AutoCAD

La reflexión se da cuando existe un cambio de la velocidad de la luz al tener contacto con un medio diferente. Pongamos un ejemplo típico y cotidiano cuando miramos al cielo mientras los rayos de luz golpean dentro de un ángulo crítico. Si vemos el agua más y más cerca hacia los pies, observamos que, a cierto ángulo, nosotros dejamos de ver el cielo y en su lugar podemos ver dentro del agua. A esto se le denomina el ángulo crítico. Un término técnico para el ángulo crítico es apertura numérica en siglas (NA). (Beltran , 2015)

2.3.2 REFRACCIÓN

La refracción hace referencia a un haz de luz que se traslada de un medio a otro, los mismos que tienen en su entorno una velocidad de la luz diferente, se produce únicamente si el rayo de luz se propaga oblicuamente sobre la superficie de separación de los dos medios y también si los índices de refracción son diferentes.

2.3.3 ATENUACIÓN

Es un factor fundamental que limita el rendimiento de los sistemas de comunicación por fibra óptica. Son las pérdidas de potencia dentro del sistema por el factor distancia durante el recorrido de un haz de luz en el caso de la fibra óptica.

La distancia de transmisión es una limitante inherente del sistema de fibra óptica, si consideramos que los receptores requieren una cantidad mínima de potencia para reconocer la señal de transmisión. (GCO, 2015)

2.4 VENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA

- **Ancho de banda.** - Los sistemas de comunicaciones basados en fibra óptica disponen de mayor capacidad para transportar información.
- **Inmunidad al ruido.** - dispone de inmunidad a interferencias causadas por relámpagos, motores eléctricos, etc.
- **Interferencia electromagnética.** – Los sistemas tienen una inmunidad a cables que se encuentren contiguos y que pueden crear un campo magnético.
- **Peso.** – La fibra óptica como tal en comparación a un conductor de cobre es relativamente liviana es por eso una ventaja, debido a que facilita al técnico operar con facilidad.
- **Temperatura.** – Un factor importante debido a que es fabricada a altas temperaturas, soporta temperaturas aproximadamente (-55°C – 85°C), por tal motivo garantiza la resistencia al calor y al frío. (Beltrán, 2015). Reduce considerablemente el peligro de provocar incendios en comparación a los conductores de cobre.

2.5 DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA

- **Costo.** - Es un factor que hay que tomar en cuenta debido a que se requiere una transformación de señales eléctricas a ópticas al momento de implementar un sistema de comunicaciones de fibra óptica.
- El mantenimiento y la instalación de los sistemas de fibra óptica son muy complejos que los convencionales por lo que implica aumento de costos.
- Se requiere mano de obra especializada y equipamiento especializado para implementar un sistema óptico.

2.6 TIPOS DE FIBRA ÓPTICA

Se puede clasificar en varios tipos de fibra óptica, pero para el caso de estudio se clasificó en monomodo y multimodo. Para las cuales existen varias diferencias entre las más significativas están: el diámetro del núcleo y la distancia de transmisión.

Se puede usar unos de los valores habituales de acuerdo a la siguiente tabla:

TABLA 2. 1: Valores habituales de la Fibra Óptica

Tipo	Diámetro del núcleo (um) / Diámetro del revestimiento (um)
Multimodo	50 / 125 - 62,5/ 125
Monomodo	8-10 / 125

Fuente: Manual de Redes de Fibra Óptica (2014), Ing. Juan P. Beltrán

2.6.1 MULTIMODO

Multimodo dice que muchos rayos luminosos viajan de muchos modos, cada uno de los cuales sigue un camino diferente dentro de la fibra óptica, como se indica en la (Figura 4). Este efecto hace que su ancho de banda sea inferior al de las fibras monomodo. Por el contrario, los dispositivos utilizados con las multimodo tienen un costo inferior (LED). Este tipo de fibras son las preferidas para comunicaciones en pequeñas distancias, hasta 10 Km. (OPTRAL, 2015)

2.6.1.1 MULTIMODO DE ÍNDICE GRADUAL

Es el tipo de fibra con el más grande núcleo con 2500 composiciones químicas y un ancho de banda incrementado, la velocidad de la luz en el centro del núcleo es más baja y se va aumentando a medida que se acerca al revestimiento.

Los rayos que viajan por el centro del núcleo son los que recorren la ruta más corta a velocidades lentas, los rayos con alguno crítico la ruta más larga a una gran velocidad lo que hace que se pueda usar varias longitudes de onda y llegar a reducir considerablemente la dispersión. (Beltran , 2015)

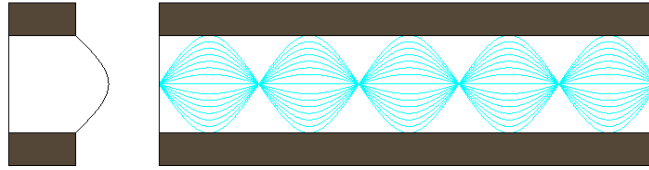


FIGURA 2. 5: Multimodo de índice gradual

Fuente: Diseño de Redes de Fibra Óptica, Beltrán J, Mejorada: AutoCAD 2016

2.6.1.2 MULTIMODO DE ÍNDICE ESCALONADO

Fue el primero en crearse, habitualmente fabricado de material de plástico, su característica principal es que su núcleo es muy grande, presenta una única composición química y tiene en su funcionamiento un ancho de banda reducido al momento de transmisión. En este tipo de fibra los rayos emitidos por la fuente en un mismo pulso pueden viajar paralelo al eje de la fibra por tal motivo los rayos llegan en diferentes tiempos, lo que aumenta considerablemente la dispersión.

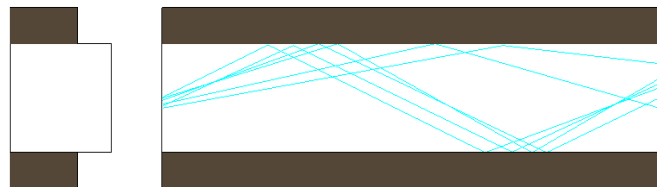


FIGURA 2. 6: Multimodo de índice escalonado.

Fuente: Diseño de Redes de Fibra Óptica, Beltrán J, Mejorada: AutoCAD 2016

2.6.2 MONOMODO

El diámetro del núcleo de la fibra es muy pequeño y sólo permite la propagación de un único modo o rayo (fundamental), el cual se propaga directamente sin reflexión. Este efecto causa que su ancho de banda sea muy elevado, por lo que su utilización se suele reservar a grandes distancias, superiores a 10 Km, junto con dispositivos de elevado coste (LÁSER). (OPTRAL, 2015)



FIGURA 2. 7: Fibra Multimodo

Fuente: Diseño de Redes de Fibra Óptica, Beltrán J, Mejorada: AutoCAD 2016

2.7 COMUNICACIÓN EN FIBRA ÓPTICA

El principio de como la luz viaja a través de la fibra se basa principalmente en los principios de refracción y reflexión, cuando un rayo llega al límite de separación entre dos materiales con diferente índice de refracción se refleja hasta el primer medio y el restante es refractado cuando ingresa al otro medio. Por lo tanto, el índice de refracción del revestimiento (n_1) debe ser más pequeño que el índice de refracción del núcleo (n_2).

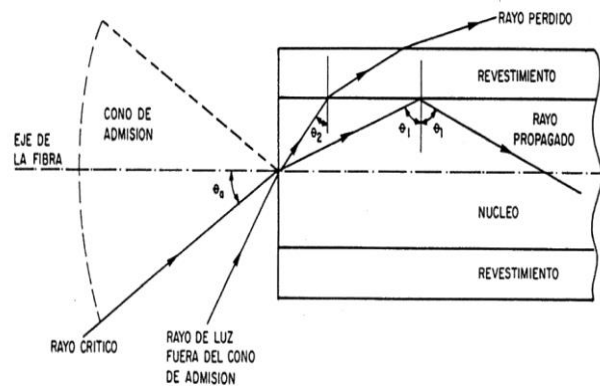


FIGURA 2. 8: Transmisión de la luz en una fibra óptica.

Fuente: Teoría de la luz y transmisión de datos por fibras ópticas (Martin, 2015). Recuperado de: <http://perso.wanadoo.es/aldomartin1/caracteristicas.htm>

2.7.1 BANDA ESPECTRAL

El espectro que abarca va cerca de 5nm (ultravioleta) hasta 1nm (infrarrojo), de donde las comunicaciones ópticas usan la banda espectral desde 800 a 1625nm. La ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) designa seis bandas espectrales que se usan en sus comunicaciones ópticas que van dentro del rango de 1260 a 1675 nm. Las regiones son conocidas por las letras O, E, S, C, L Y U, que se detallan a continuación en la siguiente tabla detallando las ventanas de trasmisión:

TABLA 2. 2: Ventanas de transmisión de la fibra optica.

Ventana	Tipo de fibra
850 nm	Multimodo
1300 nm	Multimodo/Monomodo
1550 nm	Monomodo
1625 nm	Monomodo
1330nm – 1520nm	Monomodo

Fuente: Manual de Redes de Fibra Óptica (2014), Ing. Juan P. Beltrán

2.7.2 ATENUACIÓN

Al transmitirse ondas luminosas a través de una fibra óptica, se pierde parte de su energía debido a las varias imperfecciones que hay en la fibra. Estas pérdidas se denominan atenuación y es una de las características más importantes de una fibra óptica, debido a que determina la configuración del sistema de transmisión óptica: determina la distancia entre los repetidores y el tipo de transmisor y receptor óptico que debe usarse, incluso su longitud de onda. (Martin, 2015)

La atenuación de la fibra óptica se mide en decibeles por kilómetro (dB/km.). Depende fuertemente de la longitud de onda de la luz transmitida (Martin, 2015).

La atenuación o mejor dicho su reducción es la clave del éxito de las técnicas de fibra óptica. La investigación de materiales ha reducido la atenuación de las fibras ópticas de más de 1000 dB/km. a menos de 5 dB/km. Se han logrado producir algunas fibras con atenuación cercana a 0,2 dB/km.

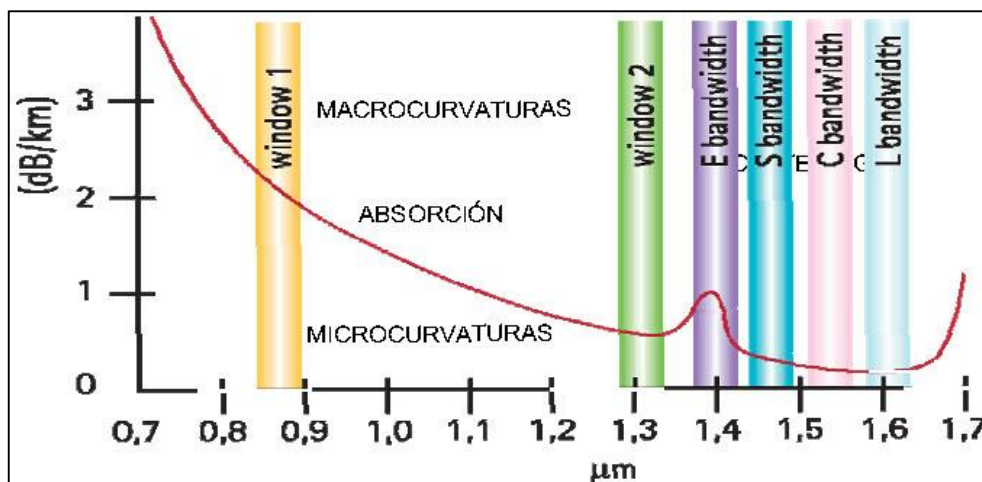


FIGURA 2. 9: Gráfica de atenuación espectral.

Fuente: Curso de Fibra Óptica, Telnet Redes inteligentes.

2.7.3 DISPERSIÓN

La dispersión supone una reducción del ancho de banda pues al ensancharse los pulsos, se limita la tasa de transmisión. La dispersión se caracteriza mediante el parámetro D (ps/nm·km), que indica el ensanchamiento del pulso. Este ensanchamiento aumenta con la longitud recorrida y con el ancho espectral de la fuente óptica. (Martin, 2015).

2.7.3.1 DISPERSIÓN MODAL

Cuando varios haces de luz arriban a un destino en diferentes tiempos de llegada debido a que tienen diferentes trayectorias. Se debe a que los distintos modos de una fibra óptica tienen distintas velocidades al propagarse en el medio. Esto se puede ver pensando, según la teoría de la óptica de rayos, en la diferencia que de caminos recorre la luz por la fibra según el modo al que se acople. (Linares & Jardón)

2.7.3.2 DISPERSIÓN CROMÁTICA

Se da cuando el ancho espectral de la fuente de luz las mismas que emiten en una longitud de onda, las mismas que viajan en diferentes longitudes de onda y llegan a su destino a diferentes tiempos. Trata del retardo espectral de un pulso óptico conforme se propaga por la fibra. La Fibra Óptica convencional tiene un coeficiente de dispersión positivo; Esto quiere decir que a mayores longitudes de ondas se tiene un mayor tiempo de tránsito a través de la fibra comparado con las longitudes de ondas cortas. Este diferencial de retardo hace que el pulso se deforme. (Linares & Jardón)

2.7.3.3. DISPERSIÓN MATERIAL

Ocurre en el núcleo por su naturaleza, en el caso de las fibras de vidrio el cual tiene material amorfo es decir que no tiene estructura de cristal. En donde dos rayos de luz pueden viajar en la misma ruta y en la misma longitud de onda.

2.7.3.4 DISPERSIÓN DE GUÍA DE ONDA

Se origina porque la propagación de la luz en una guía de onda depende de la longitud de onda, así como de las dimensiones de la guía. La distribución de la luz entre el núcleo y el cladding cambia con la longitud de onda. (GCO, 2015)

2.7.4 SISTEMAS DE TRANSMISIÓN ÓPTICO

Los sistemas de transmisión de fibra óptica utilizan enlaces de datos que funcionan de forma similar a la que se ilustra en la **FIGURA 2. 10**

Cada enlace de fibra consta de un transmisor en un extremo de la fibra y de un receptor en el otro. La mayoría de los sistemas operan transmitiendo en una dirección a través de una fibra y en la dirección opuesta a través de otra fibra para así tener una transmisión bidireccional. Es posible transmitir en ambas direcciones a través de una sola fibra, pero se necesitan acopladores para hacerlo, y la fibra es menos costosa que ellos.

Una red FTTH óptica pasiva (PON) es el único sistema que utiliza transmisión bidireccional sobre una sola fibra porque su arquitectura de red ya utiliza acopladores como base. (óptica, 2014)

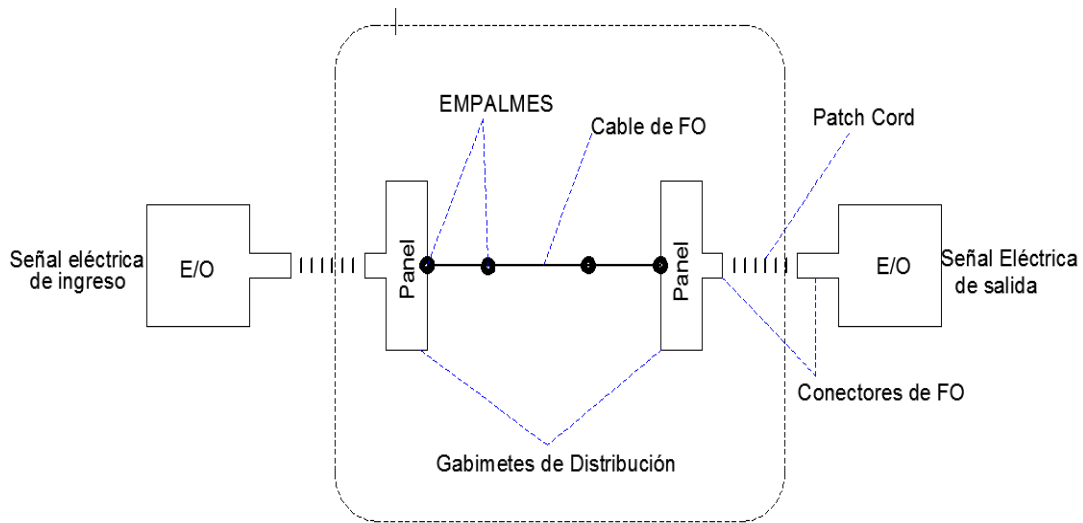


FIGURA 2. 10: Diagrama de sistema de transmisión óptico.

Fuente: Comunicaciones Ópticas, López, J. Obtenido de

http://nemesiis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema1/tema1_5_1.htm

2.8 TOPOLOGÍA DE RED

Las topologías de red permiten realizar una conexión entre estaciones de trabajo con la finalidad de transmitir de información, las cuales se pueden clasificar en lógicas y físicas. La física se refiere a como los cables están ubicados y la lógica a como los datos se desplazan a través de la red.

2.8.1 PUNTO A PUNTO

La red proporciona un enlace de conexión solamente entre dos nodos. Uno de los ejemplos más usuales son las líneas telefónicas ADSL.

2.8.2 PUNTO A MULTIPUNTO

En un enlace punto multipunto, todos los nodos están anclados a un medio de transmisión en común, lo que significa que si un nodo los demás están en la capacidad de recibir la información.

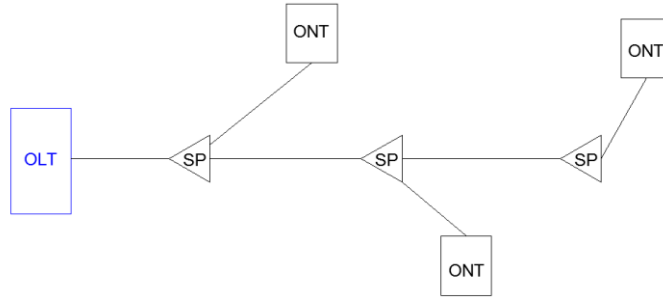


FIGURA 2. 11: Topología Punto Multipunto.

Fuente: Comunicaciones Ópticas, López, J. Mejorado en: AutoCAD 2016

2.8.3 ESTRELLA

En la topología estrella, los datos son transmitidos desde un nodo centralizado a sus nodos múltiples a su contorno el cual está directamente conectado al central. La mayoría de redes PON tienen una topología tipo estrella.

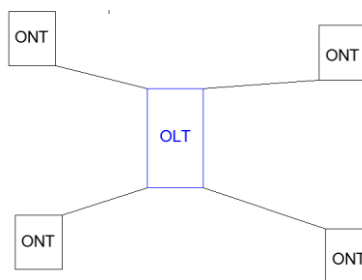


FIGURA 2. 12: Topología estrella.

Fuente: Comunicaciones Ópticas, López, J. Mejorado en: AutoCAD 2016

2.8.4 ANILLO

En la topología de anillo los nodos están ubicados en forma de un anillo dentro de una determinada ubicación, donde un nodo transmite un token hacia otro nodo hasta que llegue a su destino. La topología puede ser unidireccional o bidireccional.

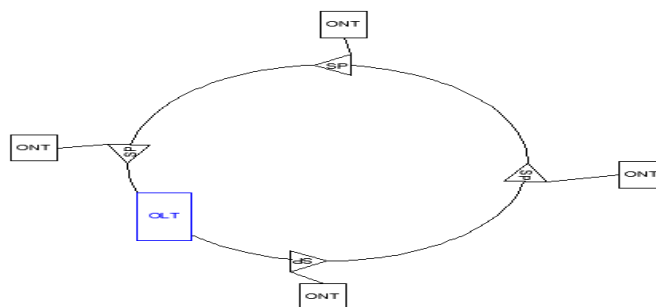


FIGURA 2. 13: Topología anillo

Fuente: Comunicaciones Ópticas, López, J. Mejorado en: AutoCAD 2016

2.8.5 MALLA O ÁRBOL

En la topología tipo malla, todos los nodos tienen múltiples accesos a la red, este tipo de red proporciona y confiabilidad proporciona redundancia, mejora el balanceo de cargas con lo que reduce tiempos de retardo en transmisiones.

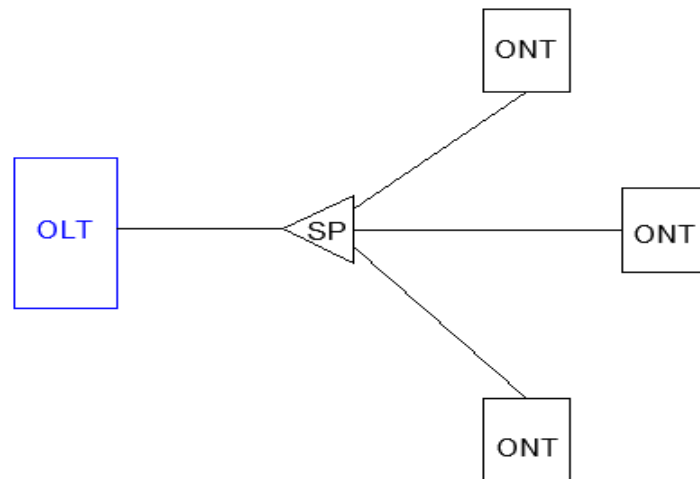


FIGURA 2. 14: Topología árbol o malla.

Fuente: **Comunicaciones Ópticas**, López, J. Mejorado en: AutoCAD 2016

2.9 REDES ÓPTICAS PASIVAS (PON)

Una red óptica pasiva PON (Passive Optical Network) permite eliminar todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente introduciendo en su lugar componentes ópticos pasivos (divisores ópticos pasivos) para guiar el tráfico por la red, cuyo elemento principal es el dispositivo divisor óptico (conocido como splitter). (Jain, 2011)

2.9.1 ATM PON (APON)

“A-PON o ATM-PON (Redes Ópticas Pasivas ATM) está definida en la revisión del estándar de la ITU-T G.983, el cual fue el primer estándar desarrollado para las redes PON. Las especificaciones iniciales definidas para las redes PON fueron hechas por el comité FSAN (Full Service Access Network), el cual utiliza el estándar ATM como protocolo de señalización de la capa 2 (Enlace de datos). Los sistemas APON usan el protocolo ATM como portador. A-PON se adecua a distintas arquitecturas de redes de acceso, como, FTTH (Fibra hasta la vivienda), FTTB/C (fibra al edificio/a la acometida) y FTTCab.” (Henao, 2010)

2.9.2 BROADBAND PON (BPON)

“Esta tecnología de las redes PON surgió como una mejora de la tecnología A-PON para integrar y obtener acceso a más servicios como Ethernet, distribución de video, VPL, y multiplexación por longitud de onda (WDM) logrando un mayor ancho de banda, entre otras mejoras.” (Henao, 2010)

2.9.3 GIGABIT PON (GPON)

“Gigabit-Capable PON (GPON) es otra tecnología perteneciente a la arquitectura PON, la cual está aprobada por la ITU-T en 4 recomendaciones, la G.984.1, G.984.2, G.984.3 y G.984.4. El principal objetivo de GPON es ofrecer un ancho de banda mucho más alto que sus anteriores predecesoras, y lograr una mayor eficiencia para el transporte de servicios basados en IP.” (Henao, 2010)

TABLA 2. 3: Características principales de tecnologías PON

CARACTERÍSTICAS	APON	BPON	GPON
Tasa de transmisión (Mbps)	1250 (modo simétrico)	Bajada: 1244; 622; 155 Subida: 622; 155	Bajada: 2488; 1244 Subida: 2488; 1244; 622; 155
Codificación de línea	8B/10B	NRZ	NRZ
Número máximo de abonados por fibra óptica	32	32	64
Alcance máximo (km)	20	20	60
Estandarización	IEEE 802.3ah	ITU-T G983.x	ITU-T G984.x
Costo de implementación	El menor de todos	Menor a GPON	MEDIO

Fuente: Adaptada de Manual de Redes de Fibra Óptica (2014), Ing. Juan P. Beltrán

2.10 ELEMENTOS DE UNA RED PON

Los elementos principales y generales que conforman una red PON son los que se enumeran a continuación:

2.10.1 OLT (TERMINAL DE LÍNEA ÓPTICA)

Se ubica en nodo del proveedor de servicio, suministra la interfaz entre la PON y los servicios de Red del proveedor que incluyen típicamente: tráfico IP sobre Gigabit, 10G o 100Mbps Ethernet, Interfaces estándar TDM tales como SONET o SDH, ATM UNI a 155-622Mbps. (Beltran , 2015)

2.10.2 ODN (RED DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA)

Suele referirse a la ODN como los diferentes elementos ópticos existentes entre la OLT y las diferentes ONTs/ONUs de la red GPON. Suele estar compuesto de las diferentes fibras ópticas y de los splitters requeridos para diversificar la red. Es muy importante notar que como ya se comentó antes sólo está compuesta por elementos pasivos con el consecuente ahorro de mantenimiento que ello conlleva. (Telecorc, 2014)

2.10.3 ONU (UNIDAD DE RED ÓPTICA)

La ONU es uno de los elementos que pueden registrarse contra una OLT. En este caso se trata de dispositivos de distribución que dan servicio a más de un usuario. Por un lado, ofrece conectividad GPON para la interconexión con la OLT y por otro dispone de diferentes tecnologías para dotar de servicio a los usuarios. Habitualmente suelen ofrecerse con la posibilidad de emplear VDSL2, ADSL2+, Fast Ethernet y POTS. (Telecorc, 2014)

2.10.4 ONT (TERMINAL DE RED ÓPTICA)

Ubicada en el usuario final, termina la red óptica pasiva y presenta los diferentes servicios al usuario. Es usada para redes FTTH, muy básica para usuarios residenciales.

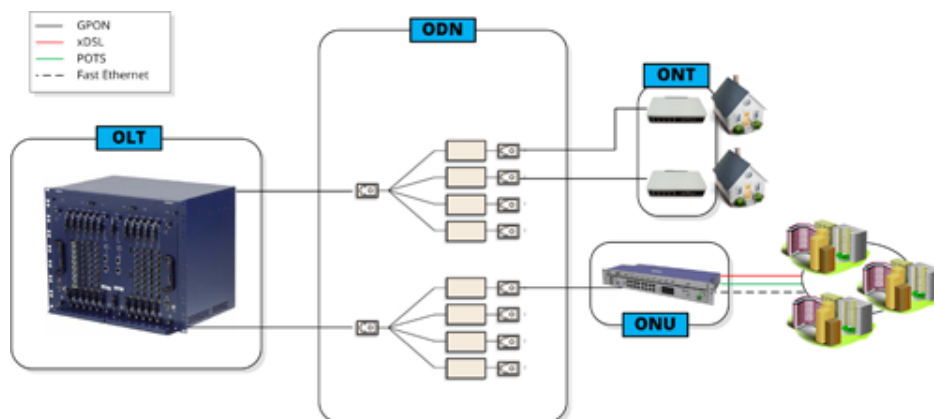


FIGURA 2. 15: Elementos de una red PON

Fuente: Telecorc, Arquitectura y Funcionamiento. Recuperado de:
<http://telecorc.blogspot.com/2014/05/arquitectura-y-funcionamiento.html>

2.11 TECNOLOGÍA FTTX

Una red de acceso FTTX no es más que una red de distribución basada en el despliegue de cable de fibra óptica que llega a distancias determinadas dependiendo del estándar o la aplicación que se esté realizando.

A fin de abastecer servicios de banda ancha a los usuarios finales, en lugares donde remotamente es difícil llegar con tecnologías xDSL, por limitaciones de aspecto técnico en cuanto a condiciones de funcionamiento, surge la idea de acercar los nodos hacia hogares, unidades múltiples y pequeños negocios lo que volvió común al término; Fiber to the x (Fttx, fibra hacia).

Entre los acrónimos usados en la literatura técnica y comercial están los siguientes:

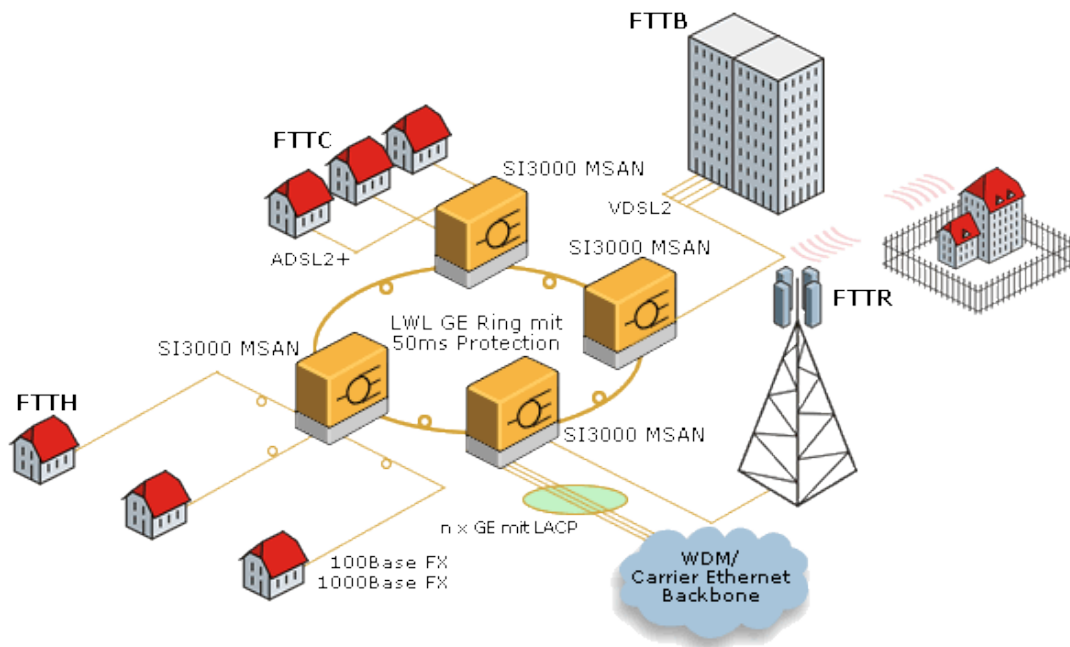


FIGURA 2. 16: Tecnologías ópticas.

Fuente: Itm-Group, factor4 GMD5 Germany GmbH. Recuperado de: <http://www.itm-group.com/web/ftx-konzepte.html>

2.11.1 FTTH (FIBER TO THE HOME)

FTTH se define como la fibra hasta el hogar, es decir la fibra óptica llega al domicilio u oficina del usuario. El cliente no comparte recursos con otros usuarios. Es la alternativa más costosa al momento de implementarla debido al gran costo de sus equipos.

Una ventaja adicional al gran ancho de banda que ofrece consiste en que es una red pasiva, por consiguiente, no emplea elementos activos como: amplificadores, regeneradores, etc.

2.11.2 FTTC (FIBER TO THE CURB)

FTTC es la fibra hasta la acera, en este caso la fibra llega generalmente hasta un armario ubicado en la calle desde donde se distribuirá al usuario por medio de cobre o cable coaxial. Tiene como una de sus principales desventajas que se necesita mayor inversión que FTTH en lo que se refiere a equipos de multiplexación e interfaces de red. La tecnología FTTC compensa costos haciéndola más económica en relación a FTTH, debido a que este último emplea mayor longitud de fibra óptica en relación al primero y principalmente tomando en consideración que los equipos terminales de usuario con interfaz óptico son costosos. La red de acceso con FTTC se considera híbrida en el sentido de que utiliza fibra óptica hasta el punto dónde termina la instalación óptica y a partir de allí hasta el usuario se llega con cobre o cable coaxial.

2.11.3 FTTC AB (FIBER TO THE CABINET)

FTTC ab es la fibra hasta el gabinete, es similar a FTTC, pero servirá a un mayor número de clientes. Al igual que las anteriores, tiene la capacidad de proporcionar al usuario servicios que requieren un gran ancho de banda.

2.11.4 FTTN (FIBER TO THE NEIGHBORHOOD)

FTTN, fibra hasta el vecindario, también es similar a FTTC, la fibra óptica llega hasta un lugar de un barrio o vecindario para desde allí llegar a los usuarios por un medio de transmisión más económico como el cobre.

2.11.5 FTTB (FIBER TO THE BUILDING)

En el caso de FTTB no tiene por objeto llegar hasta cada abonado, sino hasta una ubicación central en cada edificio o bloque de edificios. Desde ese emplazamiento hasta cada vivienda se pueden plantear diferentes soluciones de acceso en base a cada escenario. (Telequismo, 2013)

2.11.5.1 ELEMENTOS

En red FTTB (Fiber To The Building) se puede encontrar cuatro elementos principales que hacen su composición los cuales se describen a continuación y se muestran en la **FIGURA 2. 17**

Terminal de línea óptica (OLT)

- Cables de fibra óptica y componentes (ODN)
- Terminal de red óptica (ONU)
- A cada extremo dispone de sus elementos activos.

Aparece en este caso un nuevo elemento de red que será el encargado de llevar a cabo la conexión entre la OLT y el usuario, se trata de la ONU (Optical Network Unit). Este elemento conectará con la OLT a través de uno o varios puertos GPON y encaminará los datos a los abonados, realizando las funciones de un nodo de distribución. (Telequismo, 2013)

2.11.5.2 CARACTERÍSTICAS

- Este tipo de redes permiten reutilizar parte de las infraestructuras existentes pudiendo a través de la misma ofrecer servicios xDSL con la calidad que permite ofrecer un tendido de par de cobre de tan corta distancia. (Telequismo, 2013)
- Se trata por decirlo de alguna manera de acercar la central hasta casa del abonado. Y brindar un buen servicio y mejor distribuido.
- El caso de que el edificio contara con cableado estructurado podría ofrecerse el servicio a través de Fast Ethernet (100 Mbps full-duplex).
- En este tipo de redes, la capilaridad crece exponencialmente dado que el splitting óptico ya no va a limitarnos a nivel de abonado si no de ONUs.
- FTTB permite conectar 128 ONUs y sus correspondientes abonados donde antes se podía usar 128 ONTs por cada puerto GPON de la OLT. Es decir, se puede cubrir las mismas ONUs que ONTs en FTTH. (Telequismo, 2013)

2.11.5.3 IMPORTANTE TENER EN CUENTA SOBRE FTTB

Tener en cuenta que las ONUs suelen ofrecerse en formato modular de cara a adaptarse a cada escenario y en base a cada tecnología de acceso presentará diferentes limitaciones, pero se estima que pueden dar servicio a unos 128 usuarios. Es decir, el potencial de cobertura de una OLT a nivel físico en un escenario FTTB se obtendría de multiplicar el número de ONUs (16.384, las mismas que ONTs en FTTH) por los abonados potenciales de cada ONU (128), obteniendo un resultado de 2.097.152 usuarios.

Los usuarios de un edificio se conectarán de forma simultánea la capacidad disponible sería inferior, ya que un puerto GPON que antes ofrecía servicio a un máximo de 128 usuarios ahora debe hacerlo para un máximo de 128 ONUs y sus respectivos abonados, es decir, 16.384 usuarios. De esta forma, teniendo en cuenta la capacidad de cada puerto GPON (2.5/1.25 Gbps) se obtendría unas capacidades máximas de 0.15 y 0.07 Mbps de downstream y upstream respectivamente, teniendo en cuenta que la cantidad de usuarios asignados a cada puerto de la OLT estén totalmente en uso.

Como es obvio, ningún operador llevará a cabo tal saturación de los caudales, pero sí sirve para darse cuenta de que se debe diseñar con sumo cuidado una red FTTB, si la asignación de abonados a un solo puerto GPON excede, el servicio ofrecido es muy pobre. (Telequismo, 2013)

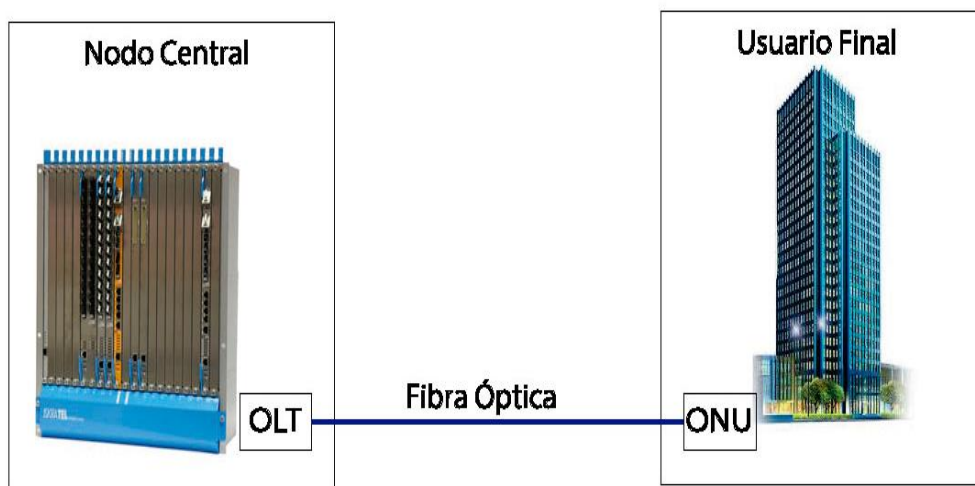


FIGURA 2. 17: Estructura de la red FTTB.

Fuente: Desarrollo del proyecto, Modificada en: Adobe Illustrator.

2.12 ELEMENTOS REQUERIDOS PARA EL MONTAJE DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA

Para la estructura y el levantamiento de la ODN (Optical Network Distribution), se requiere elementos que se usan durante la trayectoria de las rutas de la red de distribución pasiva.

2.12.1 HERRAJES PARA CABLE AUTO SOPORTADO

Son accesorios de acero galvanizado cuya principal función es sujetar el cable al poste. Se utiliza los mismos tipos de herrajes de terminal o de paso; en la instalación regularmente se utiliza en conjunto con collarines o con cinta acerada.

2.12.1.1 HERRAJE DE TERMINAL TIPO A

Utilizados para inicio y fin de la trayectoria aérea, también se usa cuando un cable va a formar un ángulo menor a 180° , cruce de quebradas y calles. En tramos rectos intercalando con herrajes tipo B dependiendo del vano del cable y la separación entre postes.



FIGURA 2. 18: Herraje de terminal Tipo A

Fuente: Electrosur, Recuperado de: <http://www.electrosur.com.ec/paginas/herraje2.htm>

2.12.1.2 HERRAJE DE TERMINAL TIPO B

Utilizados generalmente para trayectorias rectas, pues la finalidad es la de sujetar el cable de fibra óptica al poste.



FIGURA 2. 19: Herraje de terminal Tipo B o de Paso

Fuente: ElectroSur, Recuperado de: <http://www.electrosur.com.ec/paginas/herraje2.htm>

2.12.1.3 HERRAJE DE TERMINAL TIPO PREFORMADO

Los herrajes de tipo preformados son terminales que permiten sujetar el cable de manera envolvente sobre su chaqueta haciendo curvaturas suaves a través de una mayor separación desde el poste, utilizando: (CNT, 2012)

- El herraje tipo A básico (1) adicionando
- Brazos extensores (2)
- Preformados (2) a cada lado del cable para sujeción todo esto compone el kit del herraje.

RETENCIONES O AMARRES PARA CABLES DE FIBRA ÓPTICA ADSS

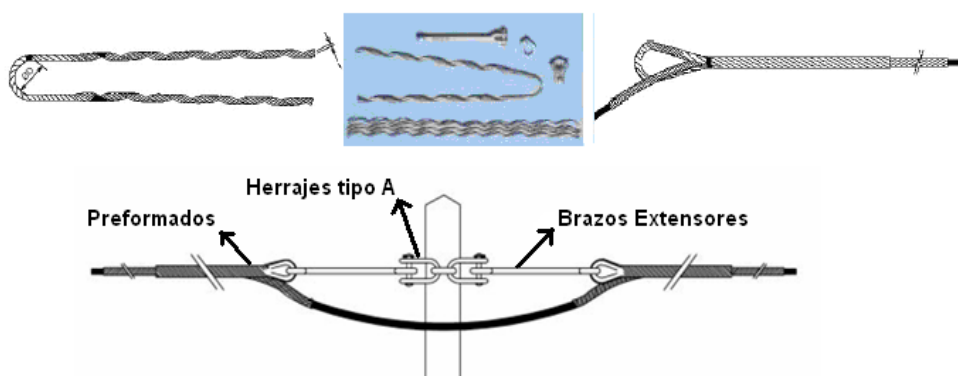


FIGURA 2. 20: Ejemplo de cable preformado.

Fuentes: CNT Manual Técnico (CNT, 2012)

2.12.2 TIPOS DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA

La ITU-T en sus recomendaciones usadas para tendido de cable de fibra óptica en enlaces para planta externa e interna, las clasifica de la siguiente manera según la **TABLA 2. 4** que se detalla a continuación.

TABLA 2. 4: Tipos de cables de FO según el estándar.

IYU-T Rec. No	Descripción
G.651	Fibra multimodo para uso a 850nm en un campus.
G.652 d, a, b	Fibra monomodo estándar (1310nm optimizada).
G.651 c	Fibra Low-water-peak (LWP).
G.651 d	Fibra LWP y Low dispersión para PON.
G.654	Para aplicaciones submarinas de larga distancia.
G.655 a, b	Non zero dispersion shifted fiber NZDSF for long haul.
G.656	Low chromatic dispersión fiber para CWDM.

Fuente: Manual de Redes de Fibra Óptica (2014), Ing. Juan P. Beltrán

Los parámetros de las fibras ópticas monomodo para largas distancias o enlaces troncales, para aplicaciones múltiples éstos deben cumplir con los requerimientos o recomendaciones que dice en el estándar Rec. UIT-T G.655. Las características constructivas del cable de fibra óptica se encuentran en el catálogo de materiales homologados, que se detallan a continuación en la **TABLA 2. 5**

TABLA 2. 5: Tipos de cable de fibra óptica

NOMBRE / IMAGEN	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN	CAPACIDAD
<p>LOOSE TUBE</p> 	<p>Las fibras se encuentran dentro de un buffer (tubo de plástico), de manera holgada.</p> <p>Los buffers se encuentran alrededor de un elemento central.</p>	<p>Redes acometidas canalizadas, aéreas con sujeción y directamente enterrada.</p>	<p>Manejan altas capacidades de cables. (6 a 96 hilos)</p>
<p>CENTRAL LOOSE TUBE</p> 	<p>Contienen un solo buffer central.</p>	<p>Recomendados para redes acometidas canalizadas</p>	<p>Manejan bajas capacidades de cables hasta 12 hilos.</p>
<p>AEREOS – ADSS</p> 	<p>Puede ser tipo loose tube o central loose tube. No tiene partes metálicas.</p>	<p>Se utiliza para tendidos aéreo.</p>	<p>Manejan altas capacidades de cables. (6 a 96 hilos)</p>
<p>AEREOS – FIGURA 8</p> 	<p>Su nombre se debe a su forma física.</p> <p>Consta de un mensajero de acero pegado al cable. (cubierto por la misma chaqueta)</p>	<p>Se utiliza para tendidos aéreo.</p>	<p>Manejan altas capacidades de cables. (6 a 96 hilos).</p>
<p>CABLE PLANO</p> 	<p>Es de forma ovalada-plana, fácil manipuleo, liviano. Suele ser tipo central loose tube.</p>	<p>Se utiliza para acometidas.</p>	<p>Bajas capacidad de cables hasta 24 fibras</p>
<p>PATCHCORDS</p> 	<p>Se constituye por un hilo de fibra con una chaqueta de 2 mm y 2 conectores en los extremos.</p>	<p>Los patchcords conectan el ODF con el equipo activo (uso interior).</p>	<p>2 fibras</p>
<p>PIGTAILS</p> 	<p>El pigtail es un hilo de fibra con una cubierta de 900 um, sus longitudes son variables y pueden tener cualquier tipo de adaptador.</p>	<p>Se fusiona con un hilo del cable de fibra óptica y conectarse a un adaptador del ODF, tienen conector solo en uno de sus extremos.</p>	<p>1 fibra</p>

Fuente: Normas de diseño de planta externa con fibra óptica, CNT.

CAPÍTULO III

3 DISEÑO RED DE ACCESO FTTB (FIBER TO THE BUILDING) PARA EL GAD DE OTAVALO

En este capítulo se describe la red de acceso que dispone en la actualidad el GAD Municipal de Otavalo y sus 8 dependencias, mediante un diagrama general de ubicación de las dependencias municipales las mismas que se conectan al edificio principal, y una descripción de equipos actualmente usados para la interconexión junto con las características de los mencionados equipos.

También se especifica la capacidad de transmisión de información que dispone cada dependencia municipal, para lo cual se toma como referencia la velocidad de transmisión lo cual determinará la necesidad de migrar de tecnología de enlaces de radio a una red de acceso FTTB (Fiber to the Building), tomando en cuenta la necesidad de cada dependencia municipal.

Se presenta el diseño de la red de acceso FTTB (Fiber to the Building) que requiere el GAD Municipal de Otavalo con el propósito de interconectar las oficinas municipales con sus dependencias y así tengan una red de acceso con mayores prestaciones que la que poseen en la actualidad. Para realizar el diseño de la red de acceso FTTB se define la ubicación geográfica de las dependencias lo cual ayuda al despliegue del cable de fibra óptica por las calles de la ciudad y va a ser aérea o subterránea todo esto dependerá de la geografía y situación de la ciudad, esto ayudará a la elección del tipo de fibra.

Siguiendo las especificaciones de la tecnología, se escogen los equipos que se utilizan para la OLT, ODN y la ONU partes necesarios para el diseño de la red de acceso de conexión a cada dependencia, de la misma forma se realiza una descripción de los parámetros de transmisión en cuanto a atenuación y ancho de banda requeridos entre las diferentes dependencias, número de usuarios actuales y proyectados, las aplicaciones y servicios que se pretenden prestar.

3.1 SITUACIÓN ACTUAL

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Otavalo trabaja en función y requerimientos de los ciudadanos ofreciendo servicios diferenciados en cada una de las dependencias municipales, por tal motivo requiere de un enlace de fibra óptica, de esta forma tener acceso a información propia del municipio y acceso a internet.

El Municipio provee de enlace de datos e internet a cada una de las dependencias en su gran mayoría con la tecnología inalámbrica. Sin embargo por las características de la tecnología utilizada hasta el momento no es lo suficientemente capaz de albergar aplicaciones futuras que requieren una gran capacidad en cuanto se refiere al ancho de banda, se espera que el número de trabajadores en cada dependencia aumente paulatinamente esto por consecuencia del aumento de la población en Cantón Otavalo que se considera una ciudad en crecimiento, los usuarios requieren una atención rápida a cada uno de sus trámites que maneja el GAD de Otavalo.

Por tal motivo es indispensable que el GAD de Otavalo cuente con un medio de transmisión robusto, que proporcione mayor ancho de banda a cada una de las dependencias municipales, entonces una red de acceso FTTB es una solución indispensable, puesto que la fibra óptica al ser inmune a la interferencia, tener menor atenuación, proveer mayor ancho de banda y permitir llegar con distintos tipos de servicios al usuario final a distancias considerablemente grandes, pone en ventaja a este medio, frente, a la tecnología inalámbrica actual, lo que ayudará a seguir cumpliendo con el desarrollo de la zona urbana y rural del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Otavalo, y como principales beneficiarios toda la ciudadanía Otavaleña.

El GAD Municipal de Otavalo en la actualidad cuenta con un carrier de prestigio como es la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) de la Provincia de Imbabura. El GAD Municipal de Otavalo tiene hasta la actualidad 4 enlaces de datos con mencionada empresa de telecomunicaciones contratado planes diferentes como se muestra en la **FIGURA 3. 1**

Para dichos enlaces ópticos se usa el cable óptico monomodo de 6 hilos de fibra canalizado ADSS G.652D, el mismo que permite altas velocidades de trasmisión tanto de UP/DOWN simultáneamente.

Los 6 Hilos del cable canalizado que llegan del proveedor se distribuyen mediante un ODF G. G55/C de 6 Hilos - Terminación FC - PC de apertura frontal. De esta forma se usa uno de los hilos que es conectado directamente a un conversor que es el encargado de transformar la señal óptica a eléctrica, que posteriormente es conectado a un router Cisco Serie 800, el mismo que difunde los datos a todos los segmentos de la red.

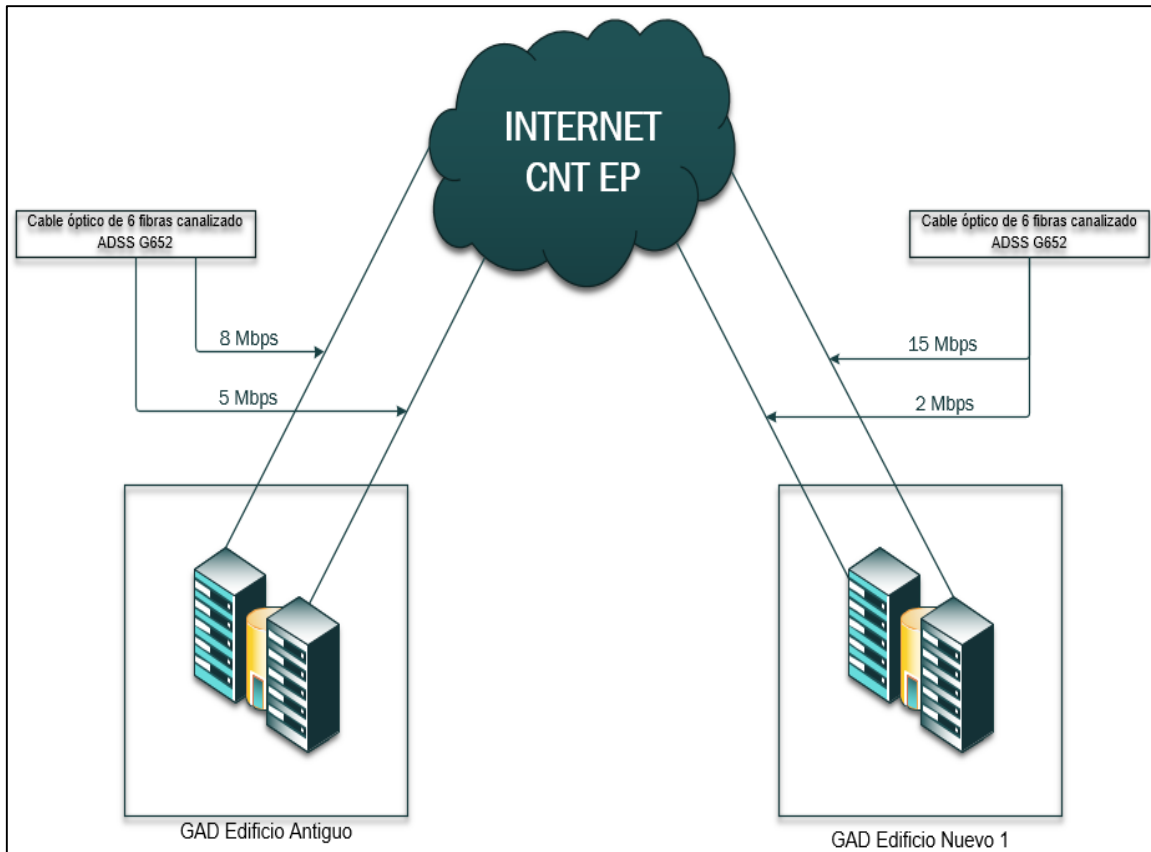


FIGURA 3. 1: Topología física de la red contratada con el Carrier CNT EP

Fuente: Desarrollo del proyecto, Modificada en: Visio 2016

3.1.1 ESTRUCTURA DE LA RED FÍSICA DEL GAD MUNICIPAL DE OTAVALO

La estructura física de la red del GAD Municipal de Otavalo utiliza en la actualidad varios enlaces de radio para comunicar 5 dependencias Municipales y 3 enlaces usando cables de fibra óptica para comunicar sus dependencias ubicadas en la ciudad, de esta forma la institución dispone de una red híbrida para hacer sus comunicaciones entre sus dependencias municipales.

A continuación, se procede a detallar la ubicación exacta de cada una de las dependencias de acuerdo a la **TABLA 3. 1**

TABLA 3. 1: Direcciones de los nodos existentes.

Lugar	Dirección
GAD Edificio Nuevo	Calle Piedrahita entre Bolívar y Sucre
GAD Edificio Antiguo	Calle García Moreno entre Bolívar y Sucre
Casa La Joya	Pedro Alarcón y Calle 4, Barrio La Joya
Casa de Turismo	Quiroga Y Modesto Jaramillo, Esquina
Comisaria Municipal	Guayaquil y Juan Montalvo, Mercado Copacabana
Casa de la Juventud	Luis de la Torre y Av. Juan de Albaracín, Parque San Sebastián.
El Colibrí	Cacique Otavalo y Línea Férrea, La Cruz.
Bodega Municipal	Guayaquil entre García Moreno Y Juan Montalvo.

Fuente: Dirección de planificación GAD Municipal de Otavalo.

3.1.1.1 INFRAESTRUCTURA ACTUAL DE RADIOENLACES

Los 5 radioenlaces que existen constan de dos estaciones de antenas sectoriales como es la del edificio Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Otavalo y el Colibrí los mismos que funcionan como repetidores que son la base de conexión de la red inalámbrica, así mismo consta de 4 enlaces con la utilización de antenas Grillas que funcionan como receptores como se muestra **FIGURA 3. 2**

Los enlaces que se actualmente activos son los siguientes:

- Enlace GAD Edificio Nuevo 1 – El Colibrí (Repetidor)
- Enlace GAD Edificio Nuevo 1 – Casa La Joya
- Enlace GAD Edificio Nuevo 1 – Bodega Municipal
- Enlace GAD Edificio Nuevo 1 – Comisaria Municipal
- Enlace El Colibrí (Repetidor) – Casa de Turismo

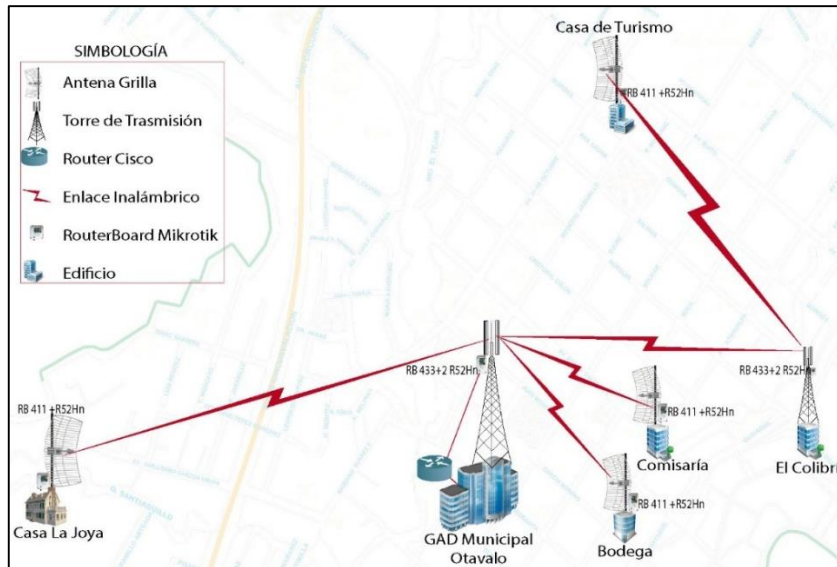


FIGURA 3. 2: Topología física de la red inalámbrica actual.

Fuente: Coordinación de TIC's GAD Otavalo. Modificada en: Ilustrador

A continuación, se muestran las características más importantes de los equipos descritos en la topología física actual. De igual manera, se muestran características de equipos inalámbricos para la transmisión de señales que son utilizados actualmente para realizar las comunicaciones, que en su gran mayoría utiliza equipos Ubiquiti y Mikrotik.

3.1.1.1.1 ROUTERBOARD MIKROTIK RB411¹

Este dispositivo dentro de la red del GAD municipal de Otavalo se lo está usando en cada nodo como se muestra en la **FIGURA 3. 3**

A continuación, se detalla las características principales.



FIGURA 3. 3: Tarjeta RB411

Fuente: RouterBoard, Recuperado de: <http://routerboard.com/RB411AH>

¹ RouterBoard RB411, <http://routerboard.com/RB411AH>

TABLA 3. 2: Características del RouterBoard RB411

Details	
CPU nominal frequency	300 MHz
CPU core count	1
Architecture	MIPS-BE
Size of RAM	32 MB
10/100 Ethernet ports	1
MiniPCI slots	1
Power Jack	1
Supported input voltage	8 V - 28 V
PoE in	Yes
Operating temperature range	-40°C. +70°C tested
CPU	AR7130-BC1A
Serial port	RS232

Fuente: Memoria Técnica Coordinación de TIC's GAD Otavalo.

Recuperado de: <http://routerboard.com/RB411AH>

3.1.1.1.2 ROUTERBOARD MIKROTIK R52HN²

Este dispositivo dentro de la red del GAD municipal de Otavalo se lo está usando en cada nodo como se muestra en la **FIGURA 3. 4** a continuación, se detalla las características principales.

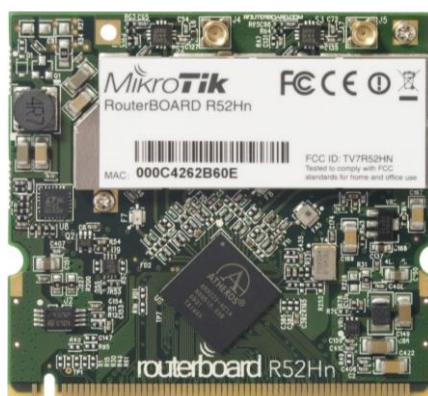


FIGURA 3. 4: Tarjeta R52Hn.

Fuente: RouterBoard, Recuperado de: <http://routerboard.com/RB411AH>

² RouterBoard R52Hn, <http://routerboard.com/R52Hn>

TABLA 3. 3: Características del RouterBoard R52Hn

Detalles	
Product code	R52Hn
802.11 a, b, g, n.	Yes
Connector	MMCX
Format	miniPCI
Chipset	AR9220
Output power	25dBm
2GHz y 5GHz	Yes
802.11 Turbo mode support	No
Operating Temperature	-50°C to +70°C
RouterOS compatibility	v4

Fuente: Memoria Técnica Coordinación de TIC's GAD Otavalo. Recuperado de:
<http://routerboard.com/R52Hn>

3.1.1.1.3 ROUTERBOARD MIKROTIK RB433³

Este dispositivo dentro de la red del GAD municipal de Otavalo se lo está usando en los nodos repetidores como se muestra en la **FIGURA 3. 5** a continuación, se detalla las características principales.



FIGURA 3. 5: Tarjeta RB433

Fuente: RouterBoard, Recuperado de: <http://routerboard.com/RB411AH>

³ RouterBoard RB344, <http://routerboard.com/RB433>

TABLA 3. 4: Características del RouterBoard RB344

Detalles	
Código de producto	RB433
CPU frecuencia nominal	300 MHz
Arquitectura	MIPS-BE
Tamaño de RAM	64 MB
10/100 puertos Ethernet	3
Conector de alimentación	1
PoE en	Sí
Voltaje de entrada soportados	10 V - 28 V
Rango de temperatura de funcionamiento	-40 ° C. + 70 ° C a
Nivel de Licencia	4
CPU	AR7130-BC1A
Puerto serial	RS232
Código de producto	RB433

Fuente: Memoria Técnica Coordinación de TIC's GAD Otavalo, Recuperado de:
<http://routerboard.com/RB433>

3.1.1.1.4 CISCO 1941 INTEGRATED SERVICES ROUTER

Este dispositivo dentro de la red del GAD municipal de Otavalo se lo está usando en el repetidor principal GAD Otavalo como se muestra en la **FIGURA 3. 6**, a continuación, se detalla las características principales.



FIGURA 3. 6: Cisco 1941 Integrated Services Router.

Fuente: Cablesandkits, Recuperado de: <https://media.cablesandkits.com/ipn/CISCO1941K9a.jpg>

TABLA 3. 5: Características del Cisco 1941.

Características	
Embedded cripto aceleración basada en hardware (IPSec)	Sí
Puertos total a bordo Gigabit Ethernet 10/100/1000 WAN	2
EHWIC Slots	2
Ranuras EHWIC doble ancho	1
Memoria (DDR2 Código de corrección de errores [ECC] ECC DRAM) - Default	512 MB
Memoria (DDR2 ECC DRAM) - Máximo	2.0 GB
Serial Port Console (hasta 115,2 kbps)	1
Serial Port auxiliar (hasta 115,2 kbps)	1
AC Voltaje de entrada	100-240 V ~
Dimensiones (H x W x D) pulgadas	3,5 x 13,5 x 11,5

Fuente: Routers Cisco 1941, Recuperado de:

http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/1900-series-integrated-services-routers-isr/data_sheet_c78_556319.html

3.1.1.1.5 ANTENA GRILLA PARABÓLICA TL-ANT2424B

Este dispositivo dentro de la red del GAD municipal de Otavalo se la usa como receptor en cada una de las dependencias como se muestra en la **FIGURA 3. 7** a continuación, se detalla las características principales.



FIGURA 3. 7: Antena Grilla Parabólica TL-ANT2424B.

Fuente: Tp-link, Recuperado de: <http://www.tp-link.com/resources/images/products/gallery/TL-ANT2424B-01.jpg>

TABLA 3. 6: Características Antena Grilla Parabólica TL-ANT2424B.

Características	
Dimensión	1000mm x 600mm
Frecuencia	2.4GHz
Rendimiento	24dBi
VSWR(MAX.)	1.5:1
Polarización	Lineal; Vertical
Tipo	Direccional
Tipo de Conector	N Hembra(Jack)
Rango Aproximado a 1/11/54Mbps	56km/31.5km/4.44km
Temperatura de Operación	-40°C~60°C(-40°F~140°F)
Temperatura de Almacenamiento	-40°C~60°C(-40°F~140°F)
Contenido del Paquete	Antena rejilla parabólica de 24dBi

Fuente: Memoria Técnica Coordinación de TIC's GAD Otavalo, <http://www.tp-link.com/cl/products/details/?model=TL-ANT2424B#spec>

3.1.1.1.6 ANTENA SECTORIAL UBIQUITI ROCKET M5

Este dispositivo dentro de la red del GAD municipal de Otavalo se lo usa como receptor en cada una de las dependencias como se muestra en la **FIGURA 3. 8** a continuación, se detalla las características principales.



FIGURA 3. 8: Antena Sectorial UBIQUITI ROCKET M5

Fuente: <http://www.ubiquiticolombia.com/ubiquiti-rocket-m5/>

TABLA 3. 7: Características Antena Sectorial UBIQUITI ROCKET M5

Características	
Procesador	Atheros MIPS 24KC, 400MHz
Memoria	64MB SDRAM, 8MB Flash
Interfaz de red	1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet Interface
Tamaño	6cm length x 8cm width x 3cm
Polarización	Lineal; Vertical
Tipo	Omnidireccional
Tipo de Conector	N Hembra(Jack)

Fuente: Memoria Técnica Coordinación de TIC's GAD Otavalo, Recuperado de:

<https://www.ubnt.com/airmax/rocketm/>

3.1.1.2 INFRAESTRUCTURA ACTUAL DE ENLACES DE FIBRA ÓPTICA

Los 3 enlaces de fibra óptica que existen son realizados punto a punto entre las dependencias **FIGURA 3. 9**. Los enlaces que se establece son los siguientes:

- Enlace GAD Edificio Nuevo 1 – Casa de la Juventud
- Enlace GAD Edificio Nuevo 1 – GAD Edificio Antiguo
- Enlace GAD Edificio Nuevo 1 – GAD Edificio Nuevo 2



FIGURA 3. 9: Topología física de la red de fibra óptica actual.

Fuente: Memoria Técnica Coordinación de TIC's GAD Otavalo Modificada en: AutoCAD 2016

A continuación, se muestran las características más importantes de los equipos descritos en la topología física actual **FIGURA 3. 10** , de igual manera características de equipos utilizados para la transmisión que son utilizados actualmente.

3.1.1.2.1 ROUTER CISCO 5500 SERIES⁴

Este dispositivo dentro de la red del GAD municipal de Otavalo se lo está usando como equipo de core, a continuación, se detalla las características principales.



FIGURA 3. 10: Cisco 5500 Router.

Fuente: Cisco Equipos, Recuperado de:

http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/5500-series-wireless-controllers/data_sheet_c78-521631.html

3.1.1.2.2 3COM 2952 SFP PLUS⁵

Este dispositivo dentro de la red del GAD municipal de Otavalo se lo usa como un equipo final de conexión con el edificio principal a continuación, se detalla las características principales.



FIGURA 3. 11: 3com 2952 sfp plus

Fuente: <http://www.cnet.com/products/3com-baseline-plus-switch-2952-switch-48-ports-managed-desktop-series/specs/>

⁴http://www.esc.de/1063977082/1144314182/2006_4_6_1144317941/Datenblatt%20Cisco%20ASA%205500.pdf

⁵ <http://www.cdcmx.com/Images/Productos/3CRBSG28PWR93.pdf>

A continuación, en la **TABLA 3. 8** donde se detalla cada uno de las características de los enlaces existentes dentro del GAD Municipal de Otavalo.

TABLA 3. 8: Datos del funcionamiento actual de la red del GAD Municipal

Enlace		Tipo	Frecuencia/tipo de cable de Equipo Final fibra óptica.	
Nodo 1	Nodo 2			
GAD Edificio Nuevo 1	Casa de la Juventud	Fibra	G.652D 12 h	Tp-link Mc111cs/112
	GAD Edificio Antiguo	Fibra	G.652D 12 h	Tp-link Mc111cs/112
	GAD Edificio Nuevo 2	Fibra	G.652D12 h	Tp-link Mc111cs/112
	El Colibrí (Repetidor)	Radioenlace	5200	RouterBoard RB433
	Bodega Municipal	Radioenlace	5500	RouterBoard RB411
	Comisaria Municipal	Radioenlace	5520	RouterBoard RB433
	Casa La Joya	Radioenlace	5450	RouterBoard RB411
El Colibrí (Repetidor)	Casa de Turismo	Radioenlace	6020	RouterBoard RB433

Fuente: Adaptada de la Memoria Técnica Coordinación de TIC's GAD Otavalo

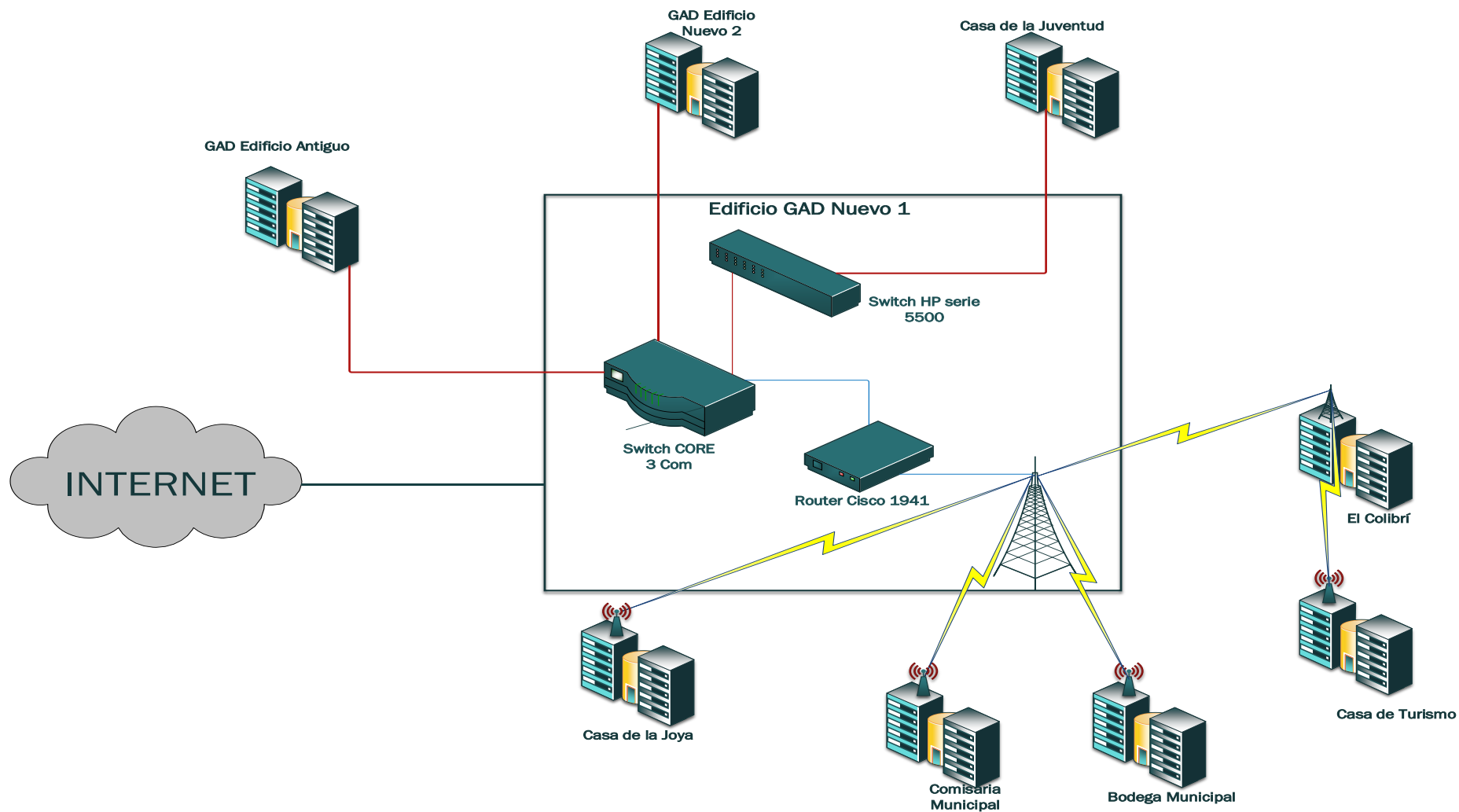


FIGURA 3. 12: Infraestructura integral de la red del GAD Municipal de Otavalo.

Fuente: Memoria Técnica Coordinación de TIC's GAD Otavalo, Modificada en: Vicio de Office 2016

3.2 DISEÑO DE LA RED DE ACCESO FTTB PARA EL GAD MUNICIPAL DE OTAVALO

Para el diseño de la red de acceso FTTB (Fiber to the Building), se procede a realizar un análisis de las tecnologías EPON y GPON para el planteamiento del diseño de la red de acceso. A continuación, en la **TABLA 3. 9** se detallan características:

TABLA 3. 9: Comparación de tecnologías EPON y GPON

Tecnología/ Características	EPON	GPON
Velocidad (dow/up) (Gbps)	1,25/1,25	2,488 /1,244
Eficiencia (dow/up) (%)	73/61	93/94
Soporte Split	Hasta 64	Hasta 128
Soporte de Interfaces (Clase)	A Y B	A, B, B+ y C
Alcance lógico (Km)	20	60
Seguridad	Abierta	AES
Operación, gestión y mantenimiento	Ethernet OAM	PLOAM & OMCI
Organismo encargado	IEEE EFMA	FSAN/ ITU T

Fuente: Adaptada: (Beltran , 2015)

Tanto EPON como GPON fueron definidos el año 2004, la sencillez de EPON, supuso una disponibilidad más temprana de equipos comerciales. Además, el coste era sensiblemente inferior. Sin embargo, actualmente el coste es muy similar y las mayores economías de escala esperadas en GPON, convertirán a GPON en una tecnología aún más competitiva en costos. (Beltran , 2015)

Los anchos de banda downstream/upstream de GPON son 2,488 Gbps/1,244 Gbps, frente a los 1,25 Gbps simétricos de EPON; lo cual brinda mayor eficiencia de transporte para servicios IP, y una completa especificación para ofrecer todo tipo de servicios.

La eficiencia de EPON es relativamente baja (73% downstream, 61% upstream), respecto a GPON (93% downstream, 94% upstream) (Millan, 2016). Esto hace que el ancho de banda útil sea mucho mayor en GPON que en EPON, pudiendo así ofrecer un mejor servicio al usuario a un coste menor.

GPON tiene un spliteo mayor, soportando todos los tipos de ODN, GPON soporta un spliteo de hasta 128, frente a los 64 de EPON. Es decir, la densidad de usuarios por nodo de acceso es mayor en GPON que en EPON. GPON, además, soporta interfaces Clase A, B, B+ y C, frente a los Clase A y B de EPON (Millan, 2016). Esto hace que el alcance lógico de GPON pueda ser de hasta 60 km (con una diferencia máxima de 20 km entre los usuarios más lejanos y más cercanos), frente a los 20 km de EPON. Por lo tanto, GPON se adapta mejor a zonas rurales o ciudades con poca densidad de abonados.

La seguridad en GPON se consigue mediante AES, mientras que en EPON está totalmente abierta, lo cual supone implementaciones propietarias (como la de NTT donde se ha hecho una versión propia de autenticación, encriptación y gestión dinámica del ancho de banda). La gestión y operación y mantenimiento en GPON está estandarizada, empleando los protocolos PLOAM & OMCI. En EPON se emplea Ethernet OAM, por lo cual, las capacidades son muy inferiores. (Millan, 2016)

Hay muchos más miembros importantes de la industria en el FSAN, el organismo encargado de desarrollar las especificaciones de GPON en colaboración con la ITU-T (series G.984), que los del IEEE EFMA, el organismo equivalente que colabora en la especificación del EPON junto al IEEE (series 802.3ah). Es decir, hay mucho más respaldo de la industria de fabricantes de componentes y sistemas y de operadores, lo cual augura un mayor éxito de la tecnología. El IEEE no ha definido oficialmente un estándar para interoperabilidad ni ha dirigido eventos de interoperabilidad, por lo cual, el grado de interoperabilidad es muy bajo. El de GPON es mayor, pues además de los estándares ITU-T, el FSAN ha liderado varios eventos de interoperabilidad. (López, 2015)

Por todo lo descrito anteriormente se determinó como mejor opción utilizar GPON para el caso de estudio. Respetando los objetivos propuestos inicialmente, se realizará el diseño de una red de acceso que conecte las dependencias afines al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Otavalo, para lo cual se tomará en cuenta todos los criterios técnicos de la Norma De Diseño De Planta Externa Con Fibra Óptica de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones y de cada una de las recomendaciones ITU-T G.984.x (x = 1, 2, 3, 4) relacionadas a la tecnología propuestas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (Millan, 2016)

3.2.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CIUDAD

El Cantón Otavalo, perteneciente a la Provincia de Imbabura cuya cabecera cantonal es la **Ciudad de Otavalo**, lugar donde se agrupa gran parte de su población total, ubicada al sur de la Provincia de Imbabura. Se ubica a 95 km al noreste de Quito y 20 km al sur de Ibarra, en la **FIGURA 3. 13** se observa la ubicación de la ciudad de Otavalo.

El cantón Otavalo está ubicado en la provincia de Imbabura, región norte del Ecuador. Tiene una superficie de 528 kilómetros cuadrados. Se encuentra a 110 kilómetros al norte de la ciudad de Quito.

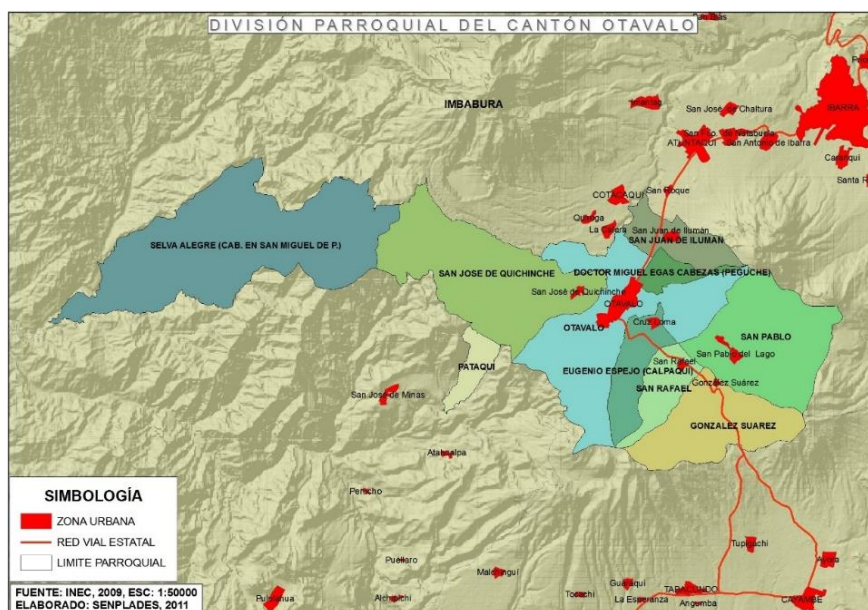


FIGURA 3. 13: Ubicación Geográfica del Cantón Otavalo.

Fuente: Sistema nacional de información. Recuperado de

<http://app.sni.gob.ec/visorseguimiento/multimedia/seguimiento/portal/reportes/indexg.htm>

Límites: Al norte limita con los cantones Cotacachi, Antonio Ante e Ibarra; al sur limita con el cantón Quito (Pichincha); al este con los cantones Ibarra y Cayambe (Pichincha) y al oeste con los cantones Quito y Cotacachi. (OTAVALO, 2015)

Población: 90.188 habitantes (43.368 hombres y 46.820 mujeres). El 44,3 por ciento de la población total está asentada en el sector urbano y 55,7 por ciento en el sector rural. (OTAVALO, 2015)

Altitud y clima: Hay diferencias altitudinales, desde los 1.100 m.s.n.m., en la zona de Selva Alegre, hasta los 4.700 m.s.n.m., en el cerro Imbabura. La temperatura promedio es de 14 grados centígrados. (OTAVALO, 2015)

Otavalo es una ciudad muy conocida en la provincia de Imbabura y del Ecuador por su gran diversidad de turismo en la que se encuentran: edificios (residenciales, oficinas, hoteles, clínicas, hospitales, etc.), casas, parques, entidades educativas, restaurantes, bares, discotecas, entre otros; en general se la puede definir como una ciudad moderna, a pesar de la arquitectura del centro de la ciudad es colonial y con gran crecimiento poblacional a medida que pasen los años.

Es además bastante visitado tanto por turistas nacionales como extranjeros por la cantidad de atractivos que presenta. Al existir muchos edificios y una ciudad de comercio y turística se convierte en una zona de alta densidad poblacional, en especial en horarios de oficina principalmente en las dependencias municipales, el GAD Municipal dispone la prestación de servicios a todos los residentes y turistas, es por esta razón que se escogió FTTB para el diseño de la red de acceso con la finalidad de interconectar las dependencias municipales y así ofrecer a cada una de ellas un servicio de telecomunicaciones robusto y adecuado a la ciudad.

3.2.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS EDIFICIOS

A continuación, se realiza una descripción de cada una de las dependencias municipales, las mismas q están detalladas en la **FIGURA 3. 14**

3.2.1.1.1 EDIFICIOS MUNICIPALES

Ubicada en el centro de la ciudad, es donde se ejecuta la coordinación de la Gestión y operación interna; sugiere y propone políticas de administración, además es responsable del recurso humano y material; gestiona la cooperación técnica y financiera nacional e internacional en actividades, proyectos y programas del Gobierno Municipal.

3.2.1.1.2 CASA LA JOYA

Es un centro cultural donde se desarrollan actividades culturales, sociales, museo permanente que se expone, centro de exposiciones y tiene atención a la ciudadanía.

3.2.1.1.3 CASA DE TURISMO

Lugar en el cual se expone toda la parte turística del cantón Otavalo, dispone varios servicios como una agencia de viajes municipal.

3.2.1.1.4 COMISARIA MUNICIPAL

Planifica el reordenamiento de los mercados, ferias, y coordina el trabajo con varias organizaciones de comerciantes y artesanos con el fin de transmitir nuevas ideas y propuestas para mejorar las condiciones de expendio y presentación de las actividades productivas de miles de familias.

3.2.1.1.5 EL COLIBRÍ

El nombre completo es Centro Intercultural Kintiwasi casa Colibrí inaugurado en octubre del 2011, es el lugar especial donde se observa toda la ciudad. Lugar donde se desarrolla la creatividad y el despertar espiritual de los jóvenes en este lugar se desarrolla varias actividades como:

- Talleres de formación.
- Capacitaciones de diferentes temáticas.
- Exposiciones de arte permanente.

3.2.1.1.6 CASA DE LA JUVENTUD

Casa de la juventud es un centro cultural, lugar donde se desarrollan talleres y se dictan cursos de danza, cerámica, canto entre otros, dirigidos a jóvenes que residen en el cantón. En este sitio también funcionan dependencias municipales.

3.2.1.1.7 BODEGA MUNICIPAL

Sitio en el cual se almacenan todos los artículos municipales y conjuntamente funciona la empresa municipal de agua potable y alcantarillado del GAD Municipal.

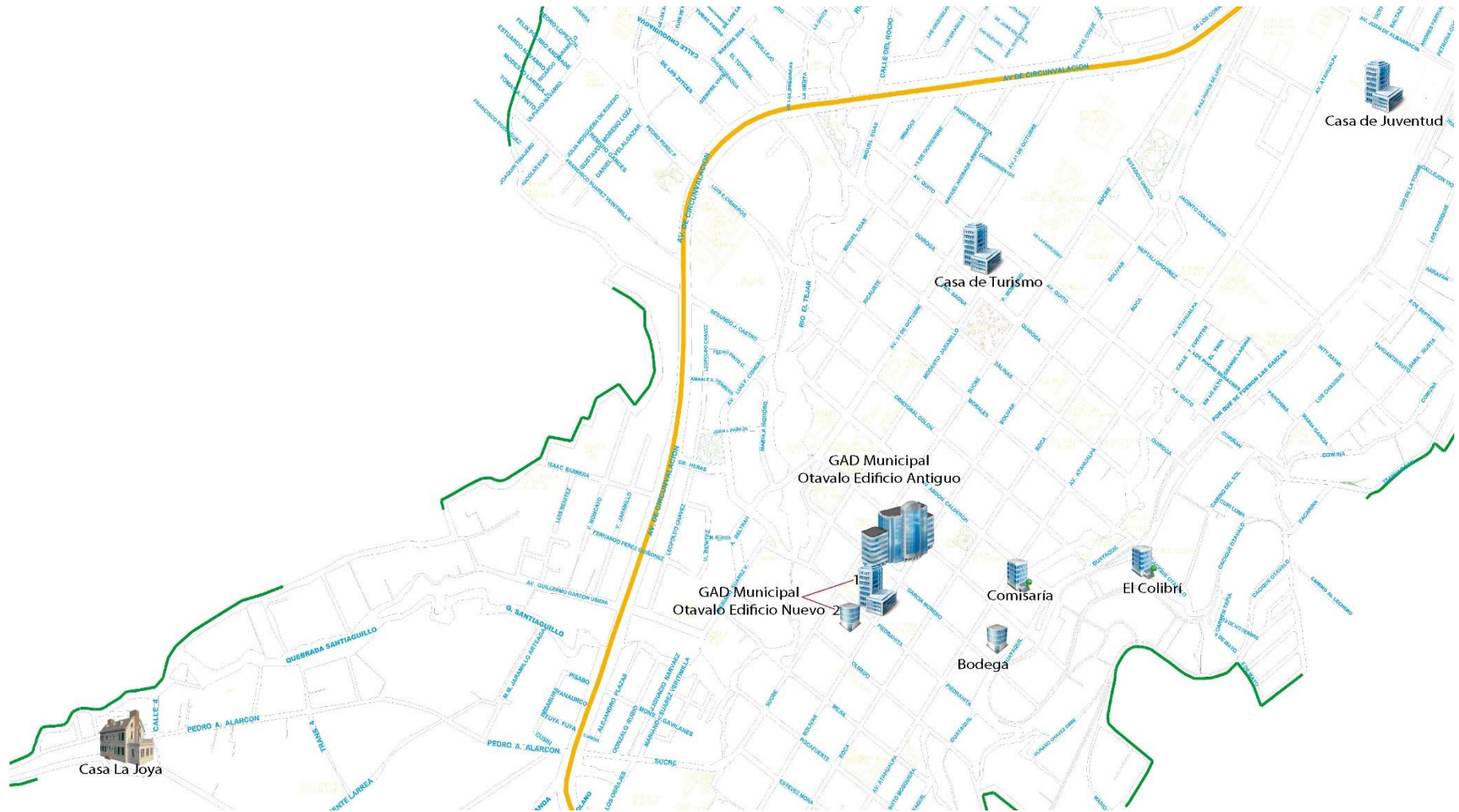


FIGURA 3. 14: Ubicación geográfica de las dependencias municipales.

Fuente: Departamento de planificación del GAD Municipal de Otavalo. Modificada en: Adobe Illustrator

3.2.2 MARCO REGULATORIO DEL DESPLIEGUE DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA

Según información del Gobierno Autónomo Descentralizado de Otavalo, establece que en la ciudad no existe un proyecto que tenga relación al plan de soterramiento de cables de toda índole que es promovido por la ARCOTEL en el **Artículo 12** de la “Norma Técnica Para El Despliegue Y Tendido De Redes Físicas Aéreas De Servicios De Telecomunicaciones, Servicios De Audio Y Video Por Suscripción (Modalidad Cable Físico) Y Redes Privadas,

ANEXO .

Esto según el departamento de planificación de la ciudad. Existe una ordenanza municipal la cual menciona que la Calle Sucre con una extensión de 2.5 Km y la calle Bolívar en una extensión de 2 Km pertenecientes a la ZONA 1 del Ordenamiento Territorial, no puede existir ningún tipo de cable tanto para el uso de telecomunicaciones y energía eléctrica de forma aérea, mencionada en el Artículo 42 del CAPITULO II de la “Ordenanza Que Regula La Administración Del Catastro Predial, Determinación Y Recaudación De Los Impuestos A Los Predios Urbanos Y Rurales Del Cantón Otavalo Para El Bienio 2014-2015” **ANEXO J .**

La forma de despliegue de cada uno de los tramos que comprende el presente diseño se realizará de forma aérea, tomando en cuenta la elección de las rutas más adecuadas con la finalidad de reducir en su gran mayoría la contaminación visual y que la parte colonial de la ciudad no se vea opacado, esta decisión es oportuna después de una exhaustiva indagación e investigación a empresas públicas como: El Departamento de Distribución EMELNORTE S.A. región Norte, quien informó que no tienen conocimiento de ningún proyecto que se esté llevando a cabo actualmente, con respecto al plan de soterramiento de cables en la ciudad.

El proceso se lo llevará a cabo, siguiendo el proceso de contratación y arrendamiento de postes, otorgado por la empresa propietaria de los mismos, **ANEXO C.**

3.2.3 CRITERIOS DE DISEÑO DE LA RED DE ACCESO FTTB

En la red de acceso que se va a diseñar la fibra óptica va desde un Nodo principal hasta cada edificio (FTTB). Es decir, desde la OLT (Optical Line Terminal) que se encuentra en el nodo principal hasta los edificios donde se quiere llegar con el servicio y se encuentran los usuarios, se despliega el cable de fibra óptica.

En cada edificio se encuentra un equipo ONU (Optical Network Unit) que es terminación de la red óptica pasiva (PON) en un edificio, a este equipo se conecta la fibra que llega desde la OLT. El equipo ONU se conecta a través de una interfaz Ethernet de alta velocidad y es así que proporciona una conexión de datos a los usuarios y los servicios que se encuentran en el edificio.



FIGURA 3. 15: Esquema de una Red FTTB

Fuente: Gemtek, 2015 Recuperado de: http://www.gemtek.com.tw/pro_grtp_104.html

Por tal motivo al ser una red que utiliza como medio de transmisión la fibra óptica la vuelve más confiable, capaz de soportar diferentes servicios, manejar distancias considerablemente largas, así también un ahorro económico debido a que al ser una red pasiva elimina la necesidad de suministro de energía en varias instancias de la red y administración de elementos activos en la planta externa.

Se realiza un diseño de la red de acceso para las dependencias Municipales del Cantón Otavalo, siguiendo las recomendaciones de la norma ITU-T G.9701, que rigen a la tecnología FTTB (fibra hasta el edificio), luego de un análisis del tipo de redes de acceso se selecciona la red FTTB como la más adecuada para interconectar los 8 edificios municipales de la ciudad de Otavalo.

La tecnología escogida a más de que el ancho de banda es grande no es una de las únicas mejoras respecto al resto de tecnologías, de tal forma que la red no pretende culminar hasta cada usuario, sino hasta una ubicación central o estratégica en las instalaciones de cada uno de los edificios como puede ser el cuarto de telecomunicaciones. Por lo tanto para este diseño se toma en cuenta todos los criterios técnicos necesarios y son los siguientes: (CNT, 2010)

- Tipo de tecnología a utilizarse.
- Tipo de fibra y cable a utilizar.
- División en zonas del sector seleccionado.
- Ubicación de equipos.
- Planos respectivos.

3.2.4 UBICACIÓN DEL NODO PRINCIPAL

A continuación en la , se muestra la ubicación actual del nodo principal que está bajo la administración del GAD Municipal y hace posible la comunicación, es así como se brinda servicios a los usuarios de cada una de las dependencias.

El nodo principal o central está ubicado en el Edificio Nuevo del GAD Municipal de Otavalo, en este sitio se encuentra la OLT, y equipos activos de la red de acceso.

TABLA 3. 10: Datos geográficos del sitio

Datos del Nodo	
Coordenadas:	0.224688,-78.264489
Dirección:	Calle Piedrahita entre Sucre y bolívar

Fuente: Propia, Visita Técnica

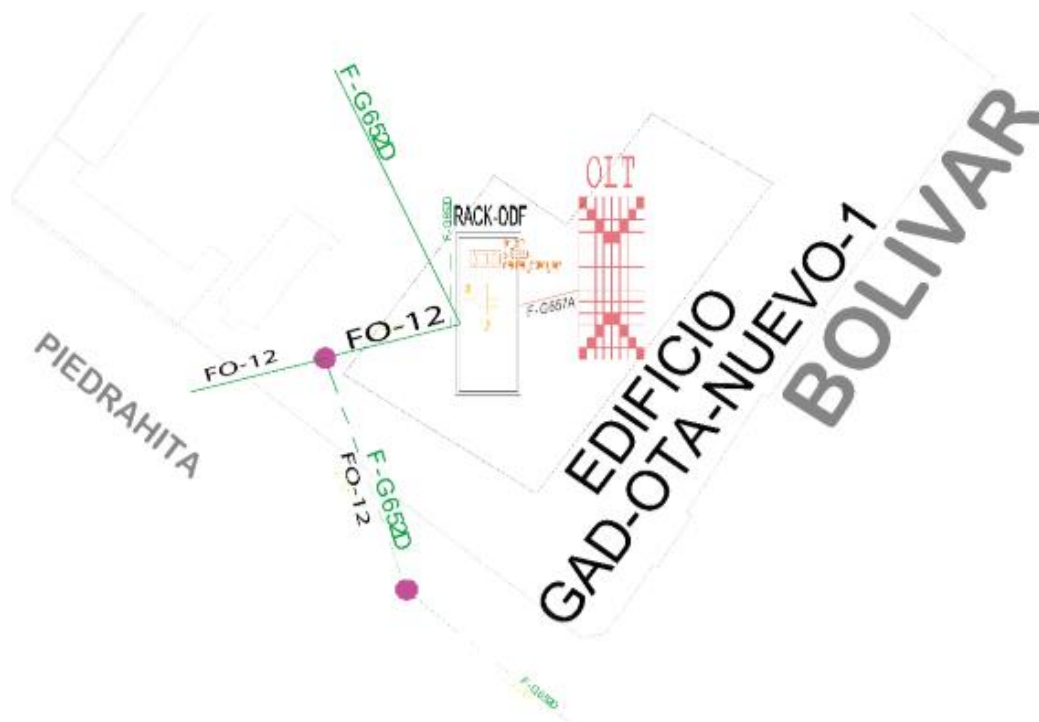


FIGURA 3. 16: Ubicación Geográfica del Nodo principal

Fuente: Departamento de planificación del GAD Municipal de Otavalo. Modificada en: AutoCAD 2016

3.2.5 RUTAS DE DESPLIEGUE DE LA RED DE ACCESO

Para la conexión de cada una de las dependencias se detalla cada uno de los enlaces de backbone necesarios para lo cual se partirá del Edificio GAD de Otavalo Nuevo, lugar en el cual se encuentra ubicada la OLT y se llevará a cabo toda la gestión de la red de acceso; continuación se detalla cada una de ellas.

3.2.5.1 RUTA DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTA_NUEVO1 – LA_JOYA

Para el backbone que unirá el nodo GAD_OTA_NUEVO1, con la LA_JOYA ubicada en la Calle Pedro de Alarcón y Calle 4 Barrio la Joya se toma la ruta que parte desde la Casa de la Joya, continua por calle Pedro de Alarcón hasta llegar a la Escuela José Martí con una distancia aproximada de 1400m, posteriormente toma la Calle Sucre hasta llegar a la intersección de las Calles Sucre y Piedrahita con una distancia aproximada de 500m, finalmente se toma la Calle Piedrahita avanzando aproximadamente 70m donde se encuentra la entrada principal al GAD Municipal.

La distancia total del enlace tiende a aumentar, puesto que se debe dejar reservas de cable de fibra óptica por si se suscitan percances. En el ANEXO A- se detalla el recorrido del enlace.

TABLA 3. 11: Datos técnicos de enlace de backbone La Joya.

Datos del Nodo	
Coordenadas:	0.213812,-78.295403
Dirección:	Calle Pedro de Albarracín y Calle 4, barrio la Joya
Distancia dese OLT:	1843,27 m

Fuente: Desarrollo del diseño del proyecto, Visita Técnica

3.2.5.2 RUTA DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTA_NUEVO1 – GAD_OTA_NUEVO2

Para el backbone que unirá el nodo GAD_OTA_NUEVO1, con la GAD_OTA_NUEVO2 ubicada en la Calle Piedrahita entre Sucre y Bolívar se toma la ruta que parte desde el edificio, se realizara el cruce de la calle Piedrahita hasta llegar al centro de datos con una distancia aproximada de 80m.

La distancia total del enlace tiende a aumentar, puesto que se debe dejar reservas de cable de fibra óptica por si se suscitan percances. En el ANEXO A- se detalla el recorrido del enlace.

TABLA 3. 12: Datos técnicos de enlace de backbone GAD Nuevo2.

Datos del Nodo	
Coordenadas:	0.224539, -78.264778
Dirección:	Calle Piedrahita entre Sucre y Bolívar
Distancia desde OLT:	50,46 m

Fuente: Desarrollo del diseño del proyecto, Visita Técnica

3.2.5.3 RUTA DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTA_NUEVO1– GAD_OTA_ANTIGUO

Para el backbone que unirá el nodo GAD_OTA_NUEVO1, con el GAD_OTA_ANTIGUO ubicada en la Calle García Moreno entre las Calles Sucre y Bolívar frente al parque Bolívar se toma una ruta interna entre las terrazas de los edificios y otra parte en ductos con una distancia aproximada de 100m, es así como se llega al nodo.

La distancia total del enlace tiende a aumentar, puesto que se debe dejar reservas de cable de fibra óptica por si se suscitan percances. En el ANEXO A- se detalla el recorrido del enlace.

TABLA 3. 13: Datos técnicos de enlace de backbone GAD Antiguo.

Datos del Nodo	
Coordenadas:	0.225568, -78.264334
Dirección:	Calle García Moreno entre las Calles Sucre y Bolívar
Distancia desde OLT:	74,78 m

Fuente: Desarrollo del diseño del proyecto, Visita Técnica

3.2.5.4 RUTA DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTA_NUEVO1–BODEGA

Para el backbone que unirá el nodo GAD_OTA_NUEVO1, con la BODEGA ubicada en la Calle Guayaquil entre las Calles García Moreno y Juan Montalvo se toma la ruta que inicia en la Calle Piedrahita y con dirección al Oeste se avanza hasta la intersección con la Av. Atahualpa, así se avanza con dirección al Norte hasta la intersección de la Calles Juan Montalvo y Av. Atahualpa frente al mercado Copacabana, posteriormente toma la Calle Juan Montalvo con dirección Oeste hasta la Calle Guayaquil, con una distancia aproximada de 666.88 m, es así como se llega al nodo.

La distancia total del enlace tiende a aumentar, puesto que se debe dejar reservas de cable de fibra óptica por si se suscitan percances. En el ANEXO A- se detalla el recorrido del enlace.

TABLA 3. 14: Datos técnicos de enlace de backbone Bodega.

Datos del Nodo	
Coordenadas:	0.22389, -78.261714
Dirección:	Calle Guayaquil entre las Calles García Moreno y Juan Montalvo
Distancia desde OLT:	666,88

Fuente: Desarrollo del diseño del proyecto, Visita Técnica

3.2.5.5 RUTA DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTA_NUEVO1 – COMISARIA

Para el backbone que unirá el nodo GAD_OTA_NUEVO1, con la COMISARIA ubicada en la Av. Atahualpa lugar donde funciona el Mercado Copacabana se toma la ruta que parte en la Calle Piedrahita y con dirección al Oeste se avanza hasta la intersección con la Av. Atahualpa, así se avanza con dirección al Norte hasta la intersección de la Calles Juan Montalvo y Av. Atahualpa frente al mercado Copacabana.

La distancia total del enlace tiende a aumentar, puesto que se debe dejar reservas de cable de fibra óptica por si se suscitan percances. En el

ANEXO A- se detalla el recorrido del enlace.

TABLA 3. 15: Datos técnicos de enlace de backbone Comisaria.

Datos del Nodo	
Coordenadas:	0.224947, -78.261457
Dirección:	Av. Atahualpa Mercado Copacabana
Distancia desde OLT:	528,88 m

Fuente: Desarrollo del diseño del proyecto, Visita Técnica

3.2.5.6 RUTA DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTA_NUEVO1 – TURISMO

Para el backbone que unirá el nodo GAD_OTA_NUEVO1, con la Casa de TURISMO ubicada en la Calle Modesto Jaramillo y Quiroga frente a la Plaza de los Ponchos se toma la ruta de salida por la Calle Piedrahita y con dirección al Oeste se avanza hasta la intersección con la Av. Atahualpa, así se avanza con dirección al Norte hasta la intersección de la Calles Quiroga y Av. Atahualpa, consecutivamente se toma la calle Quiroga con dirección ESTE hasta llegar a la dirección antes mencionada con una distancia aproximada de 1400 m.

La distancia total del enlace tiende a aumentar, puesto que se debe dejar reservas de cable de fibra óptica por si se suscitan percances. En el ANEXO A- se detalla el recorrido del enlace.

TABLA 3. 16: Datos técnicos de enlace de backbone Turismo.

Datos del Nodo	
Coordenadas:	0.230703, -78.262208
Dirección:	Calle Modesto Jaramillo y Quiroga frente a la Plaza de los Ponchos
Distancia desde OLT:	1.391,06 m

Fuente: Desarrollo del diseño del proyecto, Visita Técnica

3.2.5.7 RUTA DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTA_NUEVO1 – COLIBRÍ

Para el backbone que unirá el nodo GAD_OTA_NUEVO1, con la Casa de COLIBRÍ ubicada en la Calle Cacique Otavalo sector La Cruz se toma la ruta de inicio en la Calle Piedrahita y con dirección al Oeste se avanza hasta la intersección con la Av. Atahualpa, así se avanza con dirección al Norte hasta la intersección de la Av. Abdón Calderón y Av. Atahualpa, para posterior tomar la Av. Abdón Calderón con dirección oeste hasta llegar a la intersección con la Calle Guayaquil. Para tomar esta vía hasta llegar a los rieles del tren y tomar la Calle Cacique Otavalo hasta el mirador La Cruz, con una distancia aproximada de 910,00m.

La distancia total del enlace tiende a aumentar, puesto que se debe dejar reservas de cable de fibra óptica por si se suscitan percances. En el ANEXO A- se detalla el recorrido del enlace.

TABLA 3. 17: os técnicos de enlace de backbone Colibrí.

Datos del Nodo	
Coordenadas:	0.22525, -78.25886
Dirección:	Calle Cacique Otavalo sector La Cruz
Distancia desde OLT:	906,92 m

Fuente: Desarrollo del diseño del proyecto, Visita Técnica

3.2.5.8 RUTA DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTA_NUEVO1 – JUVENTUD

Para el backbone que unirá el nodo GAD_OTA_NUEVO1 con la Casa de la JUVENTUD ubicada en la Av. Juan de Albarracín y Víctor Garcés ubicada en el parque San Sebastián se toma la ruta de salida por la Calle Piedrahita y con dirección al Oeste se avanza hasta la intersección con la Av. Atahualpa, así se avanza con dirección al Norte hasta la intersección de la Av. Juan de Albarracín, y así tomar esta ruta al oeste hasta finalmente llegar a la Calle Víctor Garcés.

La distancia total del enlace tiende a aumentar, puesto que se debe dejar reservas de cable de fibra óptica por si se suscitan percances. En el ANEXO A- se detalla el recorrido del enlace.

TABLA 3. 18: Datos técnicos de enlace de backbone Juventud

Datos del Nodo	
Coordenadas:	0.234459, -78.253357
Dirección:	Av. Juan de Albarracín y Víctor Garcés Parque San Sebastián.
Distancia desde OLT:	2.190,21 m

Fuente: Desarrollo del diseño del proyecto, Visita Técnica

3.2.5.9 TIPO DE FIBRA ÓPTICA A UTILIZARSE

Mediante el análisis realizado de las posibles rutas para el despliegue del cable de fibra óptica que en su totalidad es aéreo, se determina que el tipo de fibra óptica se basa en las especificaciones, recomendaciones del estándar ITU-T G.9701 donde se considera y evalúa la distancia de los enlaces, la capacidad de transmisión y futuros beneficios entonces se determina los requerimientos y se tiene: Fibra monomodo y multimodo con respecto a enlaces finales, es decir, el cable que llega a las instalaciones de cada edificio.

De acuerdo a lo mencionado la fibra óptica monomodo G652D posee un tejido metálico para proteger la fibra y proporcionar resistencia mecánica lo cual implica que puede tener vanos de 80 a 200 metros en diferentes zonas, posee una chaqueta sencilla de MDPE redonda, fuerte a rayos UV, tiene una armadura de aramidas en forma helicoidal, una fuerza de tensión hasta 1 KN, el cable aéreo se rige en los estándares IEC 60793-2-50 B4⁶, TIA/EIA 492-EA00⁷, Telcordia GR-20⁸, EIA/TIA 455⁹.

Ver **ANEXO B** – , el mismo que nos permite varias características a favor y tiene una gran ventaja como son:

TABLA 3. 19: Características importantes de G.652D

Características	
Longitud de onda:	1310 nm a 1550 nm, incluida la región de 1383 nm
Tipo:	Monomodo
Bajo pico de agua (LWP)	Si // reduce considerablemente impurezas (iones OH).
Radio de curvatura:	30mm

Fuente: Diseño de redes de fibra óptica. (Beltran , 2015)

⁶ <https://webstore.iec.ch/publication/3472>

⁷ <http://www.thefoa.org/tech/smf.htm>

⁸ <http://www.clearfieldconnection.com/downloads/data-sheets/fiber-optic-cables-assemblies.pdf>

⁹ <http://www.thefoa.org/tech/standards.htm>

El cable recomendado para la conexión de los enlaces del backbone es de tipo ADSS o Auto soportado ver **ANEXO** , monomodo G.652D, que será parte de la ODN. El mismo que cumple con los requerimientos necesarios para la implementación como son: completamente dieléctrico, soporta la corrosión y la exposición a diferentes factores ambientales externos, ver **TABLA 3. 20**

Este tipo de cable dentro del país es utilizado frecuentemente por las empresas de telecomunicaciones como la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP) para el uso tanto aéreo como en ductos, es por eso que el cable idóneo para el diseño de la red de acceso de planta externa del GAD Municipal de Otavalo.

TABLA 3. 20: Características cable ADSS

Características	
Construcción:	<ul style="list-style-type: none"> • Completamente Dieléctrico. • Puede ser de núcleo con gel o seco protegido con materiales absorbente a la humedad. • Posee hilos de aramida sobre el núcleo del cable o sobre la cubierta interna, que permite soportar esfuerzos de tracción • Soporta vanos de 80 a 200 metros.
Aplicaciones:	Aplica para instalaciones aéreas auto-soportadas o instalaciones en ductos.
Unidad Básica:	Tubos de material termoplástico (PBT) rellenos con compuesto hidrófugo para prevenir la entrada y migración de humedad.
Cubierta externa:	Polietileno de color negro con protección contra intemperie y resistente a la luz solar.
Elemento Central :	Elemento de material dieléctrico ubicado en el centro del núcleo para prevenir los esfuerzos de contracción del cable.

Fuente: Tabla Adaptada (SOLEIDAD, 2015), Recuperado de: <http://www.furukawa.com>

3.2.6 PARÁMETROS DE USUARIOS DE CADA EDIFICIO

Para identificar los requerimientos de la red de acceso es importante saber la estadística de los potenciales usuarios de los servicios proporcionados mediante la red de acceso se encuentran en los edificios del GAD Municipal de Otavalo.

3.2.6.1 USUARIOS DEL EDIFICIO GAD_OTA_NUEVO1

TABLA 3. 21: Detalles de usuarios y recursos Edificio Nuevo 1

Datos del Nodo	
Número de funcionarios:	30 usuarios
Servicios:	<ul style="list-style-type: none">• Acceso a internet• SIGMO• OLIMPO• Sistema Comercial• Ventanilla Municipal• Concejales• Ventanillas
Departamentos existentes:	<ul style="list-style-type: none">• Recaudación• Departamento financiero

Fuente: Coordinación de TIC's del GAD Municipal de Otavalo.

3.2.6.2 USUARIOS DEL EDIFICIO GAD_OTA_NUEVO2

TABLA 3. 22: Detalles de usuarios y recursos Edificio Nuevo 2

Datos del Nodo	
Número de funcionarios:	10 usuarios
Servicios:	<ul style="list-style-type: none">• Acceso a internet• Sistema Comercial• Salud ocupacional
Departamentos existentes:	<ul style="list-style-type: none">• Fondo de cesantías

Fuente: Coordinación de TIC's del GAD Municipal de Otavalo.

3.2.6.3 USUARIOS DEL EDIFICIO LA_JOYA

TABLA 3. 23: Detalles de usuarios y recursos Cada La Joya

Datos del Nodo	
Número de funcionarios:	10 usuarios
Servicios:	<ul style="list-style-type: none">• Acceso a internet• Sistema Comercial
Departamentos existentes:	<ul style="list-style-type: none">• Casa cultural.• Museo

Fuente: Coordinación de TIC's del GAD Municipal de Otavalo.

3.2.6.4 USUARIOS DEL EDIFICIO GAD_OTA_ANTIGUO

TABLA 3. 24: Detalles de usuarios y recursos edificio Antiguo

Datos del Nodo	
Número de funcionarios:	160 usuarios
Servicios:	<ul style="list-style-type: none">• Acceso a internet• SIGMO• OLIMPO• Sistema Comercial• Ventanilla Municipal• Alcaldía• Comunicación social• Secretaria general• Archivo general• Laboratorio de agua potable• Gestión social• Gestión ambiental
Departamentos existentes:	<ul style="list-style-type: none">• Asesoría jurídica• Coordinación de TICS• Obras publicas• Participación ciudadana• Planificación ciudadana• Talento humano• Parqueo tarifado• Coordinación general y técnica.

Fuente: Coordinación de TIC's del GAD Municipal de Otavalo.

3.2.6.5 USUARIOS DEL EDIFICIO BODEGA MUNICIPAL

TABLA 3. 25: Detalles de usuarios y recursos Bodega Municipal

Datos del Nodo	
Número de funcionarios:	25 usuarios
Servicios:	<ul style="list-style-type: none">• Acceso a internet• SIGMO• OLIMPO• Sistema Comercial• VSM
Departamentos existentes:	<ul style="list-style-type: none">• Coordinador de transportes• Agua potable

Fuente: Coordinación de TIC's del GAD Municipal de Otavalo.

3.2.6.6 USUARIOS DEL EDIFICIO COMISARIA MUNICIPAL

TABLA 3. 26: Detalles de usuarios y recursos Comisaria Municipal

Datos del Nodo	
Número de funcionarios:	20 usuarios
Servicios:	<ul style="list-style-type: none">• Acceso a internet• VSM
Departamentos existentes:	<ul style="list-style-type: none">• Policía municipal

Fuente: Coordinación de TIC's del GAD Municipal de Otavalo.

3.2.6.7 USUARIOS DEL EDIFICIO LA CASA DE TURISMO

TABLA 3. 27: Detalles de usuarios y recursos casa de turismo

Datos del Nodo	
Número de funcionarios:	27usuarios
Servicios:	<ul style="list-style-type: none">• Acceso a internet• VSM
Departamentos existentes:	<ul style="list-style-type: none">• Casa de turismo

Fuente: Coordinación de TIC's del GAD Municipal de Otavalo.

3.2.6.8 USUARIOS DEL EDIFICIO CASA CULTURAL EL COLIBRÍ

TABLA 3. 28: Detalles de usuarios y recursos el colibrí

Datos del Nodo	
Número de funcionarios:	10 usuarios
Servicios:	<ul style="list-style-type: none">• Acceso a internet• VSM
Departamentos existentes:	<ul style="list-style-type: none">• Centro cultural el colibrí

Fuente: Coordinación de TIC's del GAD Municipal de Otavalo.

3.2.6.9 USUARIOS DEL EDIFICIO CASA DE LA JUVENTUD

TABLA 3. 29: Detalles de usuarios y recursos casa de la Juventud

Datos del Nodo	
Número de funcionarios:	29 usuarios
Servicios:	<ul style="list-style-type: none">• Acceso a internet• VSM• Biblioteca municipal
Departamentos existentes:	<ul style="list-style-type: none">• Coordinación social• Coordinación de pueblos quichuas

Fuente: Coordinación de TIC's del GAD Municipal de Otavalo.

3.3 TOPOLOGÍA FÍSICA DE LA RED DE ACCESO FTTB

Para el diseño de la red de acceso del Gobierno Autónomo descentralizado Municipal de Otavalo, basado en la tecnología FTTB, debido a que son redes que usan elementos pasivos en la ODN (Red de Distribución Óptica), lo cual implica el uso de elementos activos solamente en los terminales. Al analizar de manera general el despliegue que se realizará en planta externa depende de la ubicación de los equipos pasivos, los cuales seguirán el orden del modelo lógico GPON.

El diseño que se propone para la red FTTB se basa en dos topologías de redes cuyas ventajas son aprovechadas en mayor cantidad, tomando en cuenta el costo reflejado en el uso de un solo esquema y otras propiedades de cada esquema, las topologías que se podría usar de acuerdo al grado jerárquico son:

➤ **Topología en Anillo**

La disposición de la fibra óptica en esta primera parte del diseño, permite asegurar de cierta manera la redundancia de la red, que resulta necesaria para dar confiabilidad al usuario en el establecimiento de la conexión ante posibles fallos a gran escala.

La redundancia debe asegurarse con la utilización de equipos adecuados para la re-conexión de forma automática o manual, como el caso de algunos splitters disponibles en el mercado los mismos que representan un costo adicional.

➤ **Topología en árbol.**

Este tipo de arquitectura se está empezando a implementar en la actualidad y puede tener buenos resultados puesto que es más económica que arquitecturas similares como FTTH la misma que consiste en llegar con fibra óptica hasta el hogar o domicilio donde se encuentra el abonado, razón por la cual los costos se incrementan. Con FTTB en cambio, llega una sola terminal de red óptica (ONT) hasta el edificio y es compartida por todos los abonados en el edificio. (GCO, 2015)

La arquitectura de red o topología de la red de telecomunicaciones que tiene el punto de conexión con edificios se le denomina red de acceso, de sus características dependerá, en parte, la cantidad y la calidad de los servicios a los que los usuarios pueden acceder. Es así que la red de acceso con FTTB es aquella infraestructura que va desde la central hasta los diferentes usuarios. Es un enlace punto multipunto como ilustra la **FIGURA 3. 17**

donde el nodo central está ubicado en el GAD Municipal Nuevo que es el punto de origen en el recorrido de la fibra hacia los 8 edificios denominados (usuarios).

La topología más adecuada de acuerdo al entorno de la ciudad y a la ubicación de cada uno de los edificios es “topología árbol”, la cual consiste en conectar la OLT con las ONU's a través de distribuidores ópticos pasivos, donde el canal descendente GPON es una red punto multipunto donde el equipo OLT maneja la totalidad del ancho de banda que se reparte a los usuarios ONUs. En canal ascendente es una red punto a punto donde múltiples ONUs transmiten a un único OLT. Mediante el uso de divisores pasivos 1 x n (donde $n = 2, 4, 8, 16, 32, \text{ o } 64$) en distintos emplazamientos hasta alcanzar los clientes. (Millan, 2016)

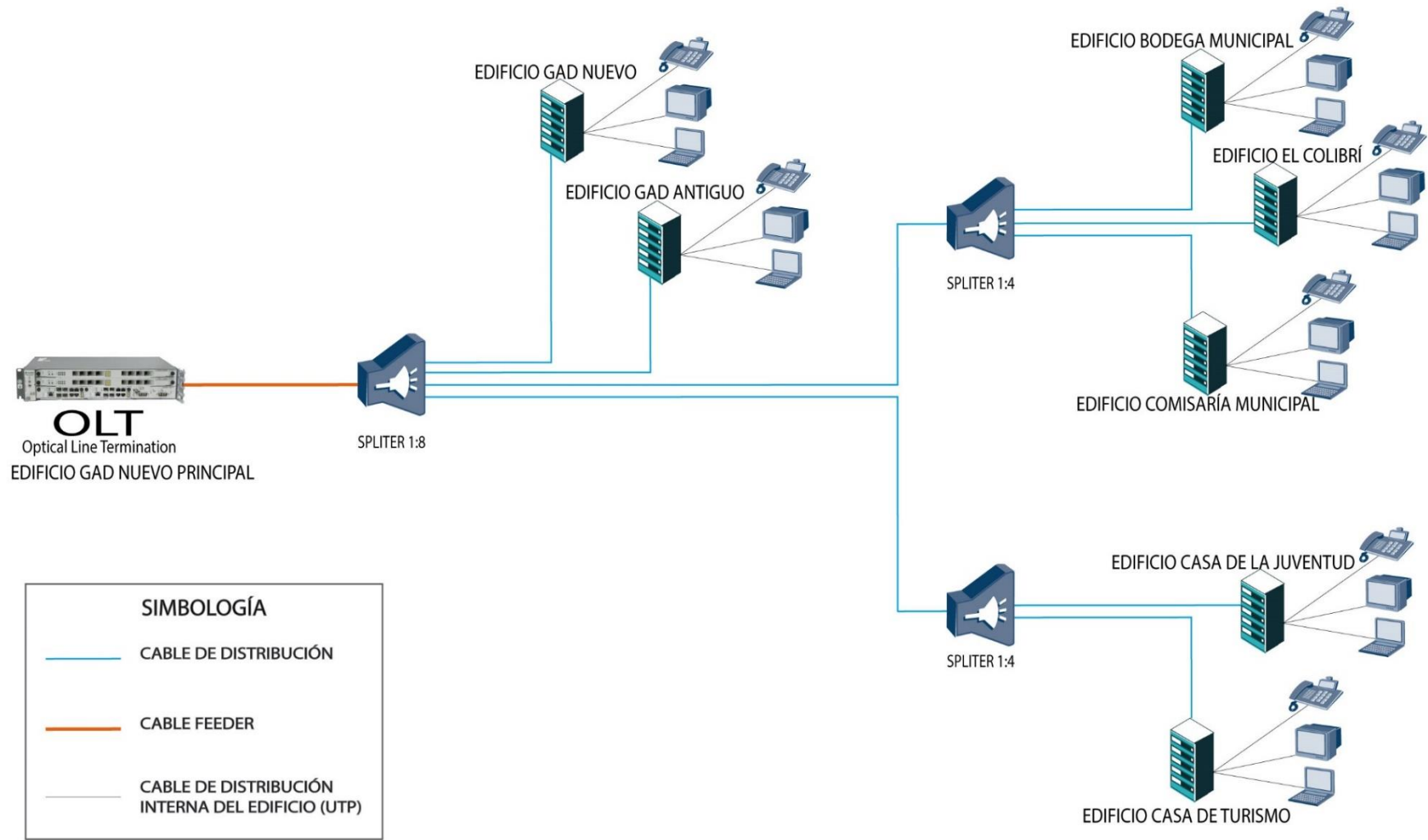


FIGURA 3. 17: Topología de una red PON Punto - Multipunto
Fuente: Desarrollo del proyecto, Modificado en: Adobe Illustrator

3.4 EQUIPOS Y ELEMENTOS PARA LA RED DE ACCESO

A continuación, se describe cada uno de los elementos y equipos activos y pasivos que se utilizarán, el sitio en el que estarán la OLT y ONU, así también de todo el trayecto que se tomará para llegar a cada una de las dependencias (ODN) para el diseño de la red de acceso FTTB en el GAD Municipal de Otavalo.

3.4.1 EQUIPO OLT (OPTICAL LINE TERMINATION)

3.4.1.1 UBICACIÓN

La ubicación ideal del equipo OLT es en el nodo central, lugar en el cual se administra toda la red del GAD Municipal como se muestra en la **FIGURA 3. 18** y que al ser un punto céntrico de la ciudad proporciona una mayor escalabilidad de la red para el futuro, y cumpliendo con las recomendaciones de la ITU G 984.1.

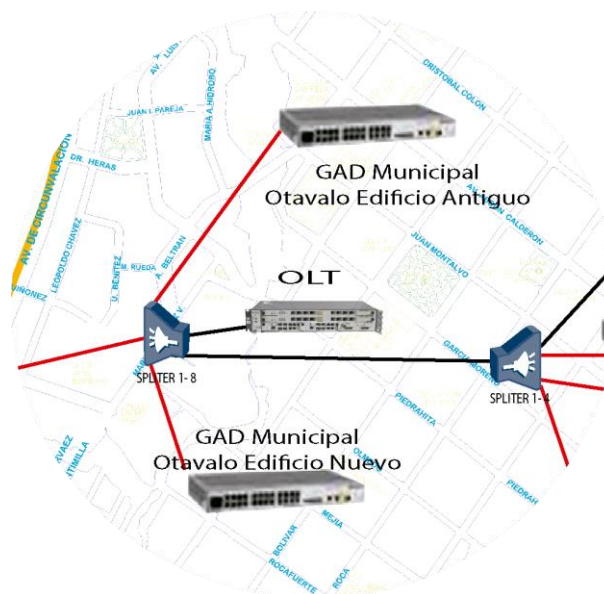


FIGURA 3. 18: Ubicación geográfica de la OLT.

Fuente: Desarrollo del proyecto, Modificado en: Adobe Illustrator

3.4.1.2 REQUERIMIENTOS DEL EQUIPO OLT

Para la red de acceso que se pretende diseñar se usa un equipo OLT (Optical Line Terminal) que dispone de tecnología GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network), desde la OLT parten los hilos de fibra hacia los ONUs (cada OLT puede brindar servicio a varios usuarios).

El GAD Municipal de Otavalo hasta la actualidad, cuenta con una gran cantidad de usuarios en cada una de las dependencias, distribuidos adecuadamente, razón suficiente, para que el presente proyecto esté enfocado primordialmente en brindar servicio adecuado a cada una de las dependencias anexas al municipio.

Se escogió el equipo que puedan adaptarse al diseño propuesto para el GAD Municipal de Otavalo, equipo que deberá cumplir con las especificaciones requeridas para garantizar su buen funcionamiento de la tecnología FTTB. El equipo OLT ha sido seleccionado mediante un análisis realizado con la persona encargada de la administración de la red como representante de la institución tomando en cuenta la norma UIT-T G984.4¹⁰.

El equipo OLT, mediante el análisis debe cumplir con los requerimientos del usuario tales como: escalabilidad, seguridad, deberá contar con un modelo de gestión que facilite al operador la administración remota de los equipos de cada una de las dependencias municipales lo que permite que el OPEX (costos en la operación de la red) se reduzca de manera significativa.

Cada módulo GPON deberá tener la capacidad de soportar la tecnología y aplicaciones adecuadas para FTTB, deberá proporcionar la gestión de cada una de las ONUs a través de protocolo OMCI (Operation Management Control Interface), además muy importante deberá tener puertos ópticos GPON los mismos que permitan la conexión entre la red del proveedor y cada uno de los servidores que dispone el GAD Municipal.

3.4.1.2.1 CARACTERÍSTICAS

- La OLT deberá soportar escenarios FTTB. Escenarios que permitan la conexión última milla mediante fibra óptica.
- Soportar de estándar ITU-T G.984. Puesto que describe el funcionamiento de GPON.
- Puerto GPON. Deberá proveer mínimo 8 puertos GPON que permita la conexión hasta 64 ONUs.
- Puertos ópticos GPON, que permitirán la integración con redes tipo IP/ MPLS, que permitan conectarse a internet.

¹⁰ <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.4-200802-l/es>

3.4.1.3 MARCAS DE EQUIPO OLT

A continuación, se presentan algunos equipos de proveedores que en el transcurso de los años se han vuelto líderes a nivel global puesto que ponen a disposición distintos insumos y soluciones respecto a soluciones GPON o FTTx.

3.4.1.3.1 HUAWEI SERIES MA5608T¹¹



FIGURA 3. 19: Equipo OLT

Fuente: HUAWEI MA5608T - Mini OLT (Optical Line Terminal), Recuperado de:

<http://e.huawei.com/es/products/fixed-network/access/olt/ma5680t>

Características:

- E / S Slots: 2 ranuras para tarjetas de servicio, 2 ranuras para interruptor de control y tarjetas, 1 ranura para la entrada de alimentación redundante.
- 20 Gbps / capacidad de ranura
- Provee máximo 8 puertos por tarjeta GPON.
- QoS con la clasificación del tráfico y la política de reenvío L2.
- Soporte estándar ITU-T G.984.4
- Velocidad de transmisión downstream y upstream arriba de los 2.5 Gbps y 1.2 Gbps, respectivamente.
- Soporta distancia lógica máxima entre dispositivos: 60 km.
- Sensibilidad de recepción de -28dBm
- Cada puerto soporta 64 usuarios (ONU).

¹¹ OLT Huawei MA5608T, <http://e.huawei.com/es/products/fixed-network/access/olt/ma5680t>

3.4.1.3.2 MOTOROLA AXS2200¹²



FIGURA 3. 20: Equipo OLT, Motorola AXS2200

Recuperado de: http://www.broadbandsoho.com/PDF/Datasheet_AXS2200.pdf

Características:

- Soporte estándar ITU-T G.984.
- Gran tamaño para grandes redes.
- Provee 4 puertos por tarjeta GPON.
- Soporta estándar 802.1Q VLANs.
- Soporta calidad de servicio QoS.
- Potencia consumida 1500W.
- Soporta 802.1p permitiendo priorizar el tráfico y aplicaciones.
- Cada puerto soporta 64 usuarios (ONU).

3.4.1.4 EQUIPO OLT RECOMENDADO PARA EL DISEÑO DE LA RED DE ACCESO

El equipo OLT, sugerido para la red de acceso del GAD Municipal de Otavalo de entre los anteriores es un producto del grupo HUAWEI que es una OLT pequeña, puesto que cumple con los requerimientos técnicos de este diseño y proporcionará una excelente escalabilidad a la red, ya que cada tarjeta GPON dispone 8 puertos que brindan una máxima división de splitter de 1:64 dando como un resultado aproximado de 3072 conexiones.

¹² http://www.broadbandsoho.com/PDF/Datasheet_AXS2200.pdf

3.4.1.5 REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA LA RED DE ACCESO

TABLA 3. 30: OLT requeridos

Detalle	Cantidad
Equipo ONU	1

Fuente: Desarrollo del proyecto.

3.4.2 EQUIPOS QUE FORMAN PARTE DE LA ODN (OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK)

A continuación, se procede a describir cada uno de los ejemplos pasivos que forman parte de la ODN (Optical Distribution Network).

3.4.2.1 SPLITTERS

A continuación, se presenta el esquema de división óptica propuesto para el diseño, para ello se utiliza una configuración en cascada de splitters de 1:8 y 1:4, todo esto depende de la ubicación geográfica de los usuarios. Por lo tanto, esta configuración es la indicada ya que brinda escalabilidad a la red y mejora los resultados en el presupuesto de pérdidas del enlace.

Se utilizará una configuración en cascada, el splitters primario 1:8, puesto que posibilitan la conexión de edificios cercanos y la distribución para los más alejados de la OLT. Y de capacidad 1:4 para los divisores ópticos secundarios, los divisores ópticos escogidos serán de terminación de fibra de 900um, 109 presentación bandeja, puesto que su uniformidad es de ≤ 1.0 , no posee pérdidas de retorno y el tipo de sus puertos de salida es Ribbon 8 fibras x 1 (2,5 m fibras individuales). Ver **ANEXO E-4**.

3.4.2.1.1 UBICACIÓN DE LOS SPLITTERS

Para elegir la ubicación adecuada de los splitters se realizó un análisis de cada una de las dependencias de acuerdo a su ubicación geográfica: por lo tanto, se tiene al splitter 1:8 en el nodo central ubicado en el GAD municipal de Otavalo, así también los splitters de 1:4 el primero ubicado en la esquina de la calle Juan Montalvo y Av. Atahualpa, el segundo ubicado en la intersección de la Av. Atahualpa y Quiroga, como se muestra en la **FIGURA 3. 21**

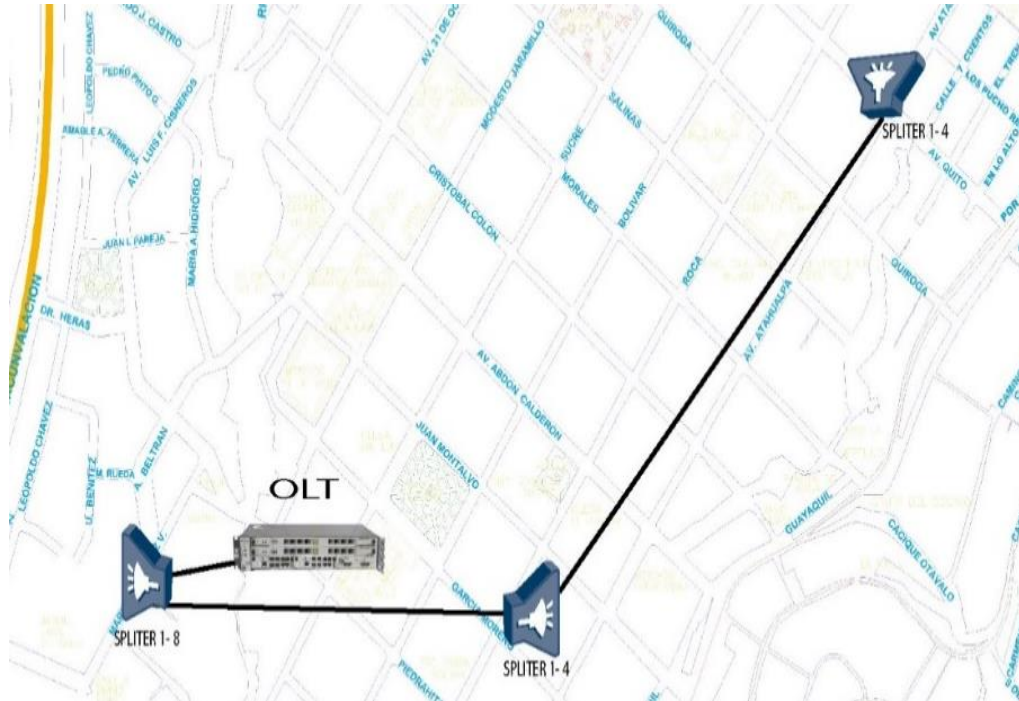


FIGURA 3. 21: Ubicación geográfica de los splitters

Fuente: Desarrollo del proyecto, Modificado en: Adobe Illustrator

TABLA 3. 31: Distancias entre la OLT y los splitters.

SPLITTERS	REQUERIMIENTOS	DISTANCIA DESDE OLT A SPLITTERS (m)	UBICACIÓN
1:8	Spliter adecuado para rack	10	Calle Piedrahita entre Bolívar y Sucre
1:4	Adecuado para manga exterior	500	Calle Juan Montalvo y Av. Atahualpa
1:4	Adecuado para manga exterior	800	Calle Quiroga y Av. Atahualpa

Fuente: Desarrollo del proyecto

3.4.2.1.2 ESQUEMA

En la **FIGURA 3. 22_** se describe la distribución del splitter ubicado en el nodo central, los dos splitters que sirven como distribuidores en sitios estratégicos, y la topología de la red de acceso a diseñar.

Adicional a esto cabe resaltar que cada puerto de los splitters primarios (1:8) estarán conectados como se muestra en la **FIGURA 3. 22_** y también de la misma forma los splitters secundarios de capacidad 1:4, como se indica en **FIGURA 3. 22_**. El esquema de conexión para cada splitter primario que se implemente será el siguiente:

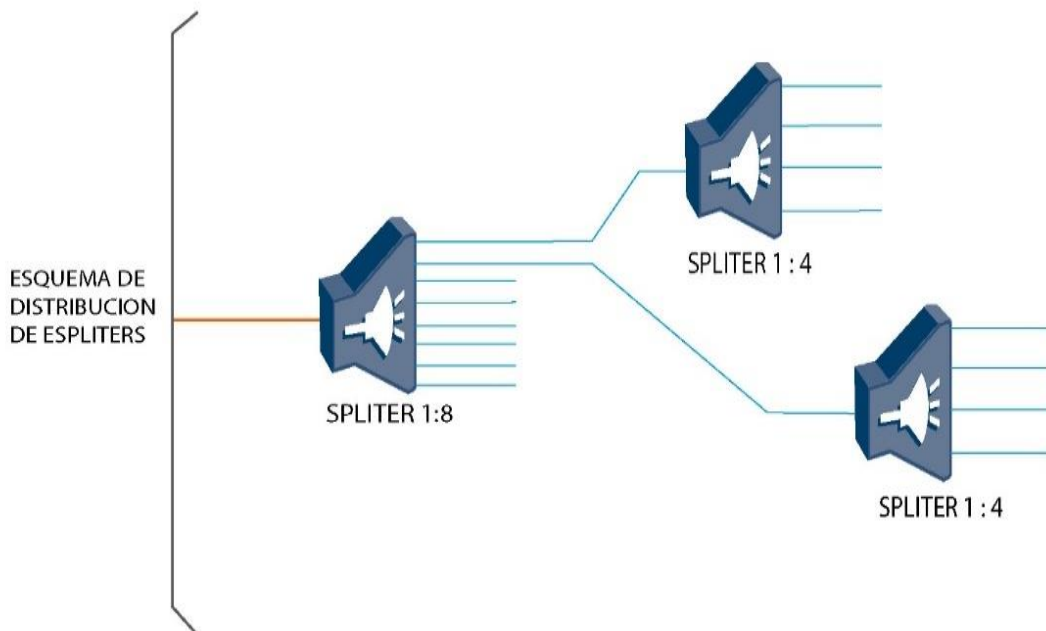


FIGURA 3. 22: Esquema de configuración división óptica.

Fuente: Desarrollo del proyecto, Modificado en: Adobe Illustrator

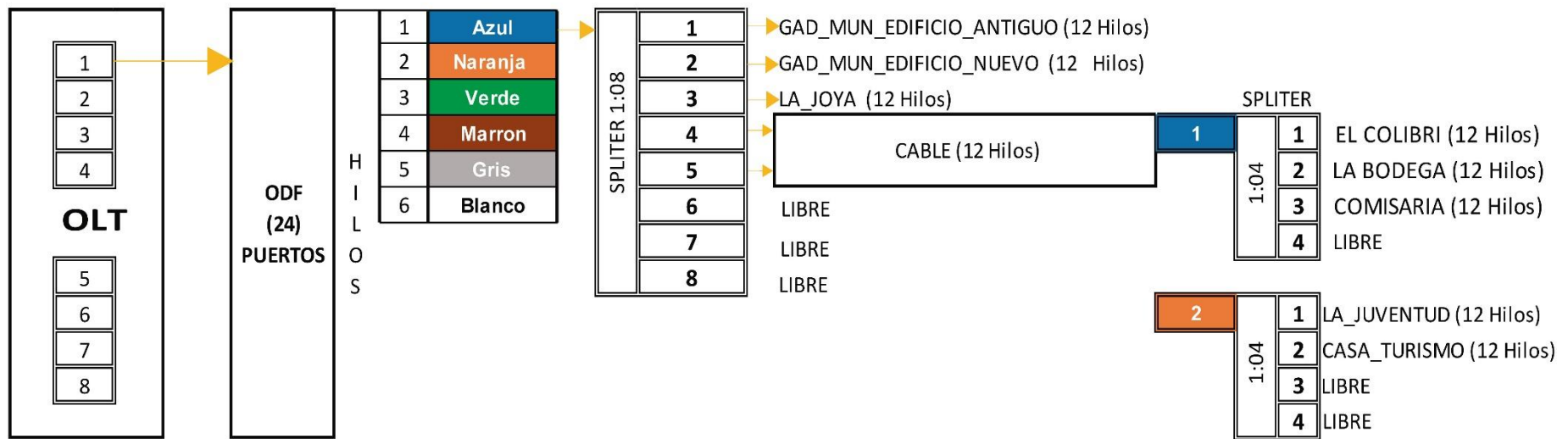


FIGURA 3. 23: Distribución de los puertos y de cables usados
Fuente: Desarrollo del proyecto, Modificado en: Adobe Illustrator

Esquema:

- Se tendrá 1 tarjeta con 8 puertos GPON.
- Cada puerto de la tarjeta soporta hasta 64 ONT.
- Se tendrá 1 splitter primario de 1:8.
- Se implementarán 2 splitters secundarios que darían servicio a los edificios donde se encuentran los usuarios.

3.4.2.1.3 REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA LA RED DE ACCESO

TABLA 3. 32: Splitters requeridos

Detalle	Cantidad
Splitters 1:8 Para Montaje en Rack	1
Splitters 1:4	2

Fuente: Desarrollo del proyecto

3.4.2.2 ODF (OPTICAL DISTRIBUTION FRAME)

Es un equipo pasivo, al cual se acoplan los conectores de cada hilo de fibra, al ODF ubicado en el nodo central llega la fibra óptica correspondiente al edificio GAD Municipal del Edificio Nuevo 2 (12 hilos), la de la Casa de la Joya (12 hilos), la del edificio antiguo del GAD Municipal (12 hilos), y también la fibra que conecta a los splitters secundarios (12 hilos) por tal motivo, este ODF debe poder albergar al menos 32 hilos. Cada uno de los edificios de tener en sus cuartos de telecomunicaciones un ODF de al menos 6 puertos. Ver **ANEXO E**.



FIGURA 3. 24: ODF unidad 36.

http://www.fiber-patch-cord.com/photo/pc252032-cuadro_de_n_cleos_fibra_ptica_odf_unidad_36_4u_est_ndar_de_19.jpg

3.4.2.2.1 CARACTERÍSTICAS

- Puede ser cargado con los divisores ópticos 1/2*32 y 36 ramas de la distribución de los corazones.
- Alcance a la gestión de la memoria externa conexión cruzada y en unidad.
- Bastante espacio de la operación, fáciles para el uso y el mantenimiento
- 19" instalación estándar, altura 4U
- Desplazamiento de la bandeja del empalme

3.4.2.2 REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA LA RED DE ACCESO

TABLA 3. 33: ODF requeridos

Detalle	Cantidad
ODF 36 puertos en la OLT	1
ODF 12 puertos Cada dependencia	8

Fuente: Desarrollo del proyecto

3.4.2.3 CONECTORES

Estos elementos cumplen la función de terminación de la Fibra Óptica, transformándose en un medio mecánico para activos dispositivos tales como: transmisores, receptores y cables en enlaces operativos. (Beltran , 2015)

Pueden ser de diferentes tipos, existen los metálicos para terminaciones FC o ST y los plásticos para terminaciones SC y LC, hay que tener muy en cuenta que las terminaciones tanto de un lado como del otro tengan el mismo tipo de pulido sea este PC, UPC ó APC, esto va de acuerdo a las necesidades de diseño (CNT, 2012). Ver ANEXO E-4.



FIGURA 3. 25: Tipos de conectores de fibra óptica

Fuente: Álvaro Llorente, 2013. Recuperado de:

<https://sites.google.com/site/stigestionydesarrollo/recuperacion/desarrollo-1/tema11/8---propiedades-y-tipos-de-conectores-de-fibra-optica>

3.4.2.3.1 REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA LA RED DE ACCESO

TABLA 3. 34: Conectores requeridos

Detalle	Cantidad
CONECTOR SC/APC	10

Fuente: Desarrollo del proyecto.

3.4.2.4 PUENTES ÓPTICOS (PATCH CORDS)

Se utilizan para la interconexión entre un puerto del ODF al cual está conectorizado un hilo de fibra del enlace que viene del exterior con los equipos de transmisión instalados en la central o nodo.

Las terminaciones del Patch Cord pueden ser: FC, ST, SC ó LC con pulido PC, UPC ó APC según la necesidad de diseño, también pueden ser de tipo dual, es decir, dos fibras monomodo con dos terminaciones en cada extremo, las características ópticas deben ser similares a las de la fibra instalada en el enlace, es decir, debe cumplir el mismo estándar, la distancia del Patch Cord deberá estar acorde al posicionamiento del equipo de transmisión con respecto al ODF en cada estación, (CNT, 2012). Ver **ANEXO E**.



FIGURA 3. 26: Puentes ópticos (Patch Cords).

Fuente: Manual de operaciones tendido de fibra CNT EP

3.4.2.4.1 REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA LA RED DE ACCESO

TABLA 3. 35: Conectores requeridos.

Detalle	Cantidad
Patch Cords	15

Fuente: Desarrollo del proyecto.

3.4.2.5 PIGTAILS

Son utilizados para empalmar por un lado la fibra que llega del exterior y conectar por el otro lado al acoplador del ODF.

La terminación de cada pigtail puede ser: FC, ST, SC ó LC con pulido PC, UPC ó APC según la necesidad de diseño, las características ópticas deben ser similares a las de la fibra instalada en el enlace a la que el pigtail se debe empalmar, es decir, debe cumplir el mismo estándar, la distancia del pigtail deberá ser de mínimo 1,00 metros ó dependiendo de las necesidades en cada estación, (CNT, 2012). Ver **ANEXO E**.

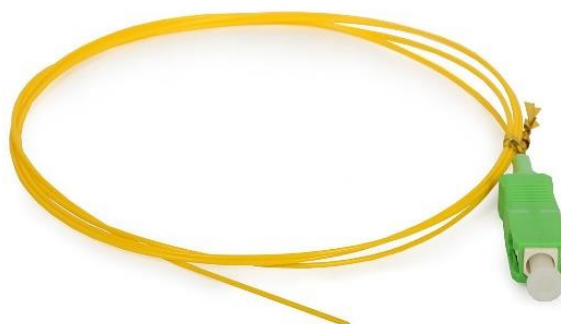


FIGURA 3. 27: Pigtails

Fuente: Manual de operaciones tendido de fibra CNT EP.

3.4.2.5.1 REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA LA RED DE ACCESO

TABLA 3. 36: Pigtails requeridos.

Detalle	Cantidad
Pigtails	15

Fuente: Desarrollo del proyecto.

3.4.2.6 MANGAS DE EMPALME

Existen varios tipos de mangas para realizar los empalmes con las cuales se puede realizar varias derivaciones, esto depende de los requerimientos que tenga el desarrollo del proyecto, ver **ANEXO E-4**. De los cuales puede ser de:

- 3 Derivaciones (mínimo)
- 4 Derivaciones
- 6 Derivaciones

Para el diseño de la red de acceso se requiere mangas de empalme que sea adecuado para exteriores y q permitan las derivaciones adecuadas para cada una de los lugares.



FIGURA 3. 28: Mangas de empalme

Fuente: Manual de operaciones tendido de fibra CNT EP

3.4.2.6.1 REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA LA RED DE ACCESO

TABLA 3. 37: Mangas de empalme.

Detalle	Cantidad
Mangas de empalme	2

Fuente: Desarrollo del proyecto.

3.4.3 EQUIPOS ONU (OPTICAL NETWORK UNIT)

Los equipos ONUs se encuentran localizados en cada uno de los edificios donde están los empleados municipales, en este caso la ONU está conectada como usuario final, para el caso de estudio se procede a elegir al equipo que cumple con el requerimiento del usuario y de las recomendaciones de la ITU G.984-compliance. Ver **ANEXO E**.

3.4.3.1 REQUERIMIENTOS DEL EQUIPO ONU

El GAD Municipal de Otavalo hasta la actualidad, cuenta con una gran cantidad de usuarios en cada una de las dependencias distribuidos adecuadamente, razón suficiente para que el presente proyecto esté enfocado primordialmente en brindar servicio adecuado a cada una de las dependencias anexas al municipio.

Para la red de acceso el equipo ONU deberá disponer de tecnología GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network), como principal característica deberá garantizar convergencia con la OLT. El equipo deberá adaptarse al diseño propuesto para el GAD Municipal de Otavalo cumpliendo con las especificaciones requeridas para garantizar su buen funcionamiento de la tecnología FTTB.

El equipo ONU, mediante el análisis debe cumplir con los requerimientos del usuario tales como: escalabilidad, seguridad, convergencia, deberá contar con un modelo de gestión que facilite al operador la administración remota permitiendo que el OPEX (costos en la operación de la red) se reduzca de manera significativa.

- Tener por lo menos dos puertos GPON.
- Disponibilidad de gestión remota desde la OLT.
- Disponer puertos FE, para la integración de la red.
- Soportar fibra hasta el edificio (FTTB).

3.4.3.2 MARCAS DE EQUIPO ONU

A continuación, se presentan algunos equipos de proveedores que se encuentran en el mercado y que ponen a disposición soluciones GPON o FTTx.

3.4.3.2.1 HUAWEI SMARTAX MA5626

El SmartAX MA5626 es la primera unidad de refrigeración multi-vivienda pasiva (MDU) en la industria para apoyar la red de área local (LAN) de acceso. El MA5626 soporta cinco especificaciones de configuración, es decir, 24 puertos FE, 16 puertos FE, 8 puertos FE, 8 FE puertos que apoyan la energía a través de Ethernet (PoE), y 8 puertos FE que apoyan revertir PoE. El MA5626 se pueden utilizar en la fibra hasta el edificio (FTTB) + escenarios de LAN para proporcionar servicios de acceso de banda ancha y voz para residencial y pequeño para los usuarios empresariales medianas. (Huawei, 2015).



FIGURA 3. 29: SmartAX MA5626 PoE.

Fuente: Huawei Products,

Recuperado de: <http://e.huawei.com/es/products/fixed-network/access/onu/video-monitor-wlan>

Características:

- Puertos del lado de la red
 - 2 x GPON
 - 2 x GE (ópticos)
 - 1 x GE + 1 x GPON
- Puertos del lado del usuario
 - 8/16/24 x FE
 - 8/16/24 x FE (PoE)
 - x GE + 4 x FE (PoE)
 - 8 x FE (PoE inversa)
- Amplio rango de temperatura ambiente.
- Bajo consumo de energía, y un diseño tranquilo, así como un diseño de refrigeración pasiva, lo que reduce el consumo de energía.
- El MA5626 se puede configurar de forma remota, y sus canales de gestión y de servicios se establecen automáticamente una vez que el dispositivo está encendido y que ha registrado correctamente con el dispositivo de capa superior.
- El MA5626 se adapta automáticamente a GPON y GE modos de transmisión aguas arriba para cumplir con diferentes requisitos de acceso FTTx, y soporta tanto el Protocolo de Iniciación de Sesión (SIP) y el protocolo H.248 para la interconexión con conmutadores de software. (Huawei, 2015)

3.4.3.2.2 ALCATEL 7353 ISAM FTTB¹³



FIGURA 3. 30: Alcatel 7353 ISAM

Recuperado de: <https://www.alcatel-lucent.com/products/7353-isam-fttb-modular-onu>

El Alcatel-Lucent 7353 Intelligent Services Access Manager (ISAM) Fibra hasta el negocio (FTTB) Unidad de red óptica (ONU) es una unidad remota que se apoya PON Ethernet o Gigabit enlaces ascendentes de punto a punto. Permite a los proveedores de servicios para reducir los costos mediante la implementación de la misma solución de acceso remoto en prácticamente cualquier lugar de la red, incluyendo los gabinetes remotos, MDU y edificios de oficinas. (Lucent, s.f.)

Esta plataforma de acceso multiservicio tiene una densidad de servicio líder en la industria. Proporciona cuatro ranuras que pueden alojar ADSL2 +, POTS, VDSL2 y de servicios Fast Ethernet tarjetas.

El 7353 ISAM FTTB ONU funciona a la perfección con todos los terminales existentes ISAM ópticos de línea (OLTs). Se apoya en el mismo sistema de gestión de elementos - el Sistema de Gestión de Acceso de Alcatel-Lucent 5520 - como otros productos ISAM.

3.4.3.2.3 HUAWEI SMARTAX MA5621¹⁴



FIGURA 3. 31: Huawei SmartAX MA5621

Recuperado de: <http://e.huawei.com/es/products/fixed-network/access/onu/onu-for-smartgrid>

El SmartAX MA5621 de clase industrial es una unidad de red óptica (ONU) para redes que se despliegan para clientes de industrias, las aplicaciones principales de la unidad de red óptica SmartAX MA5621 de Huawei son las tareas remotas de recopilación, transmisión y monitorización de la información de medidores inteligentes. (Huawei, 2015)

¹³ <https://www.alcatel-lucent.com/products/7353-isam-fttb-modular-onu>

¹⁴ <http://e.huawei.com/es/products/fixed-network/access/onu/onu-for-smartgrid>

- Puertos del lado de la red
 - 2 x GPON
 - 2 x GE (ópticos)
 - 1 x GE + 1 x GPON
- Puertos del lado del usuario
 - 4 x GE/FE + 4 x RS485/RS232

3.4.3.3 EQUIPO ONT RECOMENDADO PARA EL DISEÑO DE LA RED DE ACCESO

El equipo ONT, sugerido para la red de acceso del GAD Municipal de Otavalo para cada uno de sus edificios, el equipo recomendado es del grupo HUAWEI SmartAX MA5626, puesto que cumple con los requerimientos técnicos de este diseño y proporcionará una excelente escalabilidad a la red, es el equipo ideal para tecnologías GPON.

El SmartAX MA5626 tiene varias ventajas con los equipos mencionados, tiene una gran capacidad usuarios conectados directamente a los puertos disponibles lo que el equipo SmartAX MA5621 no permite, si bien es cierto el equipo Alcatel 7353 ISAM es una solución muy adecuada para la tecnología FTTB aplicada en su mayoría para industrias grandes, en este diseño no sería el equipo adecuado debido a que las dependencias municipales están catalogadas como medianas lo cual implicaría no utilizar toda la capacidad que dispone el equipo.

3.4.3.4 REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA LA RED DE ACCESO

TABLA 3. 38: ONU requeridos

Detalle	Cantidad
Equipo ONU MA5626	8

Fuente: Desarrollo del proyecto.

3.5 DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA

3.5.1 ALIMENTACIÓN O FEEDER

Para el cálculo de la distancia del cable de alimentación o FEEDER se tomará en cuenta la distancia a partir del gabinete que alberga la OLT hacia el primer poste desde donde empezará el despliegue del cable, posteriormente a esto se sumará la distancia entre poste y poste hasta llegar a cada uno de los divisores ópticos primarios.

En caso especial el splitter primario se encuentra en el nodo central debido a que se trata de un BD splitter de 1:8 para montaje en racks.

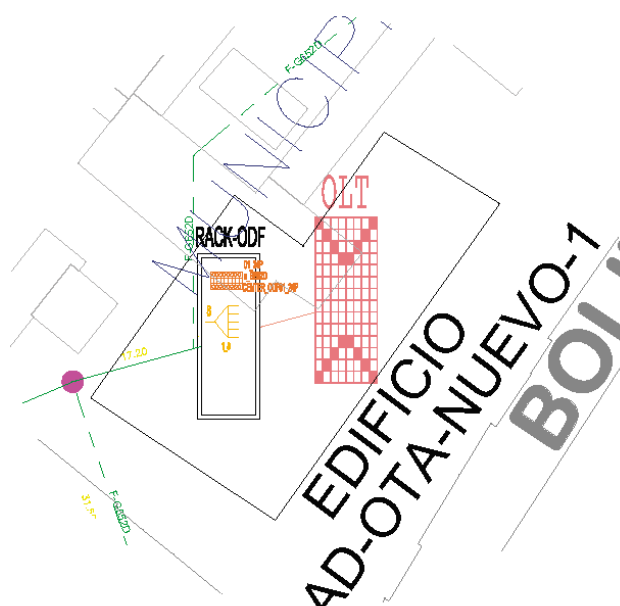


FIGURA 3. 32: Ubicación de la OLT

Fuente: Desarrollo del proyecto. Modificada en: AutoCAD 2016

Para obtener la distancia total del cable de FEEDER (distancia desde OLT hacia splitter primario), apreciadas en la **TABLA 3. 39** para el caso es menor a 10 metros, cabe resaltar que a cada uno de los valores descritos en la tabla ya ha sido adicionado el valor de la distancia entre la OLT.

TABLA 3. 39: Distancias totales de cable de distribución.

DISTANCIA CABLE FEEDER DESDE LA OLT HASTA EL SPLITTER PRIMARIO (metros)	DISTANCIA (metros)	UBICACIÓN
Splitter 1:8	< 10	Calle Piedrahita y Bolívar
TOTAL	10	

Fuente: Desarrollo del proyecto.

3.5.2 CABLE DE DISTRIBUCIÓN

De igual manera para obtener la distancia total del cable de DISTRIBUCIÓN (distancia entre el splitter primario y el splitter secundario) apreciado en la **TABLA 3. 40** se deberá sacar el total de la distancia de cada zona, sumando todos los valores.

TABLA 3. 40: Distancias del cable de distribución.

DISTANCIA CABLE DISTRIBUCIÓN DESDE EL SPLITTER PRIMARIO HASTA LOS SECUNDARIOS (metros)	DISTANCIA (metros)	UBICACIÓN
Splitter 1:4	460.78	Calle Juan Montalvo y Av. Atahualpa
Splitter 1:4	930.59	Calle Quiroga y Av. Atahualpa
TOTAL	1391.37	

Fuente: Desarrollo del proyecto. Tabla adaptada.

Finalmente obtener el total de la distancia del de distribución desde el splitter secundario hasta cada una de los usuarios (dependencias municipales), se sumarán el total de las distancias, tomando en consideración la distancia aproximada que se tiene, desde la última caja de distribución hasta el edificio. A continuación, se muestra las distancias de cada usuario por zonas ver **TABLA 3. 41**

TABLA 3. 41: Distancias del cable de distribución Splitters-ONU.

DISTANCIA CABLE DISTRIBUTION DESDE EL SPLITTER SECUNDARIO HASTA LA ODN (metros)	DISTANCIA (metros)
GAD_OTA_NUEVO1-LA_JOYA	1843,27
GAD_OTA_NUEVO1-GAD_OTA_NUEVO2	50,46
GAD_OTA_NUEVO1-GAD_OTA_ANTIGUO	74,78
GAD_OTA_NUEVO1-BODEGA	176.70
GAD_OTA_NUEVO1-COMISARIA	38.90
GAD_OTA_NUEVO1-COLIBRI	416.94
GAD_OTA_NUEVO1-TURISMO	429.64
GAD_OTA_NUEVO1-JUVENTUD	1228.21
TOTAL	4258,90

Fuente: Desarrollo del proyecto. Tabla adaptada.

3.5.3 CALCULO DE RESERVAS

Para el cálculo de la reserva de cable de fibra óptica, se debe tomar en cuenta la ubicación y la distancia que tendrán las mismas, puesto que es necesario prescindir de cierta holgura de cable en ciertos casos tales como: derivaciones (sangrado de fibra óptica), empalmes de continuidad, caso en el que se termina la bobina de fibra óptica y se requiere seguir instalando más cable, etc. Medidas que deben ser tomadas, considerando las características del enlace y el sector a servir, (CNT, 2012).

Según el manual elaborado para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones 2012, acerca de procedimientos para proyectos de redes de fibra óptica, sugiere que se debe calcular un 10% de la cantidad de cable, distribuido de la siguiente manera:

- 5% de la longitud total del enlace para la distribución de la catenaria y senos correspondientes.
- 5% de la longitud total del enlace para las reservas que se distribuirá de la siguiente forma:
 - 30 metros de reserva en cada extremo o estación.
 - 30 metros por cada empalme exterior en pozo y/o poste (15 metros en cada extremo de cable).
 - Reservas de 30 metros cada 500 metros de longitud a lo largo del enlace y se tendrá la precaución de determinar reservas en lugares de alto riesgo como cruces de carreteras, sectores de alta velocidad vehicular, cruce de ríos y quebradas.

En la Tabla 3-42, se detallan las distancias totales obtenidas tanto para el cable de alimentación FEEDER, Distribución (Ver **TABLA 3. 42**). Con lo expuesto anteriormente, a las distancias totales se le adicionará el 10%, mismo que estará destinado como fibra óptica de reserva.

TABLA 3. 42: Distancias del cable de distribución Splitters-ONU.

	SUBTOTAL Distancia (m)	RESERVA %	Distancia Guarda (m)	TOTAL
FEEDER	10.00	10%	1.00	11.00
DISTRIBUCIÓN OLT SPLITER	1391.37	10%	391.37	1782,74
DISTRIBUCIÓN SPLITER ONU	4258,90	10%	258,90	4517,8

Fuente: Desarrollo del proyecto. Tabla adaptada.

3.6 CÁLCULO DE PRESUPUESTO ÓPTICO DE LA RED DE ACCESO FTTB

Los parámetros que insertan atenuación en un enlace de fibra óptica son los siguientes: empalmes por fusión en el diseño de la red, conectores, atenuación del cable según sean los coeficientes del mismo, esto dependerá de la distancia del enlace, lo cual permite saber las características de atenuación de cada enlace. La recomendación UIT-T G.652D, establece que la atenuación de un enlace está expresada por la ecuación. (Beltran, 2015).

3.6.1 CÁLCULO DE PRESUPUESTO ÓPTICO PARA CADA ENLACE DE LA RED DE ACCESO FTTB

Para el cálculo del presupuesto óptico se emplea la siguiente fórmula:

$$A = \alpha L + \alpha_s X + \alpha_c Y \quad \text{Ec (3.1)}^{15}$$

Donde:

α : Coeficiente típico de atenuación presente en diferentes tipos de cables.

α_s : Atenuación media por empalme.

α_c : Atenuación media por conector.

L : Longitud del enlace

X : Número de empalmes.

Y : Número de conectores.

La atenuación en divisores ópticos depende del número de salidas o entradas que tengan los mismos, a continuación, en Ec (3.1) Muestran los valores máximos, mínimos y

¹⁵Ec (3.1)¹⁵: Atenuación de un enlace de fibra óptica. Recomendación ITU-T G.652D

promedios de pérdidas en un splitter, los mismos que sirven como referencia para los cálculos de la **TABLA 3. 43**

TABLA 3. 43: Pérdidas en Divisores Ópticos – G.671.

Taza	Máximo	Mínimo	Promedio
1x64	22.8 dB	15.7 dB	19.2 dB
1x32	18.6 dB	13.1 dB	15.8 dB
1x16	15.0 dB	10.8 dB	13.4 dB
1x8	11,4 dB	8.1 dB	9.7 dB
1x4	7.8 dB	5.4 dB	6.6 dB
1x2	4.2 dB	2.6 dB	3.4 dB

Fuente: Recomendación G.671. Características de transmisión de los componentes y subsistemas ópticos. Tabla adaptada.

3.6.2 DETERMINAR EL PEOR Y MEJOR DE LOS CASO DEL ENLACE

A continuación, se presenta el cálculo del balance óptico, determinando el mejor y peor caso, con la finalidad de garantizar la implementación de la red de acceso FTTB para el diseño de la red de acceso del GAD Municipal de Otavalo. Para lo cual se toma en cuenta las longitudes de onda más importantes 1310nm y 1550nm. (Beltran , 2015). Para poder efectuar los cálculos se debe considerar los parámetros que se detalla en **TABLA 3. 44**

TABLA 3. 44: Valores por pérdidas

Atenuación	Valor
Por fibra	0.37 dB/Km (1310nm) 0.24 dB/Km (1550nm)
Por fusión	0.1 dB (TIA/EIA-758)
Por conector	0.5 dB (ITU-T G.671)

Fuente: Recomendación G.671, 758. Características de transmisión de los componentes y subsistemas ópticos. Tabla adaptada.

3.6.2.1 ESQUEMA FÍSICO PARA EL PEOR CASO DE ENLACE

Posterior al análisis de los planos de situación geográfica y las recomendaciones de la ITU, para la red de acceso del GAD Municipal se presenta el siguiente caso descrito, como el peor.

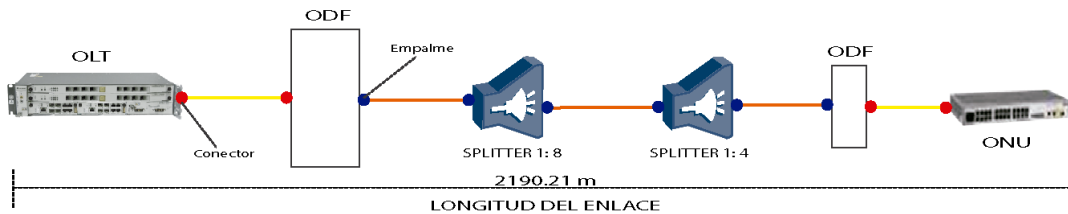


FIGURA 3. 33: Esquema de conexión de la red FTTB para el peor caso

Fuente: Desarrollo del proyecto, Modificado en: Adobe Illustrator

A continuación se reemplaza los valores en la ecuación con los valores de la Ec (3.2) se tiene lo siguiente:

- Número de conectores: 4
- Número de Empalmes/fusiones: 6
- Pérdida por splitter primario (1:8): 11.4 dB.
- Pérdida por splitter secundario (1:4): 7.8 dB.

Entonces se tiene:

$$Af = 2.19021 \text{ Km} * 0,37 \frac{\text{dB}}{\text{Km}} = \mathbf{0.81\text{dB (1310) / 0.52 (1550)}} \quad \text{Ec(3.2)}^{16}$$

$$\alpha_c = 4 * \mathbf{0.5\text{dB}} = \mathbf{2\text{dB}} \quad \text{Ec (3.3)}^{17}$$

$$\alpha_f = 6 * \mathbf{0.1\text{dB}} = \mathbf{0,6 \text{ dB}} \quad \text{Ec (3.4)}$$

¹⁶Ec(3.2)¹⁶: Valor típico de atenuación presente en diferentes tipos de cables. Recomendación ITU-T G.652D

¹⁷: Ec (3.3)¹⁷Atenuación media por conector. Recomendación ITU-T G.652D

Atenuación Total para el peor caso en 1310nm.

$$A_{TOTAL_{Peor\ Caso}} = 0,81\text{ dB} + 2\text{ dB} + 0,6\text{ dB} + 19,2\text{ dB} \quad \text{Ec (3.5)}$$

$$A_{TOTAL_{Peor\ Caso}} = 22,61\text{ dB} \quad \text{Ec (3.6)}$$

Atenuación Total para el peor caso en 1550nm.

$$A_{TOTAL_{Peor\ Caso}} = 0,52\text{ dB} + 2\text{ dB} + 0,6\text{ dB} + 19,2\text{ dB} \quad \text{Ec (3.7)}$$

$$A_{TOTAL_{Peor\ Caso}} = 22,32\text{ dB} \quad \text{Ec (3.8)}$$

3.6.2.2 ESQUEMA FÍSICO PARA EL MEJOR CASO DE ENLACE

El mejor caso para la red de acceso FTTB, estará determinada por la ONU más cercana a la OLT, esto se logrará determinar mediante los planos levantados geográficamente.

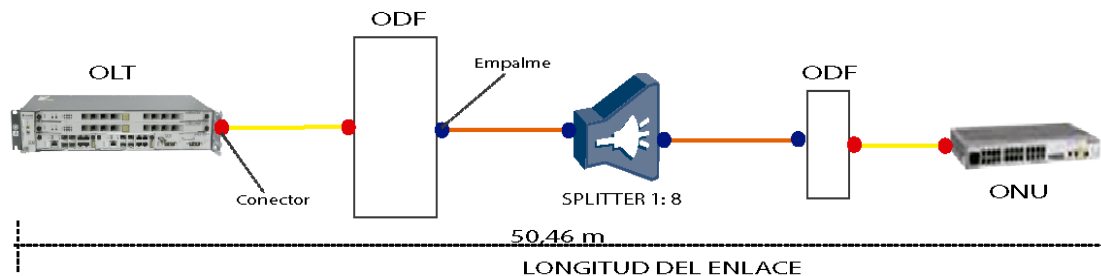


FIGURA 3. 34: Esquema de conexión de la red FTTB para el mejor caso

Fuente: Desarrollo del proyecto, Modificado en: Adobe Illustrator

A continuación se reemplaza los valores en la ecuación con los valores de la

TABLA 3. 44 y se tiene lo siguiente:

- Número de conectores: 4
- Número de Empalmes/fusiones: 4
- Pérdida por splitter primario (1:8): 11.4 dB.

$$A_f = 0,05056 \text{ Km} * 0,37 \frac{dB}{Km} = \mathbf{0.018dB} (1310) / \mathbf{0.012dB} (1550) \quad \text{Ec(3.9)}$$

$$\alpha_c = 4 * \mathbf{0.5dB} = \mathbf{2dB} \quad \text{Ec (3.10)}$$

$$\alpha_f = 4 * \mathbf{0.1dB} = \mathbf{0,4 dB} \quad \text{Ec (3.11)}$$

Atenuación Total para el peor caso en 1310nm

$$A_{TOTAL_{Peor\ Caso}} = 0,018 \text{ dB} + 2 \text{ dB} + 0,4 \text{ dB} + 11.4 \text{ dB} \quad \text{Ec (3.12)}$$

$$A_{TOTAL_{Peor\ Caso}} = 13,81 \text{ dB} \quad \text{Ec (3.13)}$$

Atenuación Total para el peor caso en 1550nm.

$$A_{TOTAL_{Peor\ Caso}} = 0,012 \text{ dB} + 2 \text{ dB} + 0,4 \text{ dB} + 11.4 \text{ dB} \quad \text{Ec (3.14)}$$

$$A_{TOTAL_{Peor\ Caso}} = 13.81 \text{ dB} \quad \text{Ec (3.15)}$$

3.6.2.3 CÁLCULO DE PRESUPUESTO ÓPTICO PARA CADA ENLACE DE LA RED DE ACCESO FTTB

TABLA 3. 45: Presupuesto Óptico Para Las Dependencias Municipales

PRESUPUESTO ÓPTICO PARA LAS DEPENDENCIAS MUNICIPALES																				
Ubicación	SPLITTERS							CABLE					FUSIÓN			CONECTORES			TOTAL DE PERDIDAS	
	1:04			1:08			Total perdida (dB)	Distancia (m)	Banda				N°	Valor (dB)	Total (dB)	N°	Valor (dB)	Total (dB)	(dB)	
	N°	Valor (dB)	Total (dB)	N°	Valor (dB)	Total (dB)			1130		1550								1130	1550
									Valor (dB/Km)	Total (dB/Km)	Valor (dB/Km)	Total (dB/Km)								
GAD_OTA_NUEVO1-LA_JOYA	0	7,80	0,00	1	11,40	11,40	11,40	1843,27	0,27	0,50	0,24	0,44	4	0,10	0,40	4	0,50	2,00	14,30	14,24
GAD_OTA_NUEVO1-GAD_OTA_NUEVO2	0	7,80	0,00	1	11,40	11,40	11,40	50,46	0,27	0,01	0,24	0,01	4	0,10	0,40	4	0,50	2,00	13,81	13,81
GAD_OTA_NUEVO1-GAD_OTA_ANTIGUO	0	7,80	0,00	1	11,40	11,40	11,40	74,78	0,27	0,02	0,24	0,02	4	0,10	0,40	4	0,50	2,00	13,82	13,82
GAD_OTA_NUEVO1-BODEGA	1	7,80	7,80	1	11,40	11,40	19,20	666,68	0,27	0,18	0,24	0,16	6	0,10	0,60	4	0,50	2,00	21,98	21,96
GAD_OTA_NUEVO1-COMISARIA	1	7,80	7,80	1	11,40	11,40	19,20	528,88	0,27	0,14	0,24	0,13	6	0,10	0,60	4	0,50	2,00	21,94	21,93
GAD_OTA_NUEVO1-COLIBRI	1	7,80	7,80	1	11,40	11,40	19,20	906,92	0,27	0,24	0,24	0,22	6	0,10	0,60	4	0,50	2,00	22,04	22,02
GAD_OTA_NUEVO1-TURISMO	1	7,80	7,80	1	11,40	11,40	19,20	1391,06	0,27	0,38	0,24	0,33	6	0,10	0,60	4	0,50	2,00	22,18	22,13
GAD_OTA_NUEVO1-JUVENTUD	1	7,80	7,80	1	11,40	11,40	19,20	2190,21	0,27	0,59	0,24	0,53	6	0,10	0,60	4	0,50	2,00	22,39	22,33

Fuente: Fuente: Desarrollo del proyecto.

3.7 DISPONIBILIDAD DE LA RED

La Disponibilidad, es definida como la capacidad de una red para entregar el funcionamiento continuo sin interrupción del tráfico. En el área de telecomunicaciones, la disponibilidad depende de los nodos, enlaces de fiabilidad, mantenimiento y la arquitectura de la red. Las dos unidades comúnmente usadas para medir la disponibilidad son:

- Tiempo medio antes de fallos (MTBF)
- Tiempo medio de reparación (MTTR), lo que representa el promedio del tiempo necesario para reparar / restaurar el bloque funcional y llevar de nuevo a un estado de funcionamiento. (SOLEIDAD, 2015)

De tal forma, para calcular el tiempo de disponibilidad de una red se utiliza la siguiente formula:

$$A = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$$

Para el caso de estudio para los equipos HUAWEI de la serie OLT MA5600T, ONU MA5626 los cuales tienen por defecto en el MTBF (Tiempo medio antes de fallos) de 150000 horas y 30000 horas para cada uno de los casos, valores que se pueden encontrar en los datasheets. Para el cálculo del MTTR se debe sumar todos los tiempos de reparación de los fallos y al mismo dividirlo para el número de fallos al año.

- OLT

MTBF= 150000 h; MTTR: 4 h (Estimado)

$$A_{\text{OLT}} = \frac{\text{MTBF}}{(\text{MTBF} + \text{MTTR})}$$

$$A_{\text{OLT}} = \frac{150000\text{h}}{(150000\text{h} + 4\text{h})}$$

$$A_{\text{OLT}} = 99.9973\%$$

- ONU

MTBF= 30000 h; MTTR: 4 h (Estimado)

$$A_{\text{ONU}} = \frac{\text{MTBF}}{(\text{MTBF} + \text{MTTR})}$$

$$A_{\text{ONU}} = \frac{30000\text{h}}{(30000\text{h} + 4\text{h})}$$

$$A_{\text{ONU}} = 99.973\%$$

Disponibilidad total en la red:

$$A = AOLT * AONU * Asplitter$$

$$A = (99.9973 \% / 100 \%) * (99.9973 \% / 100\%) * (99.9989 \% / 100\%)$$

$$A = 0.999973 * 0.999973 * 0.999952$$

$$A = 0.999883 * 100 \%$$

$$A = 99.9883 \%$$

En conclusión, se puede decir que la red FTTB a implementarse usando la marca de equipos antes descritos, tendría una disponibilidad del 99.98%.

3.8 LEVANTAMIENTO DE PLANOS DE LA RED DE ACCESO FTTB, EN EL GAD MUNICIPAL DE OTAVALO

A continuación, se presenta los planos de la distribución de los edificios con sus respectivas nomenclaturas, para ello se utilizó la herramienta de diseño AutoCAD 2016, cabe resaltar que la información resultante está basada en la planimetría de la postería existente, facilitada por la Empresa Eléctrica EMELNORTE S.A. y una visita técnica en sitio. El plano completo es anexado al final del documento, Ver **ANEXO I**.

CAPÍTULO IV

4 ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO

En este capítulo se realizará el análisis Costo-Beneficio, que va a determinar la factibilidad del proyecto a ser desarrollado que permitirá valorar la inversión a realizarse tomando en cuenta no solo el valor económico, sino también el beneficio que este estudio representa para el GAD Municipal de Otavalo, que es una institución de servicio a la ciudadanía. Se considerará, en primer lugar, varios aspectos como son los costos de inversión y los beneficios que este proyecto generará a los empleados y la ciudadanía Otavaleña.

4.1 COSTOS DE LA INVERSIÓN

El presupuesto de un proyecto es la etapa en la que se analiza el costo de inversión de los bienes tangibles que permitirán garantizar la correcta operación de dicho proyecto, en otras palabras, el presupuesto del proyecto es el documento en el que consta la cantidad de dinero que se necesitará para llevar a cabo las actividades planificadas.

4.1.1 COSTOS EQUIPAMIENTO ACTIVO

Dentro de este ítem se detalla el valor de los equipos activos tanto en OLT ubicada en el centro de datos y la ONU ubicada en los usuarios finales, necesarios para la implementación de este diseño descritos en la **TABLA 4. 1**

El análisis se basó, en los equipos disponibles en el mercado nacional, las marcas más utilizadas y los precios referenciales de las mismas.

TABLA 4. 1: Costo de equipos activos.

EQUIPAMIENTO ACTIVO OLT Y ONU				
ITEM	EQUIPAMIENTO	CANTIDAD	PRECIO	
			COSTO UNITARIO	SUBTOTAL
E-01	OLT HUAWEI series MA5608T • Tarjeta de control GPON • Tarjeta de 8 puertos GPON • Tarjeta de energía , -48 VCD	1	\$ 4.154,40	\$ 4.154,40
E-02	HUAWEI SmartAX MA5626 ONU • 24 puertos FE	8	\$ 794,59	\$ 6.356,72
E-03	LICENCIAMIENTO DE MA5600T	1	\$ 3.549,16	\$ 3.549,16
TOTAL				\$ 14.060,28

Fuente: Cotización HUAWEI Ventas. Ver ANEXO H.

4.1.2 INVERSIÓN EQUIPAMIENTO PASIVO INFRAESTRUCTURA

A continuación, en la **TABLA 4. 2**, se presenta el costo del equipamiento pasivo, el mismo que compone la ODN (Red de Distribución O Dispersión Óptica), donde se incluyen: cables de fibra óptica, cajas de distribución, mangas de empalme, herrajes, etc. Ver **ANEXO I**.

TABLA 4. 2: Costo equipamiento pasivo.

EQUIPO Y ELEMENTOS ODN						PRECIO	
ITEM	UNIDAD DE PLANTA	UNI	CANT	UNITARIO	TOTAL		
F0289	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE PATCH CORD DUPLEX FC/APC-SC/APC de 3mts. G.652D	u	12	\$ 11,78	\$ 141,36		
FO210	OFD-A-2 APERTURA FRONTAL, 6H - TERMINACIÓN SC- APC	u	8	\$ 104,56	\$ 836,48		
FO210	ODF-B-2 APERTURA FRONTAL CON ÁREA DE FUSIÓN POSTERIOR, 48H - TERMINACIÓN SC- APC	u	1	\$ 215,67	\$ 215,67		
FO232	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SPLITTER PLC PARA FUSIÓN (1X8) EN RACK	u	1	\$ 55,86	\$ 55,86		
FO231	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SPLITTER PLC PARA FUSIÓN (1X4)	u	2	\$ 42,75	\$ 85,50		
FO58	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 12 HILOS G.652.D VANO 80 METROS	m	1782,74	\$ 1,94	\$ 3.458,52		
FO142	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 6 HILOS G.652.D VANO 80 METROS	m	4517,8	\$ 1,54	\$ 6.957,41		
TOTAL					\$11.750,80		

Fuente: Referenciada de rubros proporcionados por CNT EP hasta 2013.

4.1.3 COSTO DE INGENIERÍA

En los costos de ingeniería se considera el costo del servicio de instalación de cada sitio, es decir de cada institución a ser integrada. La **TABLA 4. 3** detalla esta información. Ver **ANEXO I**.

TABLA 4. 3: Costos de instalación

MANO DE OBRA EQUIPAMIENTO EXTERNO					
ITEM	UNIDAD DE PLANTA	u	CANTIDAD	PRECIO	
				UNITARIO	TOTAL
FO257	FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	u	24	\$ 8,60	\$ 206,40
FO258	FUSIÓN DE HILO DE FIBRA ÓPTICA CON PIGTAIL	u	8	\$ 15,08	\$ 120,64
FO255	PREPARACIÓN DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA Y SUJECIÓN DE CABLES DE 6 - 96 HILOS	u	4	\$ 7,29	\$ 29,16
FO260	SANGRADO DE CABLE FIBRA ÓPTICA ADSS DE 6 - 48	u	3	\$ 9,44	\$ 28,32
FO314	HERRAJE TIPO B (CÓNICO) PARA CABLE DE FIBRA ÓPTICA ADSS	u	144	\$ 10,00	\$1.440,00
FO187	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA AÉREA PORTA SPLITTER DE 48, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	u	2	\$ 346,65	\$ 693,30
TOTAL					\$2.517,82

Fuente: Referenciada de rubros proporcionados por CNT EP 2013.

A los valores antes calculados se debe incrementar los siguientes costos: el diseño de la red FTTB: 2% del costo total, ingeniería, configuración de red y todo lo necesario para la puesta en marcha y capacitación del personal: 5% del costo total. Cabe recalcar que estos valores se verán reflejados solo al inicio de la implementación de la red como se muestra en la **TABLA 4. 4**

TABLA 4. 4: Costo de Ingeniería

COSTO DE INGENIERÍA & INSTALACIÓN					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT	PRECIO	
				UNITARIO	TOTAL
CI01	DISEÑO DE LA RED FTTB: 2% DEL COSTO TOTAL	u	1	\$ 7.328,90	\$546,58
CI02	INGENIERÍA, INSTALACIÓN, CAPACITACIÓN AL PERSONAL: 5% DEL COSTO TOTAL	u	1	\$ 7.328,90	\$1.366,44
TOTAL					\$1.913,02

Fuente: Desarrollo del proyecto.

4.2 INVERSIÓN TOTAL EN EQUIPAMIENTO PARA LA RED

A continuación, se detalla en la **TABLA 4. 5**, el costo total en equipamiento para la red de acceso FTTB.

TABLA 4. 5: Costo Total de equipamiento red de acceso FTTB.

COSTOS TOTALES DE LA RED DE ACCESO FTTB			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT	TOTAL
EQUIPAMIENTO ACTIVO OLT Y ONU	u	1	\$13.060,28
MANO DE OBRA EQUIPAMIENTO EXTERNO	u	1	\$ 2.517,82
EQUIPO Y ELEMENTOS ODN	u	1	\$14.750,80
TOTAL			\$30.328,90

Fuente: Desarrollo del proyecto.

4.3 DEPRECIACIÓN

Para llevar un correcto balance es necesario considerar los costos de depreciación de los equipos, para el presente proyecto se considera la vida útil de cinco años puesto que se trata de equipo tecnológico con un valor de depreciación de 20% anual.

TABLA 4. 6: Costos de depreciación de equipos activos

DEPRECIACIONES		
DESCRIPCIÓN	VALOR EQUIPO	DEL DEPRECIACIÓN ANUAL AL 20%
OLT MARCA HUAWEI SERIE MA5603T	\$ 3.154,40	\$ 630,88
ONT MARCA HUAWEI SERIE HG8247	\$ 6.356,72	\$ 1.271,34
	TOTAL	\$ 1.902,22

Fuente: Desarrollo del proyecto. Tabla adaptada.

4.4 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Realizar el análisis Costo-Beneficio para el diseño de la red de acceso FTTB para interconectar las dependencias municipales del GAD Municipal de Otavalo, no implica tomar en consideración únicamente factores económicos. Por tanto, es necesario ampliar el análisis hacia aspectos sociales, es cierto que el principal objetivo de este proyecto consiste en mejorar la confiabilidad y disponibilidad de la comunicación entre cada uno de los edificios municipales, también es necesario describir los beneficios a la administración municipal y sobre todo a la población en general.

El GAD Municipal de Otavalo al ser institución pública, los proyectos de esta naturaleza no representan una rentabilidad financiera, sino se enfoca en el bienestar que impartirá a la comunidad, en este caso a los habitantes y quienes hacen uso de las dependencias municipales del cantón Otavalo.

Considerando el funcionamiento actual que tiene el GAD Municipal por medio del departamento de TICs es evidente que requieren la migración a tecnologías actuales de gran capacidad de flujo de tráfico; por lo que la implementación de este diseño generará grandes beneficios como:

- Responder eficientemente a la creciente demanda de capacidad de los empleados municipales, lo cual ayuda a aumentar la productividad.
- Mantener una disponibilidad de 99.98 % de conexión con todas las dependencias a interconectarse en base a los cálculos realizados.
- Monitoreo, gestión y configuración remota de las ONUs permitirá solventar y brindar un soporte del equipamiento en cada una de las dependencias, mediante el uso del protocolo OMCI (Management and Control Interface). Soporte remotamente de las ONTs. Para cada usuario se gestiona un canal individual entre OLT y ONU optimizando la interoperabilidad entre fabricantes sin escenarios de conflictos.
- El GAD Municipal incorpora requisitos de sostenibilidad al tener una red de acceso de nueva generación facilitando las operaciones comerciales y establece sistemas de gestión para cumplir con las iniciativas de sostenibilidad. Mirando hacia el futuro, permanecerá dedicada a la creación de beneficios para los habitantes del cantón.
- Mejorar la flexibilidad al adoptar futuras tecnologías con capacidades escalables y confiables.

En resumen, la red de acceso se considera una inversión y no como un gasto, puesto que garantizará una conexión de alta fidelidad, eficiencia, máximo rendimiento, reduce los costos de reparación de incidentes e interrupciones, mejora la disponibilidad y la rentabilidad.

Los mencionados valores económicos para la implementación de esta infraestructura física tecnológica provienen inicialmente del presupuesto municipal, el cual es financiado a través de los aportes del Gobierno Central y de las tasas municipales que se cobran a los ciudadanos por concepto de impuestos prediales, transferencias de dominio y otros rubros de recaudación. Por lo tanto, la inversión será financiada en su totalidad por el GAD Municipalidad de Otavalo.

Al momento de determinar la viabilidad del proyecto, se verificará además los beneficios a obtenerse con su desarrollo son mayores a la inversión necesaria para su implementación. De tal forma, se enumeran los posibles beneficios que ayudan a la población Otavaleña que es aproximadamente de 90.188 habitantes¹⁸ y que mejorarán significativamente mediante la futura ejecución total de la red de acceso FTTB, como se muestra en la **TABLA 4. 7**

¹⁸ Censo 2010, (OTAVALO, 2015)

TABLA 4. 7: Beneficios al implementar el proyecto.

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO- PROYECTO RED DE ACCESO FTTB OTAVALO	
COSTO	BENEFICIO
	Red flexible y dinámica, capaz de transportar grandes capacidades de tráfico, con la utilización de la tecnologías ópticas
Migración de tecnología	Mayor capacidad de tráfico que maneja los edificios municipales. Conectividad segura y rápida entre dependencias municipales. Tener una red de acceso actual y capaz de soportar aplicaciones de última tecnología.
Adquisición de equipos	Maximizar los recursos actuales de transmisión de la red. Adquisición de equipos de alta tecnología que permitirán la escalabilidad de la red. Red de comunicaciones de datos de alta fidelidad.
Recursos y aplicaciones	Los habitantes podrán agilizar trámites municipales pago de servicios impuestos. Integrar nuevos servicios en cada dependencia.
Mantenimiento de la red	Confiabilidad y disponibilidad de la red.

Fuente: Desarrollo del proyecto. Tabla adaptada

En base a los planteamientos anteriores se determina que el proyecto establece beneficios sociales muy positivos para el Cantón Otavalo, por lo que su ejecución es viable para mejorar las condiciones de acceso a los trabajadores municipales en cada una de las dependencias municipales lo cual trae como resultado mejorar y facilitar el acceso de los habitantes a los servicios públicos eficientes y oportunos en un mundo cada vez más digitalizado. Además, la provisión de herramientas tecnológicas de comunicación para las personas y negocios del sector, es un punto clave para aumentar el turismo y la productividad en beneficio de la situación socioeconómica del cantón.

CAPITULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se describirán las conclusiones y recomendaciones del tema propuesto.

5.1 CONCLUSIONES

- Una de las principales ventajas que presentan las tecnologías FTTB, es que utiliza el cableado de cobre existente internamente de los edificios, lo que implica una reducción en los costos, pues caso contrario significaría implementar un nuevo cableado.
- El tendido de fibra óptica aérea es la alternativa, dentro de la Ciudad de Otavalo, debido a que las implementaciones de ductos subterráneos representan una fuerte inversión. El alquiler de ductos en la actualidad no es factible debido a que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones que cuenta con dicha infraestructura no los arrienda. Por el contrario, la Empresa Eléctrica da la posibilidad de arrendamiento de postes para tendido de fibra óptica.
- La migración de tecnología para la conexión de las dependencias, actualmente basada en enlaces inalámbrico a una red de nueva generación como es FTTB para el GAD Municipal de Otavalo, sin duda permitirá ofrecer mayores servicios de excelente calidad en cuanto a velocidad, cubriendo las expectativas de los trabajadores y ciudadanía que diariamente usan de servicios municipales.
- Se realizó el diseño de esta red de acceso para interconectar los edificios del GAD Municipal de Otavalo, tomando en consideración la geografía de cada uno de los edificios y las implicaciones técnicas fundamentales para la elaboración del diseño en cuestión.
- En necesario considerar el lugar, estándar, arquitectura y topología seleccionada y las características en general del diseño, se resume que la red de acceso FTTB es dúctil, escalable, viable y con un ancho de banda admisible para dar servicio de voz, datos y video a cada una de las dependencias Municipales de Otavalo.
- Por las características, la tecnología GPON es superior a los medios inalámbricos ya que maneja velocidades desde 2.4/1.8 Gb de bajada y subida los cuales permite beneficiar a los servicios de transmisión de información y aplicaciones en internet. Y de esta forma mediante cálculos teóricos se dice que tiene una disponibilidad del 99.98%.

- FTTB permite alcanzar distancias de hasta 20 km sin necesidad de amplificadores o regeneradores, reduciendo de esta manera los costos de implementación y mantenimiento, es decir, la red de acceso diseñada con mencionada tecnología es una red óptica pasiva, razón por la cual es la alternativa para el GAD Municipal de Otavalo que es una ciudad medianamente pequeña y cada uno de los enlaces no excede tal distancia.
- Se plantea en este estudio la conexión de las 8 dependencias municipales del GAD de Otavalo, para ello se consideró las rutas sugeridas y evaluadas de acuerdo a la visita técnica, mismas que darán estabilidad a la red en el caso de aumentar usuarios.
- Desde el punto de vista económico las implementaciones de este tipo de redes de acceso no son muy costosas. Si bien es cierto, los costos por concepto de fibra óptica son superiores a las demás tecnologías alámbricas o inalámbricas, se compensan en cierto modo por ser redes pasivas es decir no requieren alimentación eléctrica. Por tal motivo se plantea un diseño con la nueva tecnología y aprovechar todo el ancho de banda que la fibra óptica puede ofrecer, de manera que se garantice a futuro, el uso de la inversión en infraestructura, evitando cualquier cuello de congestión del servicio con el incremento de la demanda.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que los entes de regulación y de control en el campo de las telecomunicaciones en el país, expidan normativas técnicas para diseño de este tipo de redes, ajustadas a la realidad de cada una de las ciudades, basadas en estándares en cuanto a equipos homologados y permitidos dentro del país en relación con tecnologías FTTx que faciliten su implementación.
- Se recomienda el uso de las tecnologías FTTB (Fibra Hasta el Edificio) para la implementación de este tipo de redes de acceso, puesto que proporciona un gran ancho de banda aproximadamente 2.4/1.8 Gb de bajada y subida, una disponibilidad de 99.98%, así mismo es una red sostenible que permite cubrir las necesidades actuales y con una perspectiva con gran escalabilidad, lo que implica tener una red para largos periodos de tiempo de funcionamiento y ahorro de costos.
- Para garantizar la calidad de los servicios a los usuarios, es indispensable realizar un mantenimiento continuo al equipamiento activo y pasivo, así también un monitoreo constante de la red, se garantizará el buen funcionamiento aprovechando al máximo, su rendimiento evitando posibles fallas en la red.
- En la implementación de la red óptica, es necesario que el montaje de toda la red sea de forma adecuada y precisa basando en cada uno de las normativas y recomendaciones, para de esta forma garantizar una convergencia y eliminar pérdidas de conexión que finalmente pueden causar futuros inconvenientes.
- El presente diseño al tener un cable de fibra óptica de 12 hilos monomodo en cada uno de los enlaces, es una red convergente, escalable para futuras aplicaciones y extensión de nuevos puntos finales en la ciudad.
- Por facilidad de instalación de la fibra óptica en los postes de alumbrado público se recomienda el uso de la técnica de tendido de carrete fijo para cables auto-soportados ADSS elegidos para una posible implementación de la red de acceso propuesta.

5.3 GLOSARIO DE TÉRMINOS

FTTX:	Fibra hasta X (Cualquier Lugar).
FTTH:	Fiber to the home, Fibra hasta el hogar
FTTC:	Fiber to the curb, Fibra hasta la acera
FTTB:	Fibra to the building, Fibra hasta el edificio
PON:	Passive Optical Network, Redes Ópticas Pasivas.
GPON:	Gigabit Passive Optical Network, Redes Ópticas Pasivas con capacidad de Gigabit.
OLT:	Optical Line Terminal, Terminal de Línea Óptica.
ONT:	Optical Network Terminal, Terminal de Red Óptica.
ONU:	Optical Network Unit, Unidad de Red Óptica.
EPON:	Ethernet Passive Optical Network, Redes Ópticas Pasivas Ethernet.
ODN:	Optical Distribution Network, Red Óptica de Distribución.
APON ATM:	(Asynchronous Transfer Mode) Passive Optical Network, Redes Ópticas Pasivas
BPON:	Broadband Passive Optical Network, Redes Ópticas Pasivas de Banda Ancha.
ODF:	Open Document Format for Office Applications
ADSS:	All-Dielectric Self-Supporting
VSM:	Ventanilla de Tramites Municipales
ITU:	Unión Internacional de Telecomunicaciones
OMCI:	Operation Management Control Interface, protocolo de monitoreo de redes PON
OPEX:	Costos en la operación de la red.

ST:	Straight Tip.
SC:	Set and Connect (Straight Connection).
Mbps:	Mega bits por segundo.
ISP:	Internet Service Provider - Proveedor de servicios de Internet.
ARCOTEL:	Agencia de Regulación Y Control de las Telecomunicaciones.
CNT:	Corporación Nacional de Telecomunicaciones.
GEM	GPON Encapsulation Method (Métodos de encapsulación)
TDM	Time Division Multiple Access (Acceso múltiple por división de tiempo)
ATM	Asynchronous Transfer Mode (Modo De Transferencia Asíncrono)
GFP	Generic Framing Procedure (Procedimiento De Entramado Genérico)
OAM	Operation Administration and Maintenance

5.4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Beltran , J. P. (2015). *Diseño de Redes de Fibra Optica* . Quito.

Bermúdez, J. B. (s.f.). *ESTANDARES DE FIBRA“OPTICA Y DE CABLEADO UTP*.
Obtenido de <http://johnbufibraopticayutp.blogspot.com/>

CNT. (2010). *NORMAS DE DISEÑO DE PLANTA EXTERNA CON FIBRA ÓPTICA*.

GCO, P. (2015). *Tutorial de Comunicaciones Ópticas*. Obtenido de Nemesis:
<http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/index.htm>

Henao, J. S. (2010). *TECNOLOGÍAS DE REDES PON*.

Huawei. (2015). *MA5626-Huawei Productos*. Obtenido de
<http://www1.huawei.com/en/products/fixed-cess/fttx/mxu/ma5626/index.htm>

Lucent, A. (s.f.). *7353 ISAM FTTB Modular ONU*. Obtenido de <https://www.alcatel-lucent.com/products/7353-isam-fttb-modular-onu>

Jain, R. (2011). *Passive Optical Networks: Passive Optical Networks:*

Maya, J. M. (2011). *Telecomunicaciones: Tecnologías, redes y servicios*. Bogota : de la U "conocimiento a sus alcance".

Listado de precios de redes de fibra óptica CNT E.P. Febrero 2012.

Linares, & Jardón. (s.f.). *SISTEMAS DE COMUNICACIONES POR FIBRAS ÓPTICAS*. ALFAOMEGA .

Chomycz, B. (1998). *“Instalaciones de Fibra Óptica.* ” Ed. McGraw-Hill .

Lorenti, R. (14 de Julio de 2014). *Guayaquil, Guayas, Ecuador*

López, J. J. (2015). *::: Tutorial de Comunicaciones Ópticas :: GCO :: Grupo Comunicaciones Ópticas :: Obtenido de*
http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema1/tema1_5_1.htm

Martin, A. (2015). *Conocimientos previos: Teoría de la luz y transmisión de datos por fibras ópticas*. Obtenido de Aldo Martin

Millan, R. (2016). *GPON (Gigabit Passive Optical Network)*.

óptica, L. A. (2014). *FOA Reference Guide To Fiber Optics*. Obtenido de <http://www.thefoa.org/ESP/Sistemas.htm>

OPTRAL. (2015). *Tipos de fibra Optica*. Obtenido de <http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/optral/cap2/fibra-5.htm>

OTAVALO, G. M. (2015). *Datos Cantón - GOBIERNO MUNICIPAL DE OTAVALO*. Obtenido de http://www.otavalo.gob.ec/webanterior/?page_id=838

SOLEDAD, A. P. (2015). *DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA DE ACCESO MULTISERVICIO FTTH (FIBER TO THE HOME) PARA LA EMPRESA AIRMAXTELECOM SOLUCIONES TECNOLÓGICAS S.A., EN LA PARROQUIA URCUQUÍ PROVINCIA DE IMBABURA*.

Telecorc. (2014). *Arquitectura y Funcionamiento* . Obtenido de <http://telecorc.blogspot.com/2014/05/arquitectura-y-funcionamiento.html>

Telequismo. (2013). *¿FTTH o FTTB?, ésa es la cuestión* . Obtenido de <http://www.telequismo.com/2013/03/ftth-fttb.html>

Millan, R. (2016). *REDES Y SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES: VDSL2 en FTTB/FTTC/FTTN*. Obtenido de <http://blogtelecomunicaciones.ramonmillan.com/2008/08/vdsl2-en-fttbfttcfttn.html>

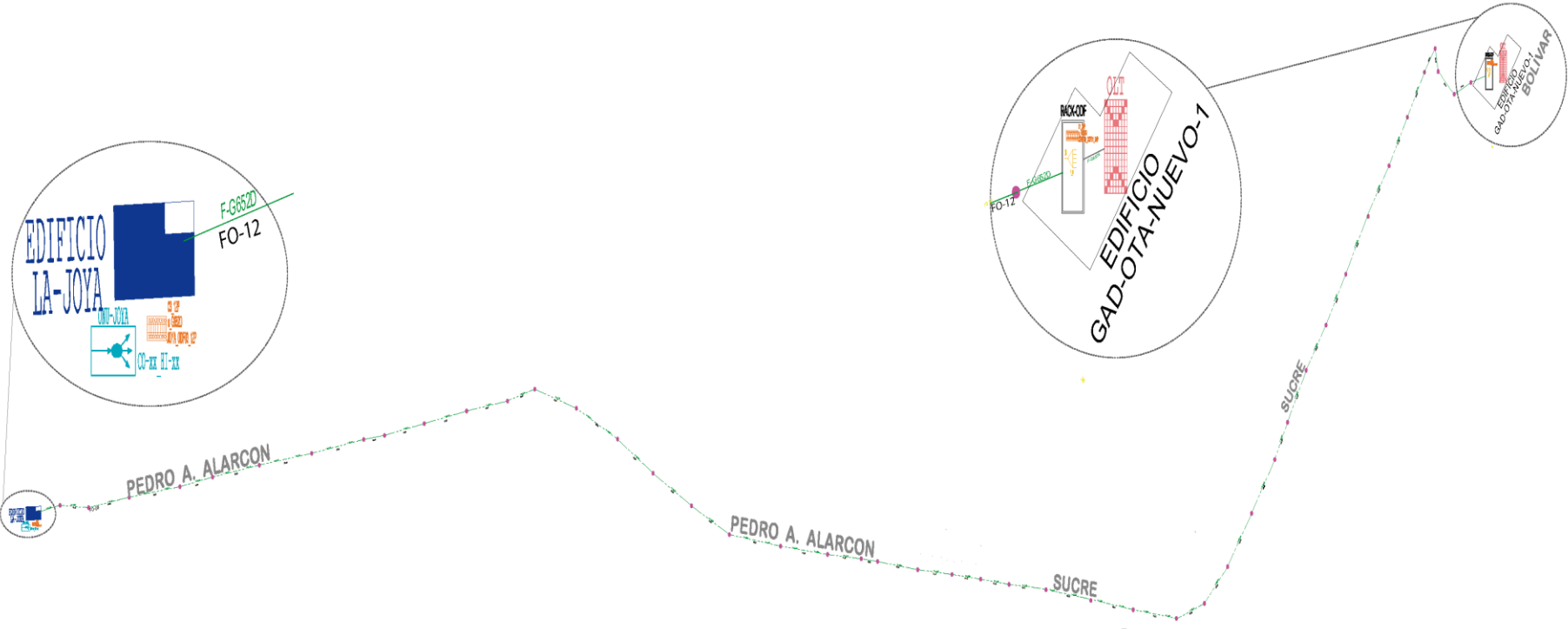
Huawei technologies Co., L. (s.f). FTTx ODN service product technical proposal. Guayaquil, Guayas, Ecuador.

Universidad de Navarra, anotaciones GPON y EPON, Curso de acceso optico.

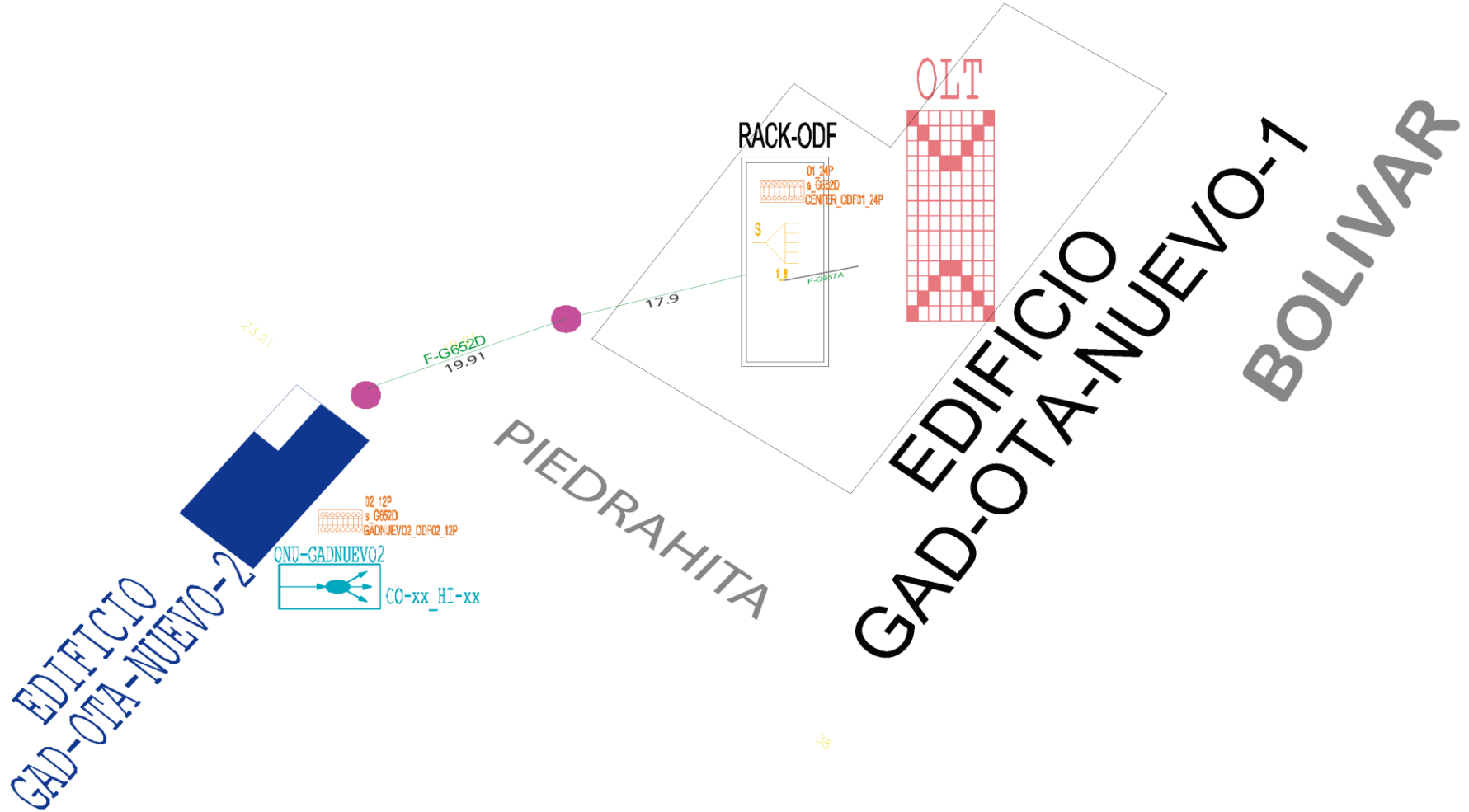
ANEXOS

ANEXO A

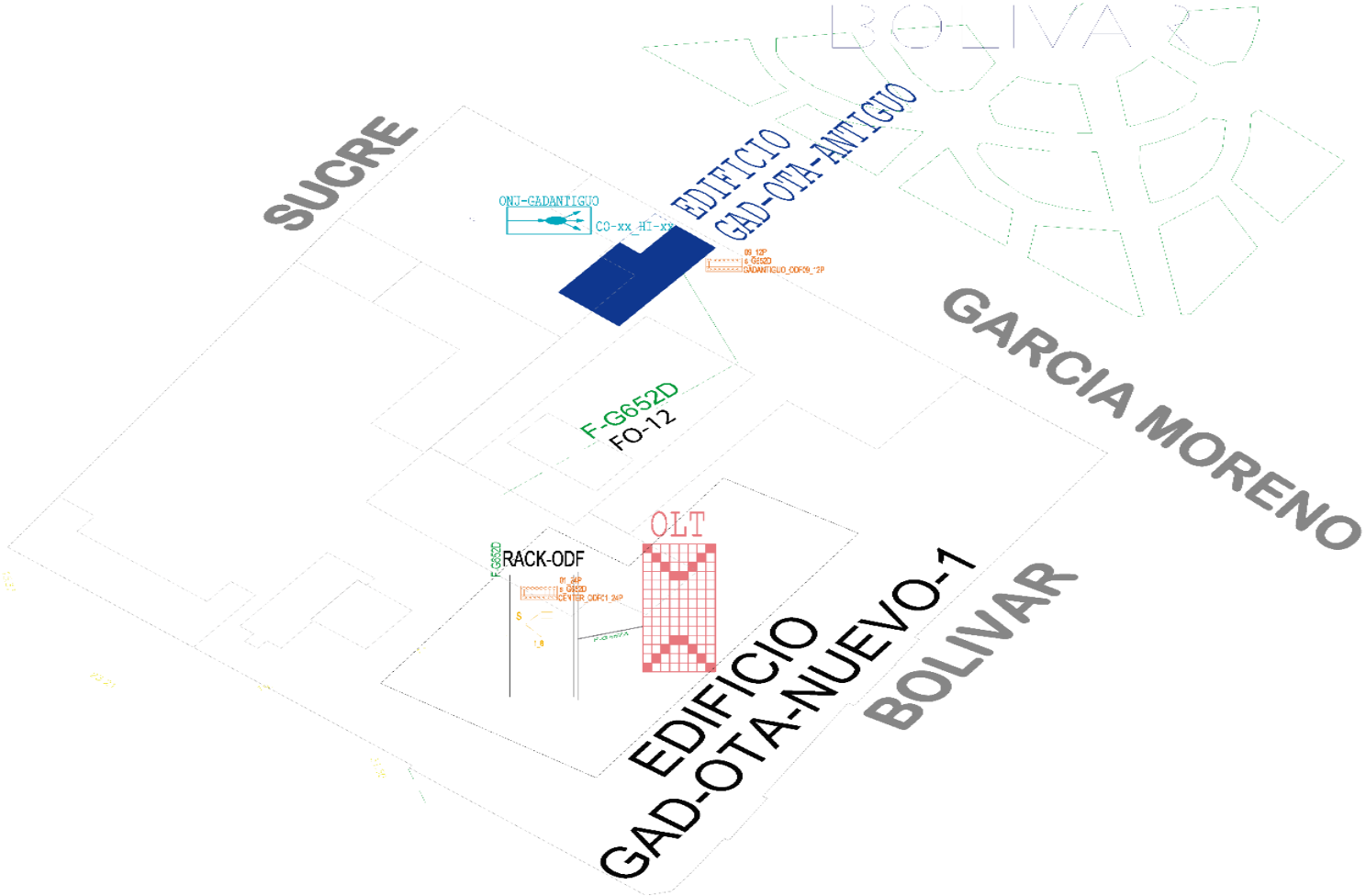
ANEXO A- 1. RUTAS DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTTA_NUEVO1 – LA_JOYA



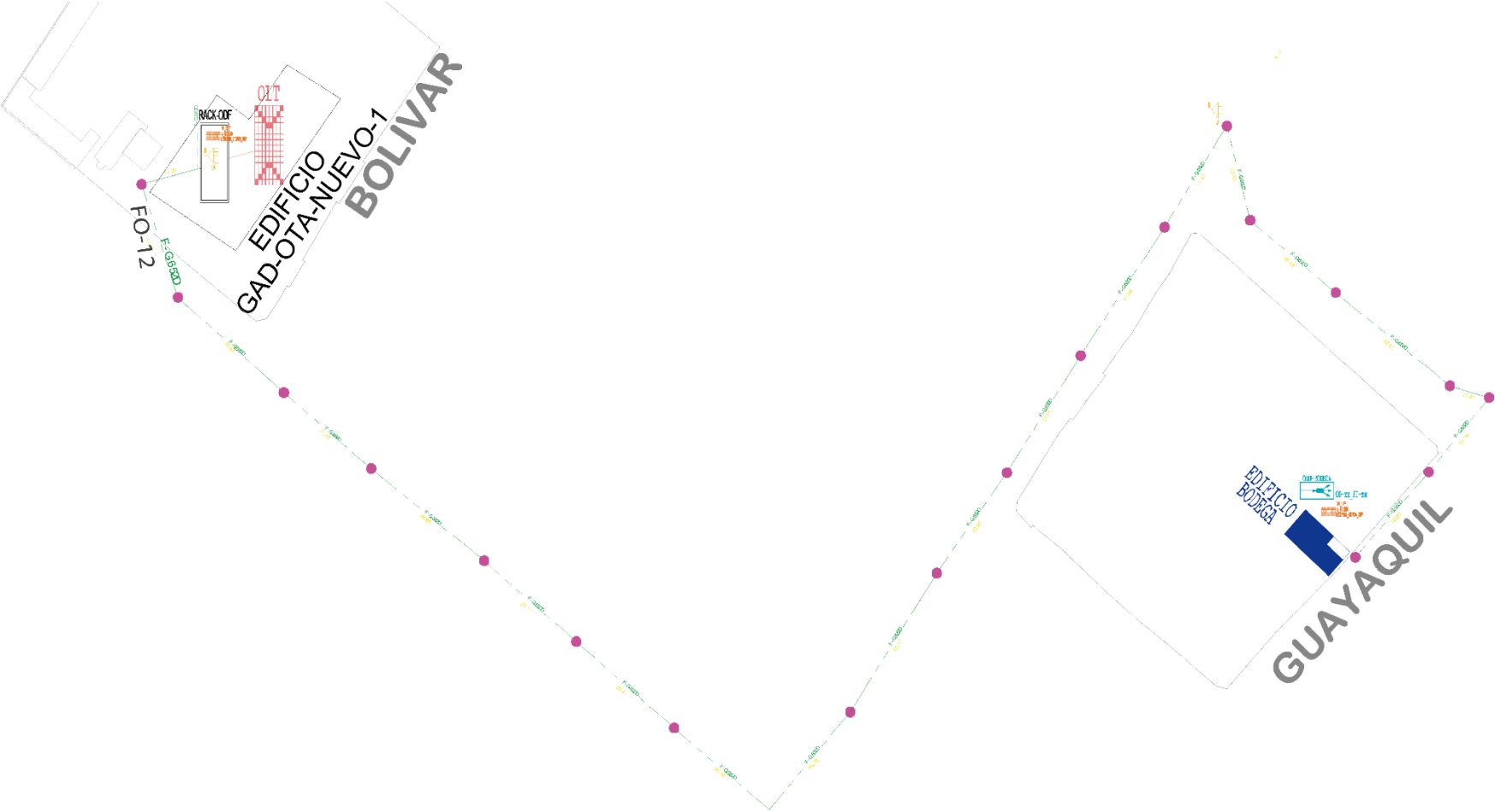
ANEXO A- 2: RUTAS DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTA_NUEVO1 – GAD_OTA_NUEVO2



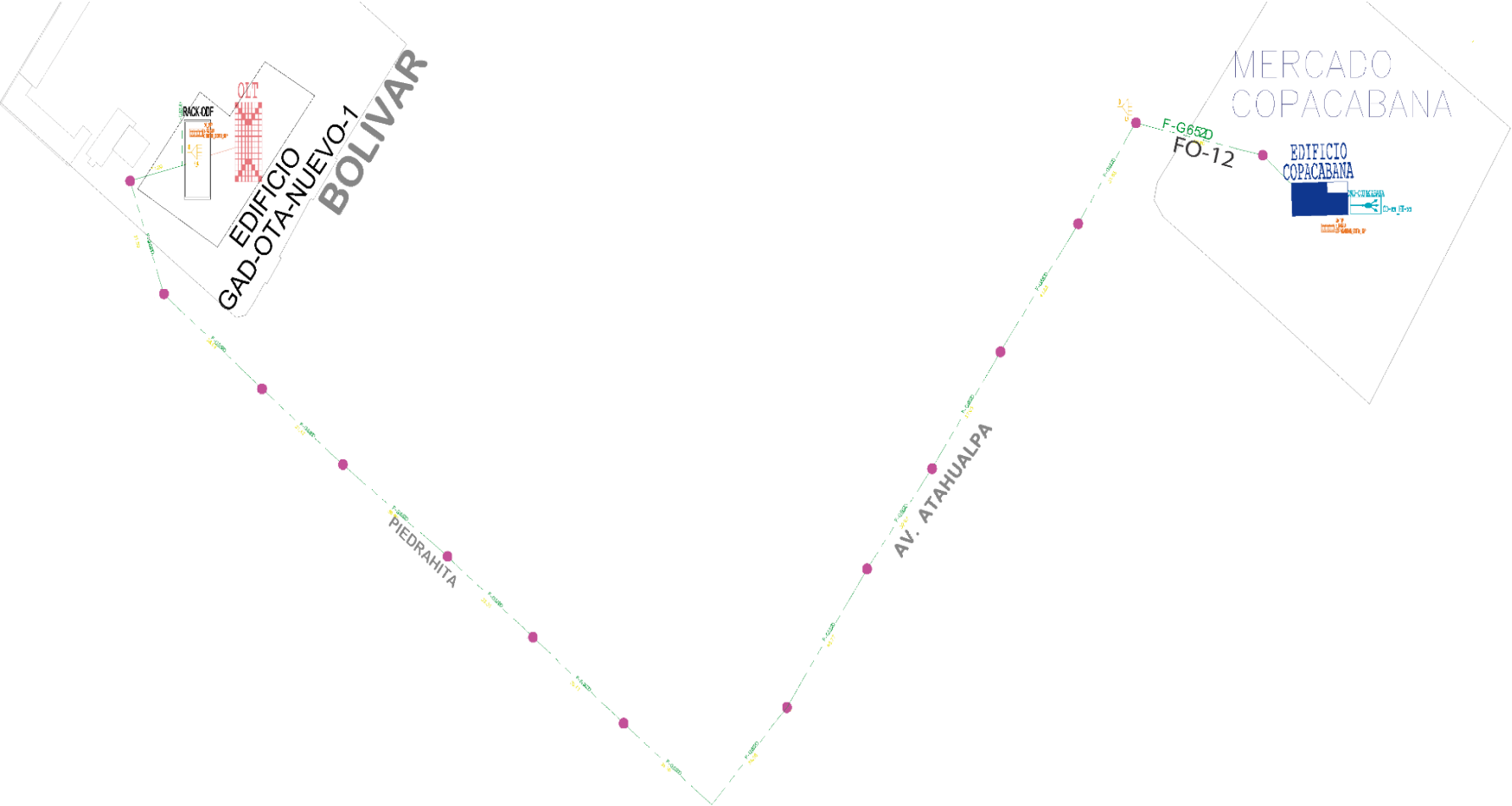
ANEXO A- 3: RUTAS DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTa_NUEVO1- GAD_OTa_ANTIGUO



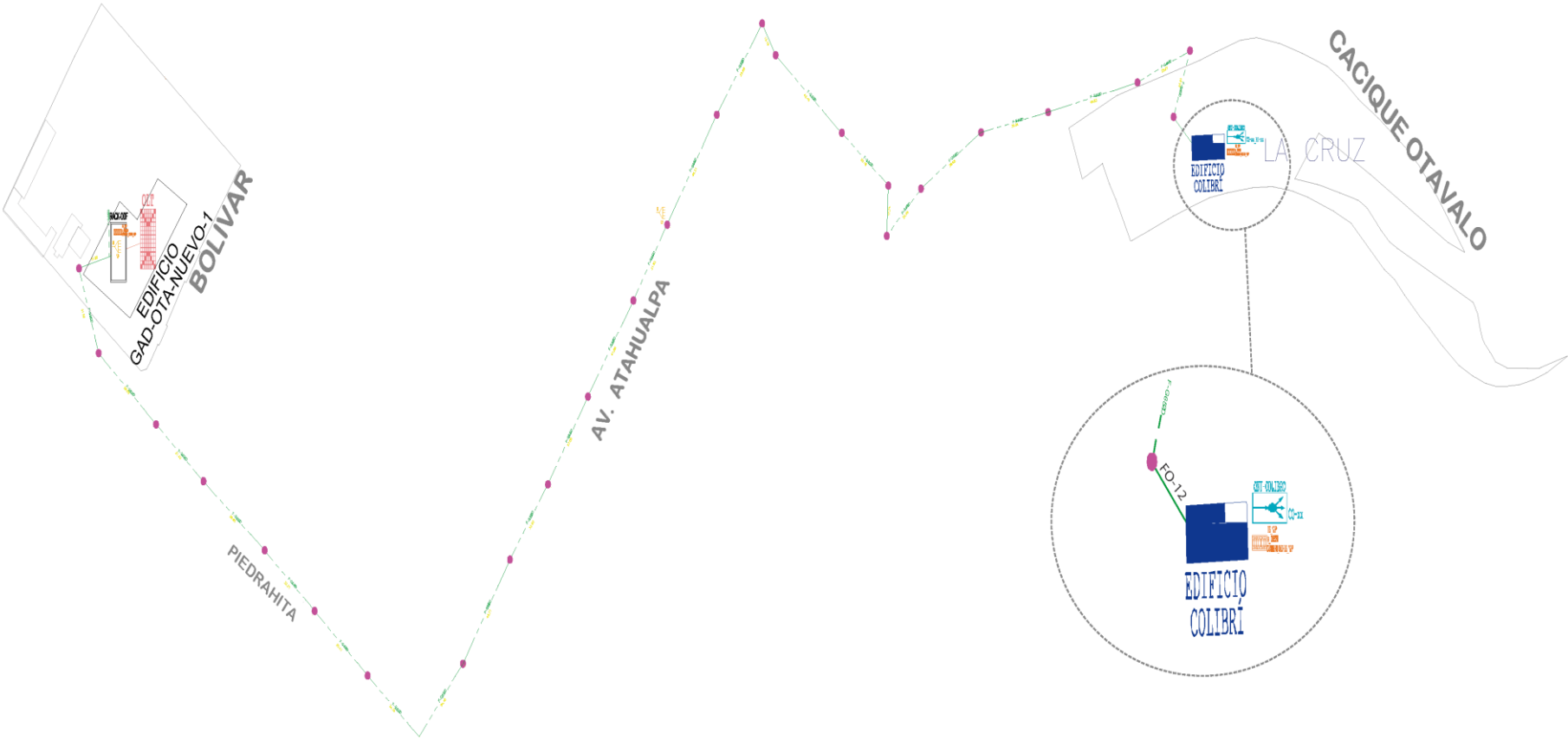
ANEXO A- 4. RUTAS DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTANUEVO1-BODEGA



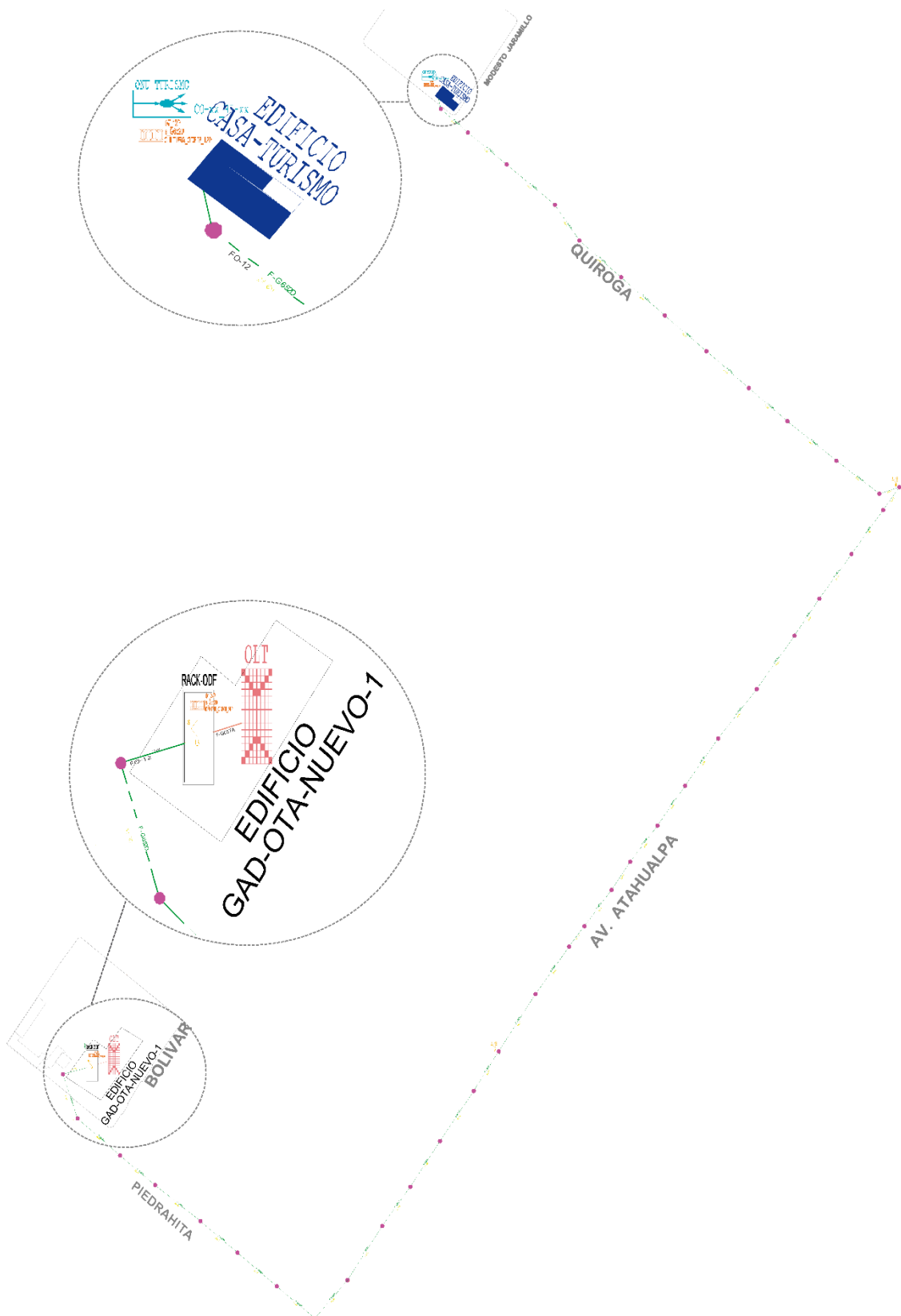
ANEXO A- 5: RUTAS DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTa_NUEVO1 – COMISARIA



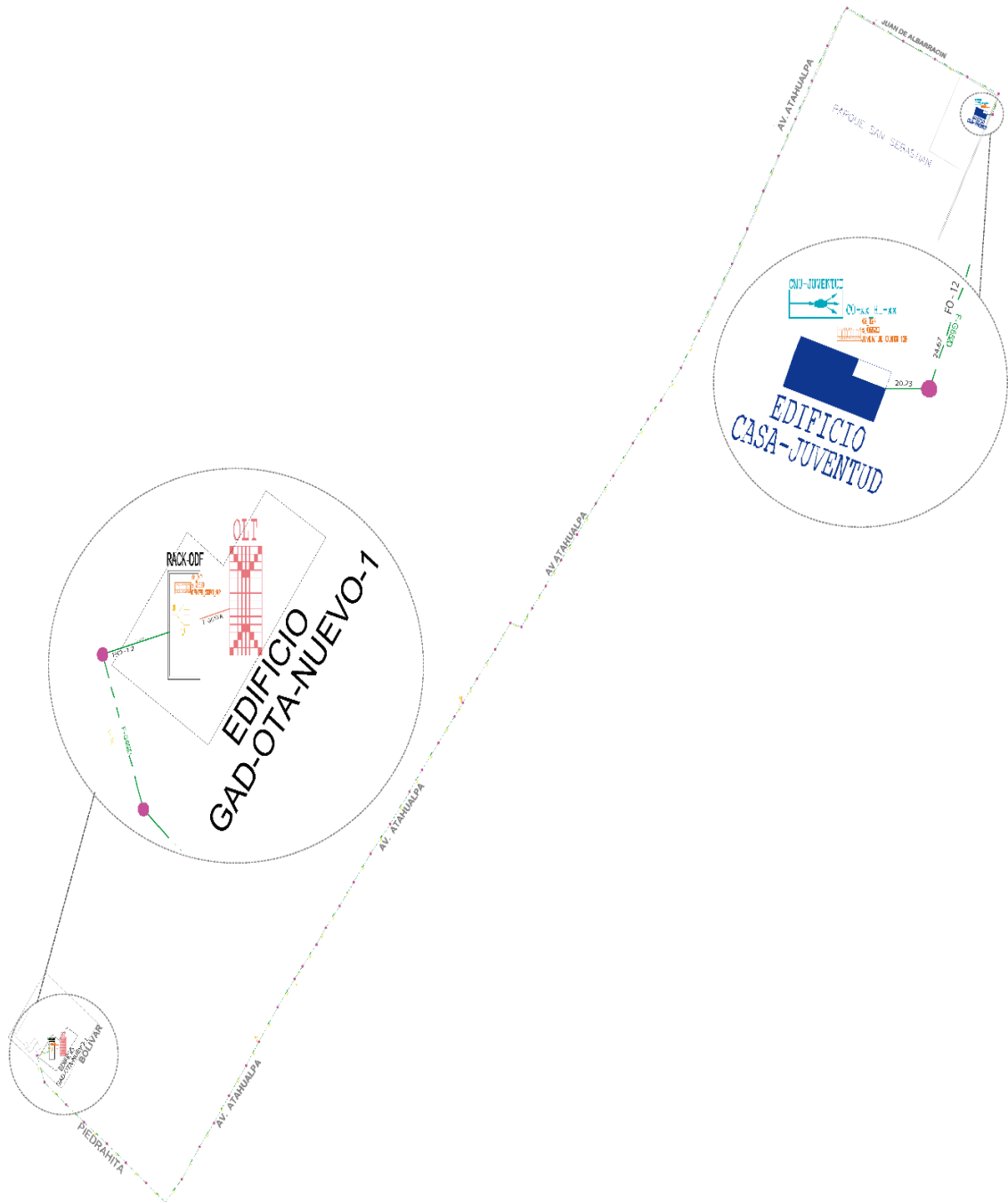
ANEXO A- 6: RUTAS DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTTA_NUEVO1 – COLIBRÍ



ANEXO A- 7. RUTAS DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTA_NUEVO1 – TURISMO



ANEXO A- 8: RUTAS DEL ENLACE DE BACKBONE GAD_OTANUEVO1 – JUVENTUD



ANEXO B

ANEXO B – 1. MONOMODO G. 652D

Fibra monomodo G.652.D

Características generales

Esta especificación corresponde a fibras optimizadas para la transmisión en las longitudes de onda de 1310 nm a 1550 nm, incluida la región de 1383 nm y de acuerdo a la subcategoría G.652.D de la ITU -T.
El núcleo está compuesto por dióxido de silicio dopado, rodeado por un recubrimiento de dióxido de silicio, el revestimiento acrilato curado mediante UV.

está formado por dos capas de

Características ópticas y geométricas

Parámetros ópticos	Fibra no cableada	Fibra cableada	Parámetros geométricos	
Atenuación a 1310 nm	$\leq 0,35$ dB/Km	$\leq 0,37$ dB/Km	Diámetro de campo modal 1310 nm	$9,20 \pm 0,40$ μ m
Atenuación a 1383 nm	$\leq 0,35$ dB/Km	$\leq 0,37$ dB/Km	Diámetro de campo modal 1550 nm	$10,40 \pm 0,50$ μ m
Atenuación a 1550 nm	$\leq 0,21$ dB/Km	$\leq 0,24$ dB/Km	Error concentricidad núcleo/cladding	$\leq 0,4$ μ m
Atenuación a 1625 nm	$\leq 0,23$ dB/Km		Diámetro cladding	$125,0 \pm 0,50$ μ m
Atenuación en 1285 - 1625 nm	$\leq 0,40$ dB/Km		Error concentricidad coating/cladding	≤ 12 μ m
Punto de discontinuidad máxima en 1310 y 1550 nm	$\leq 0,05$ dB		No circularidad coating	≤ 10 %
Longitud de onda de corte	1100 - 1320 nm	≤ 1260 nm	Diámetro coating (coloreado)	250 ± 15 μ m
Punto de dispersión cero	1300 - 1324 nm			
Pendiente de dispersión cero	$\leq 0,090$ ps/nm ² .Km			
Dispersión cromática en 1285 - 1330 nm	$\leq 3,5$ ps/nm.Km			
Dispersión cromática en 1550 nm	$\leq 18,0$ ps/nm.Km			
Dispersión cromática en 1625 nm	$\leq 22,0$ ps/nm.Km			
PMD fibra individual	$\leq 0,15$ ps/ \sqrt Km			
PMDq (Q=0,01%, N=20)	$\leq 0,08$ ps/ \sqrt Km			

Características mecánicas y ambientales

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

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

Valores típicos

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

Información de Contacto

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

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

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

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

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

ANEXO C: FORMATO DE CARTA DIRIGIDA A LA EMPRESA ELÉCTRICA EMELNORTE S.A PARA SOLICITUD DE ARRENDAMIENTO DE POSTERÍA EXISTENTE.

Las cartas deberán estar formulada de la siguiente manera:

Lugar y Fecha.

- Deberá estar dirigida al Presidente Ejecutivo de EMELNORTE S.A.
- Identificación y generales de ley del solicitante (empresa interesada);
- Identificación del representante legal de la empresa interesada con nombramiento de
 - Gerente General.
- Descripción detallada de solicitud (arriendo de postería existen en la zona de interés);
- Anteproyecto técnico para demostrar que no interfiera o cause alguna obstrucción con la infraestructura de la Empresa Eléctrica;

Firma: Gerente General

C.I.

International Telecommunication Union

ITU-T

TELECOMMUNICATION
STANDARDIZATION SECTOR
OF ITU

G.984.1

(03/2008)

SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA,
DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS

Digital sections and digital line system – Optical line
systems for local and access networks

**Gigabit-capable passive optical networks
(GPON): General characteristics**

Recommendation ITU-T G.984.1

ITU-T



UNI	User-Network Interface
VOD	Video On Demand
WDM	Wavelength Division Multiplexing

5 Architecture of the optical access network

5.1 Network architecture

The optical section of a local access network system can be either active or passive and its architecture can be either point-to-point or point-to-multipoint. Figure 1 shows the architectures considered, which range from fibre to the home (FTTH), through fibre to the building/curb (FTTB/C) to fibre to the cabinet (FTTCab). The optical access network (OAN) is common to all architectures shown in Figure 1, hence the commonality of this system has the potential to generate large worldwide volumes.

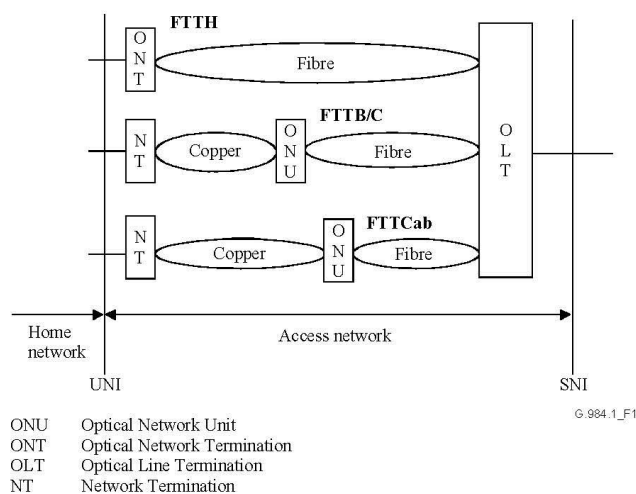


Figure 1 – Network architecture

The differences of the FTTB, FTTC, FTTCab and FTTH network options are mainly due the different services supported, so they can be treated the same in this Recommendation.

5.1.1 FTTB scenario

The FTTB scenario is divided into two scenarios, one for multi-dwelling units (MDUs) and the other for businesses. Each scenario has the following service categories.

5.1.1.1 FTTB for MDU

- Asymmetric broadband services (e.g., digital broadcast services, VOD, file download, etc.).
- Symmetric broadband services (e.g., content broadcast, e-mail, file exchange, distance learning, telemedicine, online-gaming, etc.).
- POTS and ISDN. The access network must be able to provide, in a flexible way, narrow-band telephone services with appropriate timing for the introduction.

5.1.1.2 FTTB for business

- Symmetric broadband services (e.g., group software, content broadcast, e-mail, file exchange, etc.).
- POTS and ISDN. The access network must be able to provide, in a flexible way, narrow-band telephone services with the appropriate timing for the introduction.
- Private line services. The access network must be able to provide, in a flexible way, private line services at several rates.

5.1.2 FTTC and FTTCab scenario

Within this scenario, the following service categories have been considered:

- Asymmetric broadband services (e.g., digital broadcast services, VOD, file download, online-gaming, etc.).
- Symmetric broadband services (e.g., content broadcast, e-mail, file exchange, distance learning, telemedicine, etc.).
- POTS and ISDN. The access network must be able to provide, in a flexible way, narrow-band telephone services with the appropriate timing for the introduction.
- xDSL backhaul.

5.1.3 FTTH scenario

Within this scenario, the following service categories have been considered:

- Asymmetric broadband services (e.g., digital broadcast services, VOD, file download, etc.).
- Symmetric broadband services (e.g., content broadcast, e-mail, file exchange, distance learning, telemedicine, online-gaming, etc.).
- POTS and ISDN. The access network must be able to provide, in a flexible way, narrow-band telephone services with the appropriate timing for the introduction.

5.2 Reference configuration

The reference configuration is shown in Figure 2.

Figure I.3 shows a grooming OLT scenario. In this case, the OLT takes on additional service-grooming functions, typically including voice gateway and TDM circuit emulation functions. Note that these services can be provided using a 'pure OLT' and a separate voice gateway; however, as a practical matter, the integration of voice and TDM services seems to have strong economic and practical advantages.

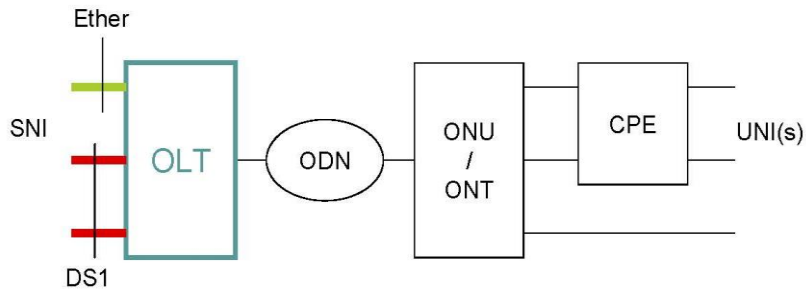


Figure I.3 – Grooming OLT scenario

I.2.2 ONU variants

Figure I.4 shows the 'VDSL/POTS ONU' variant. The distinguishing feature of this variation is that the ONU is used to create copper-based interfaces just like a digital loop carrier/digital subscriber line access multiplexer (DLC/DSLAM) would do. There are two sub-types of this scheme. The first is where the ONU provides both POTS and VDSL interfaces to the customer, trying to centralize functions and reduce the need for CPE. The second is where the ONU provides VDSL-only interfaces, trying to minimize the ONU's size and power, albeit at the cost of requiring POTS derivation at the CPE. This alternative is useful mostly in FTTB and FTTC applications.

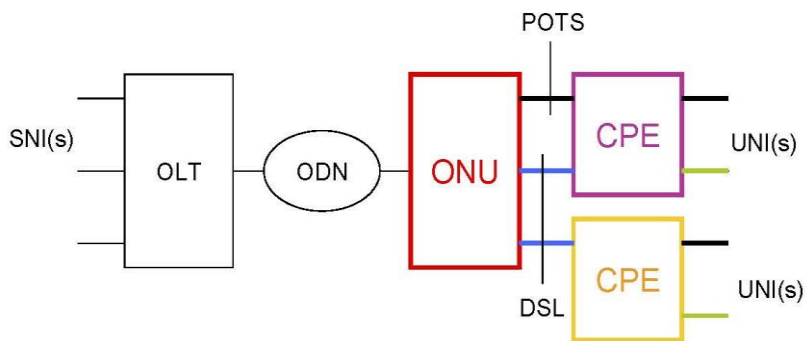


Figure I.4 – VDSL/POTS ONU scenario

Figure I.5 shows the 'GPON modem' variant, where the ONT is made as small and simple as possible. In this case, it resembles a modem that provides Layer 1 and 2 interworking between the GPON optical interface and the data link technology. The data link then carries all service flows to the CPE, which does the bulk of the service interworking function. The popular data link technologies in use today are CAT5-based Ethernet, HPNA-over-coax and MoCA. This system is mostly used in FTTH applications.

ANEXO E: HOJAS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ELEMENTOS FTTB

ANEXO E- 1: HUAWEI MA5608T - MINI OLT (OPTICAL LINE TERMINAL)



Huawei SmartAX MA5603T & MA5608T
--- The Best Choice of FTTC/B Scenarios



HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.



Huawei SmartAX MA5603T & MA5608T The Best Choice of FTTC/B Scenarios



MA5603T & MA5608T is defined as an FTTC/B equipment, developed on Huawei's third-generation unified platform. It can provide high-density voice and high bandwidth services, maximize the value of copper line under the scenario of FTTx construction.



MA5603T



MA5608T

MA5603T is 6U height, 300mm depth, flexible plug-in equipment, up to 6 service slots, providing POTS/ISDN/E1/G.SHDSL/ADSL2+/VDSL2 interfaces, to achieve full-service access. MA5603T can support flexible uplink, GE/10GE or GPON, to meet different networking requirements.

MA5603T can be installed in F01S300 outdoor cabinet.

MA5608T is 2U height, 300mm depth, flexible plug-in equipment, up to 2 service slots, providing POTS/ISDN/E1/G.SHDSL/ADSL2+/VDSL2 interfaces, to achieve full-service access. MA5608T can support flexible uplink, GE or 10GE, to meet different networking requirements.

MA5608T can be installed in F01S100 outdoor cabinet.

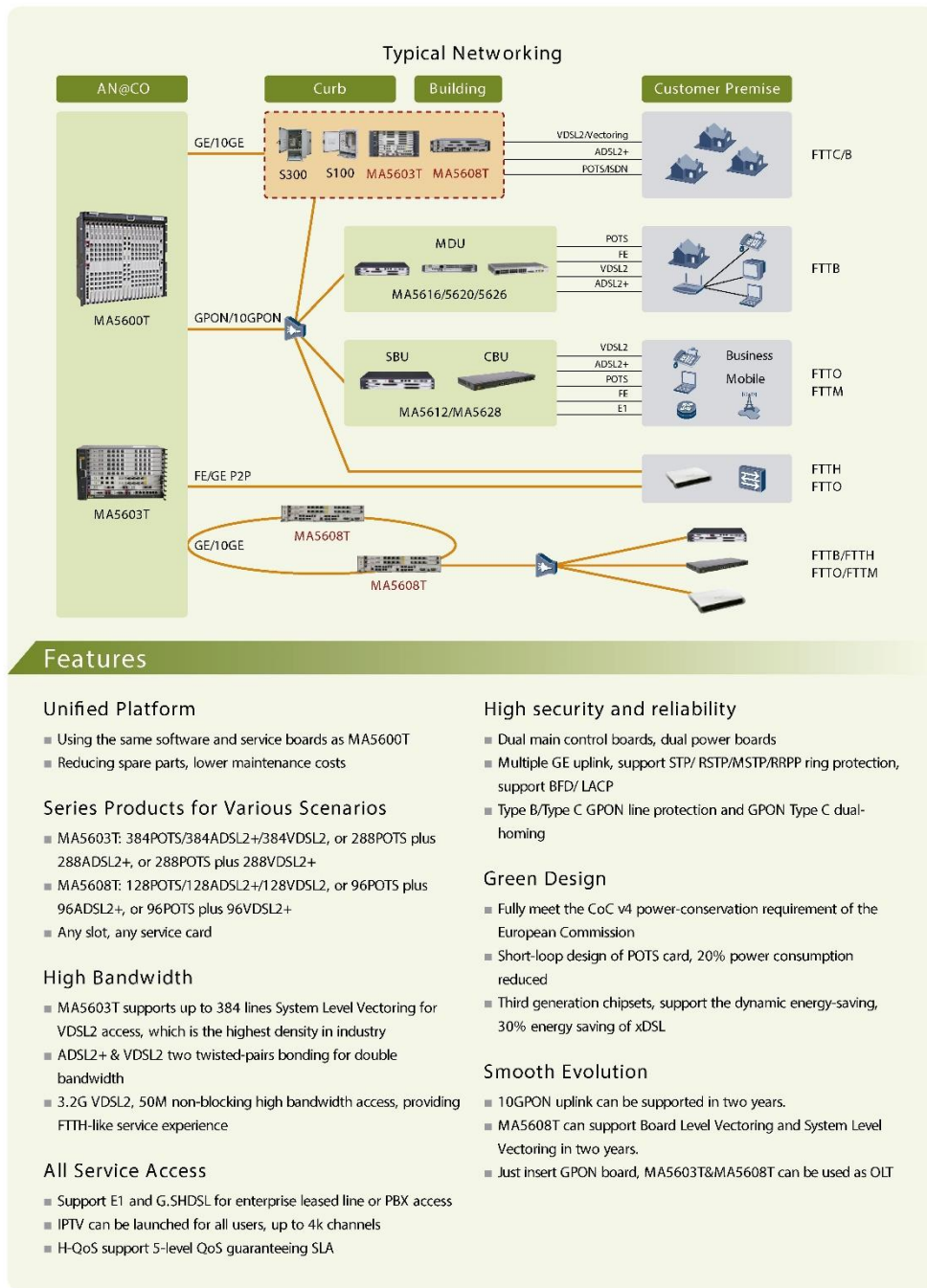
These outdoor cabinets have sealing, heat-dissipation, and dust-proof features for flexible deployment. The integrated outdoor cabinet can realize one-stop installation, quick service provision.



F01S300



F01S100



Features

Unified Platform

- Using the same software and service boards as MA5600T
- Reducing spare parts, lower maintenance costs

Series Products for Various Scenarios

- MA5603T: 384POTS/384ADSL2+/384VDSL2, or 288POTS plus 288ADSL2+, or 288POTS plus 288VDSL2+
- MA5608T: 128POTS/128ADSL2+/128VDSL2, or 96POTS plus 96ADSL2+, or 96POTS plus 96VDSL2+
- Any slot, any service card

High Bandwidth

- MA5603T supports up to 384 lines System Level Vectoring for VDSL2 access, which is the highest density in industry
- ADSL2+ & VDSL2 two twisted-pairs bonding for double bandwidth
- 3.2G VDSL2, 50M non-blocking high bandwidth access, providing FTTH-like service experience

All Service Access

- Support E1 and G.SHDSL for enterprise leased line or PBX access
- IPTV can be launched for all users, up to 4k channels
- H-QoS support 5-level QoS guaranteeing SLA

High security and reliability

- Dual main control boards, dual power boards
- Multiple GE uplink, support STP/ RSTP/MSTP/RRPP ring protection, support BFD/ LACP
- Type B/Type C GPON line protection and GPON Type C dual-homing

Green Design

- Fully meet the CoC v4 power-conservation requirement of the European Commission
- Short-loop design of POTS card, 20% power consumption reduced
- Third generation chipsets, support the dynamic energy-saving, 30% energy saving of xDSL

Smooth Evolution

- 10GPON uplink can be supported in two years.
- MA5608T can support Board Level Vectoring and System Level Vectoring in two years.
- Just insert GPON board, MA5603T&MA5608T can be used as OLT

Technical Specifications

System Performance

- MA5603T: 1.5T bit/s backplane capacity 48G/480G bit/s switch capacity 20G bit/s slot bandwidth
- MA5608T: 720G bit/s backplane capacity 256G bit/s switch capacity 20G bit/s slot bandwidth
- BITS/E1/STM-1/Ethernet Synchronization/IEEE 1588v2/PPS+TDD

POTS Line Card

- 64*port per card with G.711/G.723/G.729 coding/decoding
- One card with Analog, Polarity Reversal and 12/16K together
- Short-loop design, support MELT test

VDSL2 Line Card

- 64* port per card over POTS with SPL or 64* port per card over POTS with MELT, without SPL
- 64*Port per card over ISDN with MELT

- Backward compatible to ADSL/ADSL2+
- Two twisted pairs bonding, G.INP Physical layer retransmission

ADSL2+/VDSL2 COMBO Line Card

- 48*port per card, three in one (POTS,xDSL,Splitter)
- Support MELT test
- G.INP Physical layer retransmission

ADSL2+ Line Card

- 64*port per card with Annex A,B, M and J, with SPL
- Two twisted pairs bonding
- G.INP Physical layer retransmission

E1 & TDM G.SHDSL Line Card

- 16*E1 and 16*TDM GSHDSL port per card
- E1 extension or PRI/R2 PBX access, N*64K service
- TDM PWE3 and MELT test

Dimensions (Widthx Depthx Height)

- MA5603T Shelf : 442mmx 283.2mmx 263.9mm
- MA5608T Shelf : 442mmx 233.5mmx 88.1mm
- F01S300 : 830mmx 450mmx 1350mm
- F01S100 : 720mmx 250.2mmx 830mm

Running Environment

- Working environment temperature : -40 to +65

Power Supply

- MA5603T: -48 V/-60V DC powering via redundant power feeds, Working voltage range: -38.4 V to -72 V

- MA5608T supports both DC / AC power supply mode, and supports dual power protection and battery backup while using the AC power supply

Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2012. All rights reserved.

General Disclaimer

THE INFORMATION IN THIS DOCUMENT MAY CONTAIN PREDICTIVE STATEMENTS INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, STATEMENTS REGARDING THE FUTURE FINANCIAL AND OPERATING RESULTS, FUTURE PRODUCT PORTFOLIO, NEW TECHNOLOGY, ETC. THERE ARE A NUMBER OF FACTORS THAT COULD CAUSE ACTUAL RESULTS AND DEVELOPMENTS TO DIFFER MATERIALLY FROM THOSE EXPRESSED OR IMPLIED IN THE PREDICTIVE STATEMENTS. THEREFORE, SUCH INFORMATION IS PROVIDED FOR REFERENCE PURPOSE ONLY AND CONSTITUTES NEITHER AN OFFER NOR AN ACCEPTANCE. HUAWEI MAY CHANGE THE INFORMATION AT ANY TIME WITHOUT NOTICE.

HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.

Huawei Industrial Base
Bantian Longgang
Shenzhen 518129, P.R. China
Tel: +86-755-28780808
Version No.: M3-028708-20120828-C-1.0

www.huawei.com

ANEXO E- 2: HUAWEI MA5608T- MINI OLT



Huawei MA5608T - Mini OLT (Optical Line Terminal)

Compact design supporting flexible deployment of xPON, VDSL2+POTS Combo, and Ethernet for residential or business service applications.

Product Highlights

Compact and modular design: 2 RU, 19" rack mounting, 12" depth.

I/O Slots: 2 slots for service cards, 2 slots for switch and control cards, 1 slot for redundant power input.

Switch and control card with uplink ports: 60 Gbps switch card with integrated 2 port 10GbE and 2 port 1GbE WAN uplinks.

Service cards: 8 or 16 port GPON, 4 port XG-PON1, 48 port VDSL2+POTS Combo.

All service cards are interchangeable with other MA5600 Series OLTs.

Large capacity in Small Size –

- 200 Gbps backplane
- 20 Gbps/slot capacity
- 120 Gbps load sharing switching capacity
- 2x10 Gbps uplink capacity

Advanced Layer 2 Functions –

- QoS with traffic classification and L2 forwarding policy
- Standard VLAN, QinQ VLAN, VLAN stacking
- Flexible QinQ VLAN tagging
- DHCP Option 82 in L2 mode
- MEF-9 & MEF-14 certification

L3 Functions for maximum deployment flexibility –

- ARP, ARP proxy
 - DHCP relay, DHCP proxy
 - Static routing
 - Dynamic routing: RIP, OSPF, ECMP
 - Multicast: IGMP v2/v3, IGMP proxy, IGMP snooping
- High Reliability –
- WAN uplink redundancy: BFD, MSTP, LACP, RSTP, RRRPP
 - Fiber redundancy with 50ms switchover
 - Carrier Class Availability: Dual switch and control card, dual power input, PON port redundancy



The MA5608T Mini OLT is designed to address Fiber to the premise (FTTP) or deep fiber deployment scenarios where a large OLT chassis may not be the best fit for a variety of reasons. Huawei's mini OLT MA5608T is designed to be the perfect complement to the other MA5600 series larger OLTs and offers the same carrier grade features and performance.

MA5608T's compact and front access design make it an ideal solution for deployments in locations such as space-constrained huts, outdoor cabinets or building basements. It has AC and DC powering options, extended temperature range, and offers easy installation.

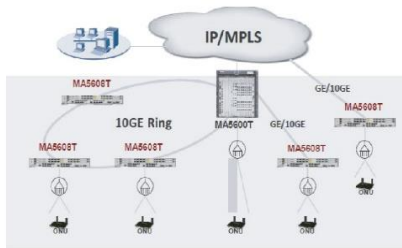
Designed to support ever-increasing bandwidth demand, MA5608T has 200 Gbps backplane. The combination of the high-capacity and line interfaces with best-in-class performance allows the operators to deliver a range of services for maximum revenue at highly competitive cost points.

The MA5608T shares the same product architecture with the MA5600 series OLTs to allow seamless network growth. It features:

- Shared services cards including GPON, XG-PON1 and VDSL2+POTS Combo. Any card, any slot in any combination.
- Dual switching and control cards for redundancy and loadsharing with GE and 10GE uplinks.
- Same software features and functions as other MA5600 series OLTs and interoperability with a large suite of ONTs, DSL CPEs, and Softswitches for voice service.

Product Features

GPON	<ul style="list-style-type: none"> • 16 ports per card or 8 ports per card • Robust Compliance to G.984 Series standards with 2.5/1.2 Gbps downstream and 1.2Gbps line speed performance • Support for B+ or C+ optical modules (SFPs) with max 40km differential distance • Up to 1:128 split ratio per GPON port • Optical Power Monitoring, Real Time Rogue ONT detection/isolation
XG-PON1	<ul style="list-style-type: none"> • 4 ports per card • Fully compatible with GPON - compliance G.987 Series standards with 10/2.5 Gbps line speed performance • Supports XFP optical modules
VDSL2+POTS Combo	<ul style="list-style-type: none"> • 48 VDSL2 and POTS integrated ports with up to 17a profile • Two-pair bonding for maximum speed • G.INP (G.998.4) support for re-transmission at the physical layer • Built-in support for SELT, DELT, and MELT • POTS line Loop-Start Operation • Ringing Mode – Balanced ringing with -15VDC offset on “Ring” • Multiple CODECS – G.711 (μ-Law and A-Law), G.729, G.723, G.726



MA5608T can be deployed in many different scenarios including:

- Direct interface to IP/MPLS networks
- Sub-tended via an aggregation node, e.g. MA5600T
- In a ring topology with MA5600T serving as the master node

Product Specifications

Powering Options	DC: -38.4VDC to -72VDC; AC: 100V to 240V
Dimensions (Height x Width x Depth)	3.47in x 17.4in x 9.63in
Operating Temperature	-40° F to +149° F
Storage Temperature	-40° F to +158° F
Cooling	Two multispeed fans, providing left to right forced air flow
Weight	7.8 lbs (3.55 kg) empty
Operating Humidity	5% to 85%, non-condensing, Altitude: 197 ft (60 m) below sea level to 13,123 ft (4,000 m) above sea level
Regulatory and Safety	UL listed, FCC, NEBS Level 3



Huawei Technologies (USA)
5700 Tennyson Pkwy., Ste 500
Plano, TX 75024
Main: 214-919-6000
Email: usasales@huawei.com

Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2014.
All Rights Reserved. The information contained in this document is for reference purpose only, and is subject to change or withdrawal according to specific customer requirements and conditions.

Huawei is a leading global provider of communication telecom networks and is currently serving 45 of the world's top 50 telecom operators to support the communications of one-third of the world's population. The company is committed to providing innovative and customized products, services and solutions to create long-term value and growth potential for its customers. For more information, please visit www.huawei.com/us.

innovation through technology

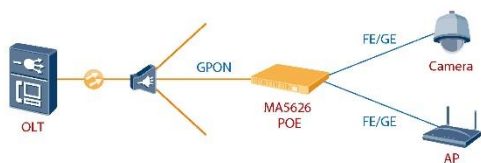
ANEXO E- 3: SMARTAX MA5626 POE



SmartAX MA5626 PoE

The SmartAX MA5626 Power over Ethernet (the MA5626 PoE for short) is an industry-leading remote multi dwelling unit (MDU) launched by Huawei, which is used on a passive optical network (PON) and provides wireless fidelity (Wi-Fi) coverage in Fiber To The Building (FTTB) hotspots and supplies power for access points (APs) or video cameras used for safety city construction. The MA5626 PoE is a box-type device measuring 1-U high and 19-inch wide, providing two GPON or GE network ports and four GE and FE (total eight) LAN user ports, and supplying power for terminals by using category-5 cables. The MA5626 PoE features easy installation and maintenance, high power output, high bandwidth, integration, mute design, and high stability.

Usage Scenario



Applied in FTTB construction scenarios and placed in network cabinets in corridors, the MA5626 PoE connects to the optical line terminal (OLT) by using gigabit-capable passive optical network (GPON) ports and to IP cameras or APs by using category-5 cables, providing a channel for transporting video or Wi-Fi services and supplying power for terminals by using category-5 cables and the PoE technology.

Appearance



MA5626 PoE

Highlights

- Hotspot Wi-Fi coverage and video monitoring scenarios: Support for the PoE function and power supply by using category-5 cables, reducing cost and dependence on power supply equipment compatibility and achieving minimum project input and fast deployment.
- Four GE ports can be connected to 802.11n APs with a maximum data rate of 600 Mbit/s.
- Easy installation: integrated PoE equipment and alternating current (AC) power input.
- Support for high-power equipment: Any port on the MA5626 PoE can connect to either 30 W (802.3a) or 15 W (802.3af) terminals.
- Automatic adaptation to GE and GPON modes: The two uplink ports using the small form-factor pluggable (SFP) optical modules can automatically adapt to GE and GPON modes, meeting different networking requirements.
- Plug-and-play (PnP) service provisioning: The MA5626 PoE allows remote issuing of configuration. A management channel and service channel are created after the MA5626 PoE is powered on and registers successfully. Manual onsite configuration is not required.
- Efficient management and maintenance: free of field software commissioning, remote acceptance, remote upgrade and patch installation, and remote fault location.
- Carrier-class reliability design: Hardware design, software design, and system design meet reliability requirements, ensuring normal operating of the MA5626 PoE.

HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.



Features

GPON	ITU G.984-compliance
	32 T-CONTs
	1000 GEM ports
Broadband	4096 VLANs, supporting QinQ and stacking VLANs
	4096 MAC addresses, supporting VMAC
	802.1p, supporting PQ and WRR flow control, and ACL
Multicast	IGMPv2 and IGMPv3
	IGMP proxy and IGMP snooping
	A maximum of 1024 configurable multicast programs in the system
	A maximum of 48 multicast users A maximum of 16 concurrent multicast programs for each user
Security	PPPoE+ and DHCP option82
	static and dynamic MAC address binding
	Anti-MAC and anti-IP spoofing; source MAC address and IP address filtering
	Anti-DoS attack and firewall
Maintenance and management	SNMPv1, SNMPv2, and SNMPv3
	Telnet and SSHv2
	Remote and batch pre-deployment
	Remote upgrade and monitoring

Specifications

Dimensions (HxWxD)	43.6mmx442mmx220mm
Network-side port	The MA5626 PoE provides two uplink ports that use the SFP optical modules and automatically adapt to GPON and GE modes. The two uplink ports can be configured as follows: <ul style="list-style-type: none"> • 2xGPON • 2xGE (optical) • 1xGE (optical) + 1xGPON
User-side port	4xGE (electrical) +4xFE (electrical)
Operating temperature	-40°C to 55°C; startup at -25°C
Humidity	5% to 95% (non-condensing)
Heat dissipation mode	No fans; passive cooling
Power supply	AC: 220V
PoE power supply	30W (802.3at) and 15W (802.3af)
Lightning protection capability	6kV
Weight	3.5kg

ODN Products Series



HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.



GPX147-B Series

Integrated Splicing & Termination Unit



Main Features:

- 19 inch rack-mounted, suit ETSI standard mounted
- Provide the splicing and termination functions
- Compact structure, suit 300mm depth cabinet

Type	Dimension mm	Capacity
GPX147-GRP-72A	4U × 482 × 266	72
GPX147-GRP-48A	3U × 482 × 266	48
GPX147-GRP-24A	2U × 482 × 266	24
GPX147-GRP-12A	1U × 482 × 266	12

Optical Entry Unit



Main Features:

- 19 inch rack-mounted, suit ETSI standard mounted
- For the optical cable entry, grounding and mounting reliable

Type	Dimension mm	Weight kg
GYR-1	5U × 482 × 82	3.3

Fiber Spool Unit



Main Features:

- 19 inch rack-mounted, suit ETSI standard mounted
- Use to store the redundant patch cords

Type	Dimension mm	Weight kg
GPX147-FH-PQU	4U × 482 × 107	3.3

Base



Main Features:

- The height can be adjust, and the step is 5mm

Type	Dimension mm	Weight kg	Height mm
GPX147-R-DZA	H × 756 × 295	13	180~325
GPX147-R-DZB	H × 756 × 295	16	330~615

ODN Products Series FDT Product

Overview

The FDT (Fiber Distribution Terminal) is used for achieving connection and grooming of optical cable. It is mainly suitable for optical cross-connecting point between optical transmission network, optical transmission equipment and access network for the fiber subscribers.

Performance Indices:

- Operating temperature: $-10^{\circ}\text{C}\sim+45^{\circ}\text{C}$
- Storage temperature: $-40^{\circ}\text{C}\sim+65^{\circ}\text{C}$
- Operating humidity: $\leq 85\%(+30^{\circ}\text{C})$
- Air pressure: 70 KPa~106 KPa
- Fireproof level: in conformity with the requirement for level UL 94 V0
- Suitability for any adverse environment, Protection level: IP65
- Dielectric withstanding voltage > DC 3000V, in 1min, without breakdown and arc
- Insulation resistance $R>2 \times 10^4\text{M}\Omega / 500\text{V DC}$
- Mechanical strength: Each surface of the cabinet can bear a vertical pressure of more than 980N and the edge of the door can bear a vertical pressure of over 200 N when the door is open. The mounting position of the optical cable can bear an axial pull of 1000 N and three times of circular rotation by $\pm 90^{\circ}$ in total

Standard Compliance

- Comply with EN 60950-1, ETSI 300019-2-2, ETS 300019-2-4 AMD, GR 487 R3-198, IEC 60529, IEC 62134-1, UL94 etc international standards and YD/T 988, GB/T 2423, GB/T 3873, GB/T 9286, GB 4208 etc China national standard



SPL1202 Series



Main Features:

- Standard 19 inch rack-mount structure, compatible with ETSI installation
- Large capacity, High density, 8 2:2-splitter can install in an 1U cell
- Guide rail and tray structure, convenient for maintenance
- Space lever in guide rail to prevent the tray dropping off



Operation area



Splitting area



Splitter

Type	Dimensions (H × W × D) mm	Split ratio
SPL1202-1U	1U × 483 × 260	N:2, N:4, N:8, N:16, N:32 (N=1, 2)
SPL1202-2U	2U × 483 × 260	1:64

SPL9102/9103 Series

Main Features:

- Small size with large capacity meets the dense application scenario
- SPL9102 used in splicing tray without connector
- SPL9103 have pigtails with SC/APC, SC/UPC, FC/UPC, LC/APC or LC/UPC connectors



SPL9102



SPL 9103

Type	Dimensions (H x W x D) mm	Split ratio
SPL9102-2-F1002	$\leq \Phi 3 \times 55$	1:2-FBT
SPL9102-4-P1004	$\leq 4 \times 4 \times 45$	1:4-PLC
SPL9102-8-P1008	$\leq 4 \times 4 \times 45$	1:8-PLC
SPL9102-16-P1016	$\leq 4 \times 9 \times 45$	1:16-PLC
SPL9102-32-P1032	$\leq 4 \times 9 \times 45$	1:32-PLC
SPL9102-64-P1064	$\leq 4 \times 12 \times 65$	1:64-PLC
SPL9102-2-F2002	$\leq \Phi 3 \times 55$	2:2-FBT
SPL9102-4-P2004	$\leq 4 \times 4 \times 50$	2:4-PLC
SPL9102-8-P2008	$\leq 4 \times 4 \times 50$	2:8-PLC
SPL9102-16-P2016	$\leq 4 \times 9 \times 65$	2:16-PLC
SPL9102-32-P2032	$\leq 4 \times 9 \times 65$	2:32-PLC
SPL9103-2-F1002	$\leq \Phi 3 \times 55$	1:2-FBT
SPL9103-4-P1004	$\leq 4 \times 4 \times 45$	1:4-PLC
SPL9103-8-P1008	$\leq 4 \times 4 \times 45$	1:8-PLC
SPL9103-16-P1016	$\leq 4 \times 9 \times 45$	1:16-PLC
SPL9103-32-P1032	$\leq 4 \times 9 \times 45$	1:32-PLC
SPL9103-64-P1064	$\leq 4 \times 12 \times 65$	1:64-PLC
SPL9103-2-F2002	$\leq \Phi 3 \times 55$	2:2-FBT
SPL9103-4-P2004	$\leq 4 \times 4 \times 50$	2:4-PLC
SPL9103-8-P2008	$\leq 4 \times 4 \times 50$	2:8-PLC
SPL9103-16-P2016	$\leq 4 \times 9 \times 65$	2:16-PLC
SPL9103-32-P2032	$\leq 4 \times 9 \times 65$	2:32-PLC

ODN Products Series Closure Products

Overview

Closure is mainly used for connecting and branching in the optical fiber network; it is suitable for protecting of all kinds of optical fiber straight-through and branching.

Performance indexes:

- Protection level: IP68
- Operation temperature: -10°C~+60°C
- Storage temperature: -40°C to +70°C
- Operation humidity: $\leq 95\%$ (+30°C)
- Atmospheric pressure: 70 kPa to 106 kPa
- Normal temperature seal performance: Inside atmospheric pressure 40KPa, no bubbles indicating leakages is observed for 15 minutes below the water surface
- Temperature cyclic variation: After 20 cycles of the Temperature cyclic variation from -40°C to +65°C, the appearance is not changed
- Static load: 1000N/25cm²
- Cable bending: The spot between the closure and seal fitting can bear bending tension at bending angle of $\pm 30^\circ$ for 5 circles

Standard Compliance

- Comply with GR-487, IEC 60529, IEC 61300-2-30, ITU-T L. 13:2003, UL 94 etc international standards and YD/T814.1 etc China national standard



Dome Mechanical Seal Closure Series



Main Features:

- Provide functions such as direct connection, branching, splitting, fusion splicing, and distribution
- Provide splitting function and termination function with bare optical splitter
- Support $\Phi 8$ - $\Phi 20$ mm common optical cable, 2 x 3mm the drop cable and the $\Phi 5/\Phi 7$ mm round drop cable
- Protection grade : IP68
- Satisfies to install in the manhole, in the hand hole, on the pole or on the wall



Install accessories



Splicing Tray



Inlets and outlets

Type	Dimensions (L x D) mm	Capacity	Weight Kg
SSC2111-48	428 x $\Phi 190$	48 splicing	5
SSC2111-96	428 x $\Phi 190$	96 splicing	5
SSC2112-96	498 x $\Phi 235$	96 splicing	8
SSC2112-144	498 x $\Phi 235$	144 splicing	8
SSC2112T-16	498 x $\Phi 235$	16 termination	8
SSC2113-168	498 x $\Phi 262$	168 splicing	11
SSC2113T-24	498 x $\Phi 262$	24 termination	11

Fiber Adapter

Main Features:

- Low insertion loss; high intensity; counter-connection with high precision
- Zirconia ceramic mating-sleeve of split type
- Realizing core alignment with high precision
- Good interchangeability
- Good repeatability
- Stable environment performance
- Comply with IEC 60874-14-3 and GR326 standard

Performance indexes:

- Adapter loss (insertion, interchange, repetition) $\leq 0.3\text{dB}$



Pigtail

Main Features:

- Good hardness
- Good conversion performance
- High temperature stability
- Mate/demate cycles:500 without any degradation of the transmission quality

Performance indexes:

- Completely comply with IEC 61754-13(FC connector)
- Completely comply with IEC 61754-4 (SC connector)
- Completely comply with IEC 61754-20 (LC connector)
- the insertion loss is less than 0.3dB
- Return loss of single-mode fiber: SC/PC \geq 45dB, SC/UPC \geq 55dB, and SC/APC \geq 60dB



SC Pigtail



FC Pigtail



LC Pigtail



Fan Out Pigtail

Patch Cord

Main Features:

- Both ends of pigtail are jumper
- Good hardness
- Good conversion performance
- High temperature stability
- Mate/demate cycles:500 without any degradation of the transmission quality

Performance indexes:

- Completely comply with IEC 61754-13(FC connector)
- Completely comply with IEC 61754-4 (SC connector)
- Completely comply with IEC 61754-20 (LC connector)
- The insertion loss is less than 0.3dB
- Return loss of single-mode fiber: SC/PC \geq 45dB, SC/LPC \geq 55dB, and SC/APC \geq 60dB



FC-FC Patch Cord



SC-SC Patch Cord



LC-LC Patch Cord



FC-SC Patch Cord



LC-FC Patch Cord



LC-SC Patch Cord

Overview

Feeder cable section, distribution cable section and drop cable section are referenced the application of optical cable in ODN network.

Cable Product:

Application	Optical Cable Type
Duct	GYTA, GYFTA, GYTS, GYFTY
Direct burial (all dielectric)	GYFTY63, GYFTY73, GYFTY83
Direct burial (steel tape armor)	GYTA53, GYFTA53, GYTY53, GYFTY53
Air blown micro-duct	GCYFTY
Figure-8 self-supporting aerial	GYTC8A, GYTC8S, GYFTC8Y
All dielectric self support	ADSS
Indoor drop	GJXH, GJXFH, GJXFCH, GYXTZY
Indoor vertical and horizontal distribution	GJPFJH, GJBFJH


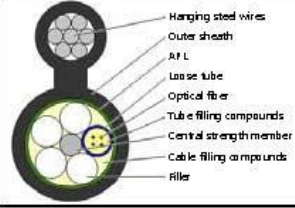
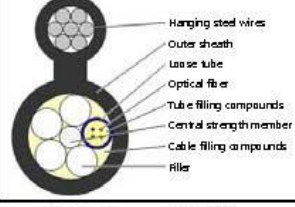

Cable Product:

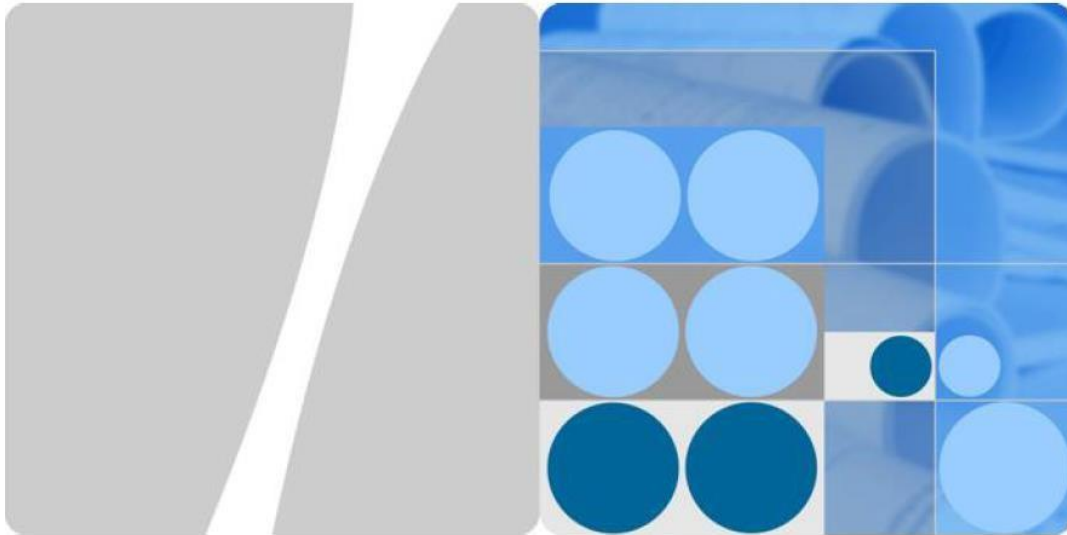
Attribute		Value			
		G.652D		G.657A1	
Attenuation of uncabled fiber (dB/km)	1310nm	≤0.36		≤0.36	
	1383nm	≤0.35		≤0.35	
	1550nm	≤0.22		≤0.22	
	1625nm	≤0.24		≤0.24	
Chromatic dispersion (ps/nm.km)	1288-1339nm	≤3.5		≤3.5	
	1271-1360nm	≤5.3		≤5.3	
	1550nm	≤18		≤18	
	1625nm	≤22		≤22	
Coating Diameter (um)	before colored	245 ± 10		245 ± 10	
	colored	250 ± 15		250 ± 15	
Mode field Diameter at 1310nm (um)		9.2 ± 0.4		8.6-9.5 ± 0.4	
Cladding Diameter (um)		125.0 ± 1		125.0 ± 0.7	
Core concentricity error (um)		≤0.6		≤0.5	
Cladding non-circularity (%)		≤1.0		≤1.0	
Cabled Cut-off Wavelength (nm)		≤1260		≤1260	
Zero Dispersion Wavelength (nm)		1300-1324		1300-1324	
Zero Dispersion Slope ps/(nm ² .km)		≤0.092		≤0.092	
PMD link value ps/(km ^{1/2}) (M=20,Q=0.01%)		≤0.10		≤0.10	
Individual Fiber Polarization Mode Dispersion ps/(km ^{1/2})		≤0.20		≤0.20	
Proof Test (%)		1.0 (0.69Gpa, 100kpsi)		1.0 (0.69Gpa, 100kpsi)	
Fiber Curl (M)		≥4.0		≥4.0	
Uncabled fiber macrobending loss (dB)	Radius (mm)	30	16	15	10
	Turns	100	1	10	1
	1550nm	≤0.1	≤0.05	≤0.25	≤0.75
	1625nm	≤0.1	≤0.05	≤1.0	≤1.5

Self-supporting aerial Optical Cable

Main Features:

- G.652D fiber, latest ITU-T Rec. compliant
- The self-supporting design is highly efficient for cable installation
- The PBT loose tube has favorable waterproof performance and high strength. It is filled with special ointment, which can protect optical fibers
- The PE sheath has good anti-Ultraviolet performance
- Complies with standards IEC 60794-1 and YD/T 901.

Type	Construction	Capacity	Feature
GYTC85		8~144	Suspension wire for self support Corrugated steel tape as anti-rodent layer
GYTC8A GYFTC8A		8~144	Suspension wire for self support Al tape as additional moisture barrier
GYFTC8Y		8~144	Suspension wire for self support Anti-lightning cable core
AD55		8~144	All dielectric self-support Suitable for high voltage power line environment



EchoLife HG8240/HG8245/HG8247 GPON Terminal
V100R002C04&C05

Service Manual

Issue 02
Date 2011-01-26

HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.



Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2011. All rights reserved.

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

Trademarks and Permissions



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

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

Notice

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

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

Huawei Technologies Co., Ltd.

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

Website: <http://www.huawei.com>

Email: support@huawei.com

7 Technical Specifications

About This Chapter

This topic describes the technical specifications of the ONT, include its physical specifications and the standards and protocols which the ONT complies with.

[7.1 Physical Specifications](#)

This topic describes the physical specifications of the ONT, including its dimensions, weight, voltage range, and environment parameters.

[7.2 Protocols and Standards](#)

This topic provides the protocols and standards which the ports of the ONT comply with.

7.1 Physical Specifications

This topic describes the physical specifications of the ONT, including its dimensions, weight, voltage range, and environment parameters.

Table 7-1 lists the physical specifications of the HG8240/HG8245/HG8247.

Table 7-1 Physical specifications

Item	HG8240	HG8245	HG8247
Dimensions (length x width x depth)	195 mm x 155 mm x 34 mm	195 mm x 174 mm x 34 mm	268 mm x 213 mm x 34 mm
Weight (including the power adapter)	About 500 g	About 550 g	About 800 g
Overall system power supply	11-14 V DC, 1 A	11-14 V DC, 2 A	11-14 V DC, 2 A
Power adapter input range	100-240 V AC, 50-60 Hz	100-240 V AC, 50-60 Hz	100-240 V AC, 50-60 Hz
Typical power consumption	8W	9W	12W
Temperature range	0°C to +40°C	0°C to +40°C	0°C to +40°C
Humidity range	5%-95% (non-condensing)	5%-95% (non-condensing)	5%-95% (non-condensing)

7.2 Protocols and Standards

This topic provides the protocols and standards which the ports of the ONT comply with.

- GPON: ITU-T G.984
- VoIP: H.248, SIP, G.711A/u, G.729a/b, and T.38
- Multicast: IGMPv2, IGMPv3, and IGMP snooping
- Routing: NAT, NAPT, and ALG
- Ethernet: IEEE 802.3ab
- USB: USB 1.1/USB 2.0
- Wi-Fi: IEEE 802.11n

NOTE

The USB protocol and Wi-Fi protocol are applicable to the HG8245 and HG8247 only.

ANEXO F: RESOLUCIÓN ARCOTEL- 2015-

LA AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES

NORMA TÉCNICA PARA EL DESPLIEGUE Y TENDIDO DE REDES FÍSICAS AÉREAS DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES, SERVICIOS DE AUDIO VIDEO POR SUSCRIPCIÓN (MODALIDAD CABLE FÍSICO) Y REDES PRIVADAS



RESOLUCIÓN ARCOTEL- 2015-

LA AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES

CONSIDERANDO:

- Que, la Constitución de la República en el artículo 16 establece que todas las personas en forma individual o colectiva, tienen derecho al acceso universal a las tecnologías de información y comunicación.
- Que, el artículo 226 de la Constitución de la República del Ecuador dispone que: *"Las instituciones del Estado, sus organismos, dependencias, las servidoras o servidores públicos y las personas que actúen en virtud de una potestad estatal ejercerán solamente las competencias y facultades que les sean atribuidas en la Constitución y la Ley. Tendrán el deber de coordinar acciones para el cumplimiento de sus fines y hacer efectivo el goce y ejercicio de los derechos reconocidos en la Constitución"*.
- Que, la Carta Magna, dispone: **"Art. 313.- El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.- Los sectores estratégicos, de decisión y control exclusivo del Estado, son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social.- Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas, las telecomunicaciones, los recursos naturales no renovables, el transporte y la refinación de hidrocarburos, la biodiversidad y el patrimonio genético, el espectro radioeléctrico, el agua, y los demás que determine la ley."** **"Art. 314.- El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley.-El Estado garantizará que los servicios públicos y su provisión respondan a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad. El Estado dispondrá que los precios y tarifas de los servicios públicos sean equitativos, y establecerá su control y regulación."**
- Que, el Código Orgánico de Organización Territorial-COOTAD, dispone: **"Art. 466. 1.- Soterramiento y adosamiento de redes.- La construcción, instalación y ordenamiento de las redes que soporten la prestación de servicios de telecomunicaciones en las que se incluye audio y video por suscripción y similares, así como de redes eléctricas, se realizarán mediante ductos subterráneos, adosamiento, cámaras u otro tipo de infraestructura que se coloque bajo el suelo, de conformidad con la normativa técnica establecida por la autoridad reguladora correspondiente. En los casos en que esto no sea posible, se requerirá la autorización de la autoridad reguladora o su delegado.- La Función Ejecutiva o la autoridad reguladora, de acuerdo con sus competencias, expedirá las políticas y normas necesarias para la aplicación del presente artículo.- Dichas políticas y normas, son obligatorias para los gobiernos autónomos descentralizados, distritos metropolitanos, prestadores de servicios de telecomunicaciones en las que se incluye audio y video por suscripción y similares, así como redes eléctricas.-Además, los prestadores de servicios de telecomunicaciones y redes eléctricas deberán cumplir con la normativa emitida por cada Gobierno Autónomo Descentralizado, tanto para la construcción de las obras civiles necesarias para el soterramiento o adosamiento; para el uso y ocupación de espacios de vía pública; como los permisos y licencias necesarias de uso y ocupación de suelo."**
- Que, la Ley Orgánica de Telecomunicaciones – LOT, publicada en el Registro Oficial No. 439 de 18 de febrero de 2015, en su artículo 3 dispone, **Objetivos: "5. Promover el despliegue de redes e infraestructura de telecomunicaciones, que incluyen audio y video por suscripción y**

radioeléctrico materia de competencia exclusiva del Gobierno Central, según el artículo 261 numeral 10 de la Constitución de la República, de acuerdo a lo dispuesto en los artículos 140 y 141 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, le corresponde al Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información como órgano rector en esa materia, establecer las políticas, directrices y planes para la adecuada administración y gestión del espectro radioeléctrico, así como establecer las normas técnicas para la fijación de tasas o contraprestaciones; y, a la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, le compete la regulación sobre ocupación de bienes e infraestructuras privadas para la instalación de redes de telecomunicaciones, según el numeral 26 del artículo 144 de la referida Ley Orgánica.”.

- Que, el proyecto inicial de “NORMA TÉCNICA PARA EL DESPLIEGUE Y TENDIDO DE REDES FÍSICAS AÉREAS DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES, SERVICIOS POR SUSCRIPCIÓN (AUDIO Y VIDEO MODALIDAD CABLE FÍSICO) Y REDES PRIVADAS”, que fue llevado a audiencias públicas en cumplimiento de la Disposición 18-17-CONATEL-2014, ha sido objeto de modificaciones para actualizarla en función de la nueva normativa y políticas, especialmente con la Ley Orgánica de Telecomunicaciones.
- Que, mediante DISPOSICIÓN 03-DE-ARCOTEL-2015, la Dirección Ejecutiva de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, en conocimiento del informe de justificación de legitimidad y oportunidad del proyecto de “NORMA TÉCNICA PARA EL DESPLIEGUE Y TENDIDO DE REDES FÍSICAS AÉREAS DE SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES, SERVICIOS POR SUSCRIPCIÓN (AUDIO Y VIDEO MODALIDAD CABLE FÍSICO) Y REDES PRIVADAS”, realizado con sujeción a lo señalado en la Disposición General Primera de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, y considerando lo dispuesto en el Reglamento de Consultas Públicas aprobado mediante Resolución 003-03-ARCOTEL-2015 autorizó la realización del procedimiento de consultas públicas, a fin de recibir opiniones, sugerencias o recomendaciones de las personas afectadas o interesados en dicho proyecto de normativa.
- Que, con memorando No. xxx xxxx de la Coordinación Técnica de Regulación de la ARCOTEL, se remitió a la Dirección Ejecutiva de esta Agencia, el informe de cumplimiento del proceso de consultas públicas ordenado mediante DISPOSICIÓN 03-DE-ARCOTEL-2015.

En ejercicio de sus facultades,

RESUELVE

Expedir la:

NORMA TÉCNICA PARA EL DESPLIEGUE Y TENDIDO DE REDES FÍSICAS AÉREAS DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES, SERVICIOS DE AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCIÓN (MODALIDAD CABLE FÍSICO) Y REDES PRIVADAS

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

Del Objeto, Ámbito, Responsabilidad y Definiciones

Artículo 1.- Objeto.- La presente norma técnica tiene como objeto, regular el despliegue y tendido, identificación, ordenamiento y reubicación de las redes físicas aéreas de servicios de telecomunicaciones, servicios por suscripción (audio y video modalidad cable físico) y redes privadas.

Artículo 2.- Ámbito.- Esta Norma aplica a todas las personas naturales y jurídicas, empresas públicas, privadas o mixtas y de economía popular y solidaria, que posean títulos habilitantes otorgados por ARCOTEL, para la prestación de servicios de telecomunicaciones, servicios por

caso que requiera la ARCOTEL, en los términos, plazos y condiciones que establezca dicha Agencia, información que permita identificar el servicio y el título habilitante al que corresponde.

Artículo 10.- Empaquetamiento.- El empaquetamiento de redes físicas aéreas de telecomunicaciones por propietario de red física aérea y tecnología, deberá considerar lo siguiente:

- 1) Conforme a la factibilidad técnica, los precintos se colocarán al menos cada 2,50 m o menos para garantizar la uniformidad del elemento visual. El empaquetamiento se realizará para los cables de la red de transporte y distribución, no se incluye a los cables de acometida. El grupo de cables de acometidas deberán tener mínimo tres sujeciones equidistantes con precintos en su recorrido de poste a poste.
- 2) En caso de nueva infraestructura lo que deberá ser autorizado por las personas naturales o jurídicas dueños de los postes, los propietarios de redes físicas aéreas deberán usar el espacio del herraje a ser instalado por la persona natural o jurídica dueña de los postes, destinado para estos propietarios de redes físicas aéreas de acuerdo al Anexo 2.

Artículo 11.- Redes para servicio a abonados/clientes/suscriptores (acometidas).- La instalación de las redes de acometida está condicionada al lugar en que se vaya a instalar y a los materiales que se van a emplear.

Pueden ser instaladas en los siguientes recorridos: fachadas, en líneas de postes o en canalizaciones subterráneas lo que deberá ser autorizado por las personas naturales o jurídicas propietarias de los postes y/o ductos, conforme sus normas técnicas de construcción y la planificación de los Gobiernos Autónomos y Descentralizados.

Los cables de acometida a los predios de los abonados/clientes/suscriptores, en zonas urbanas utilizarán en su recorrido un máximo de 8 postes y deberán ser instalados de acuerdo a la presente normativa.

El número de cables para la Acometida no será mayor de 8 en su recorrido de poste a poste.

Artículo 12: Reglas de instalación de redes para servicio a abonados/clientes/suscriptores (acometidas).- Las acometidas de todos los prestadores de servicios respetarán las siguientes reglas:

- 1) Las acometidas de cada prestador de servicio irán agrupadas y adosadas unas a otras independientemente si son cables tipo coaxial, cobre o fibra óptica, y con el recorrido más corto posible hasta llegar al punto de servicio.
- 2) Los propietarios de redes físicas aéreas que realicen la acometida a un predio deberán realizarla desde el poste más cercano y cumplir lo siguiente:
 - 2.1) Cuando el predio esté ubicado en la misma acera del poste, la altura mínima de ingreso será de 3 m desde el piso.
 - 2.2) Cuando el predio esté ubicado en la acera opuesta del poste (cruce), la altura mínima de ingreso será de 5 m desde el piso.
 - 2.3) Para predios que posean hasta 4 departamentos, el ingreso de cables de la acometida será a través de un tubo galvanizado con diámetro mínimo de 2 pulgadas que estará instalado lo más cercano a la fachada hacia la calle y terminará en una caja interna de distribución de mínimo 20 x 20 cm, cuya instalación estará a cargo del dueño del inmueble. El tubo galvanizado deberá ser compartido entre los operadores dueños de las redes aéreas de telecomunicaciones. Se permitirá hasta 3 cables de todas las tecnologías por prestador de servicio. Dicha acometida podrá ser soterrada.
 - 2.4) Para acceso de la acometida a inmuebles de 5 departamentos o más, será únicamente

vía ducto soterrado y dicha acometida terminará en una caja interna de distribución, cuya instalación estará a cargo del dueño del inmueble.

- 3) Los propietarios de redes físicas aéreas serán los responsables, a su costo, del retiro total de los insumos e infraestructura tecnológica en desuso por los abonados/clientes/suscriptores, en casos de cambios de domicilios, terminación del servicio, cambio de medio de transmisión, tecnología, u otros.
- 4) Las acometidas no deben cruzar avenidas ni calles en la mitad de la vía cuando se tengan postes en las dos aceras.

Artículo 13.- Puesta a tierra.- Para la puesta a tierra de las redes físicas aéreas se tomarán en cuenta los siguientes criterios:

- 1) Poner a tierra la red en el primer poste y cada décimo poste en una línea de cable (máximo cada 300 m) en caso de requerirlo.
- 2) Se deben poner a tierra todas las estaciones donde existan dispositivos activos.
- 3) Todos los dispositivos ubicados en un mismo poste de un mismo propietario de red física aérea se pondrán con un solo sistema de puesta a tierra..

CAPÍTULO III

DERECHOS Y OBLIGACIONES DE LOS PROPIETARIOS DE REDES FÍSICAS AÉREAS

Artículo 14.- Derechos.- Los propietarios de redes físicas aéreas contemplados en la presente Norma, poseedores de títulos habilitantes, tendrán derecho a lo siguiente:

- 1) Instalar, desplegar y tender las redes físicas aéreas necesarias para la prestación de los servicios autorizados, con sujeción a lo dispuesto en la presente Norma, al ordenamiento jurídico vigente y al contrato de arrendamiento de postes que se aplique.
- 2) Los demás derechos que se establezcan en sus respectivos títulos habilitantes y en la normativa aplicable.

Artículo 15.- Obligaciones.- Los propietarios de redes físicas aéreas tendrán las siguientes obligaciones:

- 1) Identificar sus redes físicas aéreas de conformidad a los criterios técnicos establecidos en esta Norma.
- 2) Retirar y asumir el costo por retiro de los insumos e infraestructura tecnológica en desuso que actualmente no mantienen abonados/clientes/suscriptores de conformidad con esta Norma.
- 3) Mitigar el impacto visual que genera el tendido de redes físicas aéreas, conforme a lo establecido en la presente norma técnica y en ordenamiento jurídico vigente.
- 4) Efectuar los trabajos de instalación, mantenimiento preventivo y correctivo de su red física aérea, cumpliendo las normas de seguridad industrial vigentes.
- 5) Obtener de los Gobiernos Autónomos y Descentralizados y/o de la Entidad Competente vinculada con la jurisdicción respectiva, así como de los propietarios de los postes, los permisos o autorizaciones que correspondan para el despliegue de redes físicas aéreas.

ANEXO G: SIMBOLOGÍA USADA PARA LEVANTAMIENTO DE PLANOS

DESCRIPCION	PROYECTADO	EXISTENTE
RACK DE PISO 9"x20"		
OLT DE DISTRIBUIDOR		
ARMARIO FTTH		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA AÉREA		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA DOBLE CONECTOR		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA DE PISO		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA SUBTERRÁNEA		
EDIFICIO CON RED GPON		
EMPALME DE FIBRA		
EMPALME DE FIBRA Y SPLITTER		
FIBRA ÓPTICA		
ONT (ABONADO)		
ROSETA ÓPTICA		
SPLITTER DE UNA ENTRADA		
SPLITTER DE DOS ENTRADAS		

HILOS DE RESERVA DE FIBRA	 Rfo_01 s G652D FT_01_00_00(288)(1..24)	 Rfo-xxx s G652D xxx(288) (1..288)
ODF-CON SPLITTER REDES GPON		
ESTRUCTURA POZO	Hp	Hp
CAJA DE DISTRIBUCIÓN OPTICA ADOSADA		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN OPTICA MINIPOSTE		
TRANSFORMADOR AEREO		
HERRAJE DE RETENSION DE FIBRA GPON	Rf	Rf
HERRAJE CRUCE AMERICANO GPON 2 EXTENSION Y 1 EXTENSION		
ESQUEMA ARMARIO GPON	A	A
OCUPACIÓN MONODUCTO CANALIZACION EXISTENTE OCUPACIÓN BIDUCTO CANALIZACION EXISTENTE	 	 
EMPALME DE FIBRA DE DISTRIBUCION SALIDA DEL ARMARIO ESQUEMATICO		
MANGUERA CORRUGADA	Mc	Mc
CAJA TERMINAL FIBRA OPTICA (TRANSICIÓN)		
ARMARIO FTTH 288C PARA ESQUEMATICO	D-01 	D-01 
NORTE		
POSTE FIBRA DE VIDRIO		
ODF OLT		

PRICE SCHEDULE

Cotización Equipos Huawei

Fines de Estudio



HUAWEI

Huawei Technologies Co. Ltd.

2015-12-15



PRICE LIST: L1-SUMMARY

NO.	ITEM	CANT.		TOTAL PRICE (USA)
F-01	OLT HUAWEI series MA5608T	1	\$4.154,40	\$4.154,40
F-02	HUAWEI SmartAX MA5626 ONU	8	\$794,59	\$6.356,72
F-03	LICENCIAMIENTO DE MA5600T	1	\$3.549,16	\$3.549,16
TOTAL				\$14.060,28

Condiciones comerciales

Precio de oferta no incluye IVA


Oferta incluye un año de garantía contra defectos de fábrica


Oferta válida por 45 días

Tiempo de entrega 60 a 75 días

Forma de pago: a convenir

ANEXO I: COSTOS DE ELEMENTOS E INSTALACIÓN DE REDES DE ACCESO DE FIBRA ÓPTICA CNT 2013

 UNIDAD DE PLANTA	FIBRA OPTICA			
	Fecha:	ABRIL 2010		
	U	COSTO UNITARIO		
		ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
CAJA DE PASO DE FIBRA OPTICA DE 12 HIJOS	U	62,71	64,83	66,96
DESMTAJE DE CABLE AEREO DE FIBRA OPTICA DE 6, 12, 48 Y 96 HIJOS ADESIFIS B	m	0,17	0,17	0,18
DESMTAJE DE CABLE CANALIZADO DE FIBRA OPTICA DES, 12, 24, 48 Y 96 HIJOS	m	0,17	0,17	0,18
IDENTIFICADOR ACRILOCO DE FIBRA OPTICA CANALIZADO 8X4 CM	U	5,00	5,17	5,34
IDENTIFICADOR ACRILOCO DE FIBRA OPTICA AEREO 12,3 X6 CM	U	5,59	5,78	5,97
INSTALACION DE ACOPLADOR RC/PC	U	5,05	5,22	5,39
INSTALACION DE ACOPLADOR SC	U	5,17	5,34	5,52
INSTALACION DE ACOPLADOR ST	U	5,05	5,22	5,39
INSTALACION DE CAJA OPTICA DE 2 PUERTOS	U	27,18	28,10	29,02
INSTALACION DE CAJA OPTICA DE 4 PUERTOS	U	41,98	43,41	44,83
INSTALACION DE ESCALERA 0,15X0,15 M	U	21,98	22,73	23,47
INSTALACION DE MANGUERA CORRUGADA	U	1,65	1,71	1,76
INSTALACION DE ODF 12 PUERTOS G.652	U	351,95	363,88	375,81
INSTALACION DE ODF 12 PUERTOS G.653	U	369,65	382,18	394,71
INSTALACION DE ODF 24 PUERTOS G.652	U	460,37	475,97	491,58
INSTALACION DE ODF 24 PUERTOS G.653	U	483,97	500,37	516,78
INSTALACION DE ODF 48 PUERTOS G.652	U	942,99	974,95	1006,92
INSTALACION DE ODF 48 PUERTOS G.653	U	986,00	1019,42	1052,84
INSTALACION DE ODF 6 PUERTOS G.652	U	289,96	299,68	309,51
INSTALACION DE ODF 6 PUERTOS G.653	U	301,66	311,89	322,11
INSTALACION DE ODF 96 PUERTOS G.652	U	1766,63	1826,51	1886,40
INSTALACION DE ODF 96 PUERTOS G.653	U	1872,44	1935,91	1999,38
INSTALACION DE PORTA RESERVA DE FIBRA EN GALERIA DE CABLES	U	13,78	14,25	14,72
INSTALACION DE PORTA RESERVA FIBRA OPTICA POCO	U	21,10	21,81	22,53
PRUEBA INDICACIONAL DE TRANSMISION FIBRA OPTICA (POR PORTA, POR FIBRA, EN JUNCTION Y PRUEBA DE POTENCIA)	U	7,94	8,10	8,27
SUBIDA A POSTE PARA FIBRA OPTICA	U	51,28	53,02	54,76
SUMINISTRO E INSTALACION DE PATCH CORD DUPLEX RC-PC G.652 S M	U	22,00	22,74	23,49
SUMINISTRO E INSTALACION DE PATCH CORD DUPLEX RC-PC G.653 S M	U	26,48	27,38	28,27
SUMINISTRO E INSTALACION DE PATCH CORD DUPLEX RC-SC G.652 S M	U	22,90	23,68	24,46
SUMINISTRO E INSTALACION DE PATCH CORD DUPLEX RC-SC G.653 S M	U	26,54	27,44	28,34
SUMINISTRO E INSTALACION DE PATCH CORD DUPLEX RC-ST G.652 S M	U	23,49	24,29	25,09
SUMINISTRO E INSTALACION DE PATCH CORD DUPLEX RC-ST G.653 S M	U	28,25	29,21	30,16
SUMINISTRO E INSTALACION DE PR BORNADO TRES CEROS PARA CABLE ADSS	U	5,49	5,67	5,86
SUMINISTRO E INSTALACION DE PR BORNADO PARA VANOS DE 200m. PARA FIBRA ADSS	U	42,68	44,13	45,58
SUMINISTRO E INSTALACION DE PR BORNADO PARA VANOS DE 300m. PARA FIBRA ADSS	U	70,68	73,08	75,48
SUMINISTRO E INSTALACION DE RACK DE PISO ABIERTO 2,2 M X 39" DE 41 UNID.	U	213,72	220,97	228,21
SUMINISTRO Y BIENEDUCION DE BIPALME AEREO POR FUSION 12 FIBRAS OPTICAS	U	301,91	312,15	322,38
SUMINISTRO Y BIENEDUCION DE BIPALME AEREO POR FUSION 24 FIBRAS OPTICAS	U	322,93	333,88	344,82
SUMINISTRO Y BIENEDUCION DE BIPALME AEREO POR FUSION 48 FIBRAS OPTICAS	U	449,51	464,75	479,98
SUMINISTRO Y BIENEDUCION DE BIPALME AEREO POR FUSION 6 FIBRAS OPTICAS	U	266,75	275,79	284,84
SUMINISTRO Y BIENEDUCION DE BIPALME AEREO POR FUSION 96 FIBRAS OPTICAS	U	685,36	708,59	731,82
SUMINISTRO Y BIENEDUCION DE BIPALME SUBTERRANEO POR FUSION 12 FIBRAS OPTICAS	U	303,08	313,36	323,63
SUMINISTRO Y BIENEDUCION DE BIPALME SUBTERRANEO POR FUSION 24 FIBRAS OPTICAS	U	323,76	334,73	345,71
SUMINISTRO Y BIENEDUCION DE BIPALME SUBTERRANEO POR FUSION 48 FIBRAS OPTICAS	U	450,44	465,71	480,98
SUMINISTRO Y BIENEDUCION DE BIPALME SUBTERRANEO POR FUSION 6 FIBRAS OPTICAS	U	267,57	276,64	285,71
SUMINISTRO Y BIENEDUCION DE BIPALME SUBTERRANEO POR FUSION 96 FIBRAS OPTICAS	U	686,25	709,52	732,78
SUMINISTRO Y BIENEDUCION DE HERRAJE FARDOL PARA CABLE DE FIBRA OPTICA	U	45,14	46,67	48,20
SUMINISTRO Y BIENEDUCION DE HERRAJE TIPO A PARA CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS	U	12,12	12,53	12,94
SUMINISTRO Y BIENEDUCION DE HERRAJE TIPO A + THIMBLE CLEVIS PARA CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS	U	29,99	31,01	32,02
SUMINISTRO Y BIENEDUCION DE HERRAJE TIPO A PARA CABLE FIBRA OPTICA FIGURA B	U	10,08	10,42	10,76
SUMINISTRO Y BIENEDUCION DE HERRAJE TIPO B (GRULETE) PARA CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS	U	9,74	10,07	10,40
SUMINISTRO Y BIENEDUCION DE HERRAJE TIPO B (CONJUNTO) PARA CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS	U	15,88	16,42	16,95
SUMINISTRO Y BIENEDUCION DE HERRAJE TIPO B PARA CABLE FIBRA OPTICA FIGURA B	U	7,34	7,59	7,84
SUMINISTRO Y FUSION DE RIGTAIL RC/PC G.652	U	7,49	7,75	8,00
SUMINISTRO Y FUSION DE RIGTAIL RC/PC G.653	U	8,01	8,28	8,56
TENDIDO DE CABLE AEREO 12 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSS G.652 (VANOS 120m)	m	2,64	2,73	2,82
TENDIDO DE CABLE AEREO 12 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSS G.652 (VANOS 200m)	m	3,76	3,89	4,02
TENDIDO DE CABLE AEREO 12 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSS G.652 (VANOS 80m)	m	2,30	2,38	2,46
TENDIDO DE CABLE AEREO 12 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSS G.653 (VANOS 120m)	m	3,09	3,20	3,30

	FIBRA OPTICA				
	Fecha:	ABRIL 2010			
	UNIDAD DE PLANTA	U	COSTO UNITARIO		
			ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
TENDIDO DE CABLE AEREO 12 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSSG 652 (NANOS 200m)	m	4,40	4,55	4,70	
TENDIDO DE CABLE AEREO 12 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSSG 652 (NANOS 80m)	m	2,67	2,76	2,85	
TENDIDO DE CABLE AEREO 12 FIBRAS OPTICAS MONOMODO FJS . 8 G.652	m	3,32	3,43	3,54	
TENDIDO DE CABLE AEREO 12 FIBRAS OPTICAS MONOMODO FJS . 8 G.655	m	3,93	4,06	4,20	
TENDIDO DE CABLE AEREO 24 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSSG 652 (NANOS 120m)	m	2,88	2,98	3,07	
TENDIDO DE CABLE AEREO 24 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSSG 652 (NANOS 200m)	m	4,11	4,25	4,38	
TENDIDO DE CABLE AEREO 24 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSSG 652 (NANOS 80m)	m	2,49	2,57	2,66	
TENDIDO DE CABLE AEREO 24 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSSG 653 (NANOS 120m)	m	3,36	3,48	3,59	
TENDIDO DE CABLE AEREO 24 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSSG 653 (NANOS 200m)	m	4,81	4,98	5,14	
TENDIDO DE CABLE AEREO 24 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSSG 653 (NANOS 80m)	m	2,90	3,00	3,10	
TENDIDO DE CABLE AEREO 24 FIBRAS OPTICAS MONOMODO FJS . 8 G.652	m	3,69	3,82	3,94	
TENDIDO DE CABLE AEREO 24 FIBRAS OPTICAS MONOMODO FJS . 8 G.655	m	4,39	4,54	4,69	
TENDIDO DE CABLE AEREO 48 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSSG 652 (NANOS 120m)	m	5,06	5,23	5,41	
TENDIDO DE CABLE AEREO 48 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSSG 652 (NANOS 200m)	m	6,30	6,51	6,73	
TENDIDO DE CABLE AEREO 48 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSSG 652 (NANOS 80m)	m	3,79	3,92	4,04	
TENDIDO DE CABLE AEREO 48 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSSG 653 (NANOS 120m)	m	5,14	5,32	5,49	
TENDIDO DE CABLE AEREO 48 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSSG 653 (NANOS 200m)	m	7,39	7,64	7,89	
TENDIDO DE CABLE AEREO 48 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSSG 653 (NANOS 80m)	m	4,43	4,58	4,73	
TENDIDO DE CABLE AEREO 48 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSSG 653 (NANOS 300 y 500m)	m	7,54	7,80	8,05	
TENDIDO DE CABLE AEREO 48 FIBRAS OPTICAS MONOMODO FJS . 8 G.652	m	4,89	5,05	5,22	
TENDIDO DE CABLE AEREO 48 FIBRAS OPTICAS MONOMODO FJS . 8 G.655	m	5,82	6,01	6,21	
TENDIDO DE CABLE AEREO 6 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSS G.652	m	1,91	1,98	2,04	
TENDIDO DE CABLE AEREO 6 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSS G.655	m	2,18	2,26	2,33	
TENDIDO DE CABLE AEREO 6 FIBRAS OPTICAS MONOMODO FJS . 8 G.652	m	2,42	2,50	2,58	
TENDIDO DE CABLE AEREO 6 FIBRAS OPTICAS MONOMODO FJS . 8 G.655	m	2,86	2,95	3,05	
TENDIDO DE CABLE AEREO 96 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSSG 652 (NANOS 120m)	m	8,27	8,55	8,83	
TENDIDO DE CABLE AEREO 96 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSSG 652 (NANOS 200m)	m	8,33	8,61	8,90	
TENDIDO DE CABLE AEREO 96 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSSG 652 (NANOS 80m)	m	4,98	5,15	5,32	
TENDIDO DE CABLE AEREO 96 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSSG 653 (NANOS 120m)	m	6,91	7,15	7,38	
TENDIDO DE CABLE AEREO 96 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSSG 653 (NANOS 200m)	m	9,96	10,30	10,63	
TENDIDO DE CABLE AEREO 96 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSSG 653 (NANOS 80m)	m	5,94	6,14	6,34	
TENDIDO DE CABLE AEREO 96 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSSG 653 (NANOS 300 y 500m)	m	8,57	8,86	9,15	
TENDIDO DE CABLE AEREO 96 FIBRAS OPTICAS MONOMODO FJS . 8 G.652	m	5,25	5,43	5,61	
TENDIDO DE CABLE AEREO 96 FIBRAS OPTICAS MONOMODO FJS . 8 G.655	m	6,25	6,47	6,68	
TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 12 FIBRAS OPTICAS MONOMODO G652	m	2,42	2,50	2,58	
TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 12 FIBRAS OPTICAS MONOMODO G655	m	3,45	3,56	3,68	
TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 12 FIBRAS OPTICAS MULTIMODO INDICE GRADUAL	m	7,27	7,52	7,76	
TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 24 FIBRAS OPTICAS MONOMODO G652	m	3,01	3,11	3,21	
TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 24 FIBRAS OPTICAS MONOMODO G655	m	4,31	4,45	4,60	
TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 24 FIBRAS OPTICAS MULTIMODO INDICE GRADUAL	m	14,87	15,37	15,88	
TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 48 FIBRAS OPTICAS MONOMODO G652	m	3,65	3,77	3,89	
TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 48 FIBRAS OPTICAS MONOMODO G655	m	5,68	5,87	6,06	
TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 48 FIBRAS OPTICAS MULTIMODO INDICE GRADUAL	m	17,79	18,40	19,00	
TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 6 FIBRAS OPTICAS MONOMODO G652	m	2,10	2,17	2,24	
TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 6 FIBRAS OPTICAS MONOMODO G655	m	2,99	3,09	3,19	
TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 6 FIBRAS OPTICAS MULTIMODO INDICE GRADUAL	m	4,51	4,66	4,81	
TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 96 FIBRAS OPTICAS MONOMODO G652	m	6,28	6,49	6,70	
TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 96 FIBRAS OPTICAS MONOMODO G655	m	9,02	9,32	9,63	
TENDIDO DE CABLE PARA INTERIORES DE 12 FIBRAS OPTICAS MONOMODO G.652	m	2,77	2,87	2,96	
TENDIDO DE CABLE PARA INTERIORES DE 6 FIBRAS OPTICAS MONOMODO G652	m	2,34	2,42	2,49	
TENDIDO DE CABLE PARA INTERIORES DE 6 FIBRAS OPTICAS MULTIMODO INDICE GRADUAL	m	2,22	2,29	2,37	
TENDIDO DE CABLE AEREO 24 FIBRAS OPTICAS MONOMODO ADSSG 652 (NANOS 300 m)	m	7,18	7,42	7,66	

ANEXO J: ARTICULOS DEL MUNICIPIO DEL CANTON DE OTAVALO



REPÚBLICA DEL ECUADOR
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO
MUNICIPAL DEL CANTÓN OTAVALO

En uso de las facultades conferidas en el Art. 264 de la Constitución de la República del Ecuador, en concordancia con los Arts. 7 y 57 literal a y b del Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización.

EXPIDE:

**ORDENANZA QUE REGULA LA ADMINISTRACIÓN DEL CATASTRO PREDIAL,
DETERMINACIÓN Y RECAUDACIÓN DE LOS IMPUESTOS A LOS PREDIOS
URBANOS Y RURALES DEL CANTÓN OTAVALO PARA EL BIENIO 2014-2015.**

CAPÍTULO I NORMAS COMUNES Y GENERALES

Art. 1.- Objeto de la Ordenanza.- El objeto de la presente Ordenanza es regular la actualización y conservación del catastro predial urbano y rural del cantón Otavalo, así como sus avalúos para el bienio 2014 – 2015.

El sistema catastral predial comprende: el inventario y sistematización de la información predial del cantón, la determinación del valor de la propiedad, estructuración de procesos automatizados, la administración de la información, actualización y mantenimiento de todos sus elementos controles y seguimiento técnico de los productos ejecutados.

Art. 2.- Finalidad de la Ordenanza.- La finalidad de ésta Ordenanza es mantener actualizado el catastro y valoración predial de conformidad a lo que establece el Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización, a más de la determinación y recaudación de los impuestos prediales.

Art. 3.- Definición del Catastro.- Es el inventario o censo actualizado y clasificado de los bienes inmuebles pertenecientes al Estado y a particulares con el objeto de lograr su correcta identificación física, jurídica, fiscal y económica.

Art. 4.- Dominio.- De conformidad al Art. 599 del Código Civil, es el derecho real de una cosa corporal, para gozar y disponer de ella. La propiedad separada del goce de la cosa, se llama mera o nuda propiedad. Posee aquel que de hecho actúa como titular de un derecho o atributo en el sentido de que, sea o no el verdadero titular. La posesión no implica titularidad del derecho de propiedad ni de ninguno otro real.

Art. 5.- Del registro catastral.- Lo comprenden básicamente dos actividades definidas:

a.- La codificación catastral.- Inicia considerando el Código de División Política Administrativa de la República del Ecuador (INEC), compuesta por seis dígitos numéricos de los cuales:

- Dos que identifican la Provincia (# 10).
- Dos que identifican el Cantón (# 04)
- Dos que identifican a las Parroquias Urbanas o Rurales.

A las Parroquias que configuran a la cabecera cantonal o urbanas se les codifica de 01 a 49 (El Jordán 01 y San Luís 02) y a las Parroquias Rurales de 51 a 99.

CAPITULO II

ZONAS DE PROTECCION URBANA

Art. 37.- AREAS DE PROTECCION DEL PATRIMONIO NATURAL EN SUELO URBANO.- El patrimonio natural del área urbana está constituido Los ríos El Tejar, Machangara, Jatunyacu y quebrada Santiaguillo así como por las laderas laterales de Rey Loma, Yambiro, Cotama e Imbabuela.

Art.38.- PROTECCIO0N DE RIOS.- A fin de hacer efectiva la conservación se procederá de la siguiente manera:

Las riveras de los ríos Tejar, Machangara y Jatunyacu con una faja de protección mínima de 15,00 mts del eje de su cauce natural. Se podrá generar proyectos para actividades de estancia y esparcimiento a manera de parques lineales urbanos ecológicos, formando cinturones o fajas verdes dentro de la ciudad.

Dentro de la zona Residencial, se identifica el Área de Protección de Riveras, y queda delimitada por las riveras de los ríos Tejar, Jatunyacu y quebrada de Santiaguillo en una franja de 15,00 metros a partir del cauce natural

No serán permitidos en esta subzona los usos de vivienda, industriales, de almacenamiento. Las infraestructuras y edificaciones que allí se instalen deberán integrarse al entorno natural paisajístico del sitio, respetando las visuales hacia el río y las normativas en cuanto a altura, tipologías, calidad y diseño de construcción, permitiendo que las áreas verdes tengan una predominancia en la imagen general de la zona.

En esta zona se privilegiará el uso y acceso público a la faja de protección de las riveras del río. Se establece un retiro obligatorio para todas las edificaciones en la faja protección de 15,00 m.

Se enfatiza el respeto y protección de los ecosistemas naturales, montes nativos, cuencas del río, arroyos y afluentes de los mismos, sin que se pueda afectar de manera alguna la cuenca del río Tejar y Jatuyacu.

Art.39.- AREA VERDE URBANA RIOS TEJAR, MACHANGARA JATUNYACU Y QUEBRADA SANTIAGUILLO.- Los usos de suelo autorizados, condicionados, prohibidos, superficie mínima de lote, forma del lote, COS máximo, altura, alineaciones y retiros, basamentos y cordizamientos, arquitectura, espacio público, infraestructura y especificidades son los que a continuación se indican:

SUBZONA AREA VERDE URBANA: RIOS TEJAR, MACHANGARA, JATUNYACU, QUEBRADA SANTIAGUELO		
ATRIBUTOS	Límites determinados en el Mapa 3.- Zonificación Urbana	
USOS DE SUELO	AUTORIZADOS	Usos residenciales
	AUTORIZADOS CONDICIONADOS	Comerciales de hasta 100.00 m ²
	PROHIBIDOS	Actividades comerciales mayores a los 100.00 m ² , talleres mecánicos, carpinterías, pequeñas y medianas industriales, galpones, depósitos. Todas sus posibles ubicaciones se estipularon lo entregó la Línea de Fábrica
SUPERFICIE MINIMA DE LOTE		300
FORMA DE LOTE	FRENTE MINIMO	9.00 m con una relación frente fondo de 1:4
COS MAXIMO		50%
ALTURA		3 pisos, 9.00 m total, altura de planta baja 2.32 libres de la losa.
ALINEACIONES Y RETIROS	ALINEACION Y RETIRO PROFITAL	Línea de fábrica en ríos
	RETIROS FRONTALES Y POSTERIOR	Frontal 3.00m Laterales según el caso o adosamiento 3.00 m y Posterior 3.00 m
	VOLADOS	0.80 m.
BASAMENTOS Y CORNIZAMENTOS		NO
ARQUITECTURA (materiales, colores, etc)		Acorde con la paisajística general y las características del tramo o manzana, las construcciones deberán privilegiar el uso de materiales nobles y la buena calidad de diseño y ejecución. Prohibidas las construcciones con materiales que no se integran al entorno edificado. Los colores de las terminados serán de colores aceros a tierra, se prohíbe el uso de cerámicos como terminado en fachadas.
ESPACIO PUBLICO	ACERAS	Pavimento rígido antiderrapante acorde con el tramo entre vías públicas.
	ARBORIZACION	Obligatoria en las áreas o fajas de protección de las ríos, la vegetación será endémica, y las especies deberán ser las autorizadas por la Dirección de Control Ambiental.
	EQUIPAMIENTO URBANO	Recipientes para residuos, bancos, luminarias que se ubicarán de acuerdo a las directivas impartidas por la Dirección de Planificación
INFRAESTRUCTURA		Completa, en cuanto a servicios básicos, se hace necesaria la construcción de colectores marginales para descargas y piscinas de oxidación y tratamiento de aguas servidas
ESPECIFICIDADES		En las zonas con retiro posterior, podrán hacerse pequeñas construcciones no habitables de una superficie máxima de 20.00 m ² .

Art. 40.- PROTECCION DE LADERAS.- La vegetación del entorno de las laderas de Rey Loma, Yambiro, Cotama e Imbabuela del área actualmente urbanizada, que hará parte del área de expansión urbana, se podrán llevar a cabo emprendimientos de reforestación y en general un programa de protección de las laderas, con un estudio previo de visuales y arquitectura del paisaje que se integre de manera óptima con el entorno urbano o construido.

Art. 41.- PROTECCION DEL PATRIMONIO CULTURAL INMUEBLE.- Todo el patrimonio cultural inmueble del cantón Otavalo se registrará al inventario del INPC y a las leyes que lo rigen y comprende los edificios de arquitectura civil monumental, religiosa y vernácula menor con características específicas de zona norte del país, además de los predios e instalaciones vinculadas al sistema patrimonial.

Art. 42.- INVENTARIO- Quedan establecidos en el Inventario Inicial de Zona 1, Sitios y Bienes Patrimoniales las siguientes edificaciones y calles donde se ubican:

- Iglesias de San Luis, Jordán y su convento, San Francisco, Capilla La Inmaculada y su convento
- Palacio Municipal

- Parque central Simón Bolívar, plazoleta Gonzales Suárez
- Conjunto urbano arquitectónico o límite vertical del parque central.
- Molino de las Almas y El Batán.
- Piscina El Neptuno, Lagartijas
- Casa de Hacienda San Vicente
- Plaza de los Ponchos
- Los Portales
- Barrio El Batán
- Barrio La Florida
- Gruta del Socavón

Adicionalmente elementos fuera del núcleo que pertenecen al sistema tales como las áreas centrales de los centros urbanos o núcleos concentrados de las cabeceras parroquiales,

Haciendas y elementos arquitectónicos circundantes.

Los componentes de este registro serán motivo de un estudio especializado para su incorporación en la nómina de Zonas, Sitios y Bienes de valor Patrimonial y ambiental de Otavalo, con su consiguiente regulación normativa. Hasta tanto ello no ocurra, las intervenciones sobre estos componentes serán evaluadas caso a caso por la Comisión Departamental de Patrimonio en cada permiso de construcción o solicitud de autorización, estableciendo las medidas cautelares y condicionamientos que correspondiere

CAPITULO III

SECTOR RURAL

Art. 43.- COMPOSICION.- El sector rural del cantón está compuesto por las siguientes parroquias: Selva alegre, Quichinche, Pataqui, Eugenio Espejo, San Rafaél, Gozález Suárez, San Pablo, Miguel Egas e Ilumán, dentro de las cuales se identifican las siguientes categorías de ordenación territorial de conformidad con el mapa adjunto:

- a. Zona Agrícola y Agroforestería
- b. Zona de Conservación
- c. Zona de núcleos poblacionales
- d. Zona de Protección Especial
- e. Zona de Protección de Bosques
- f. Zona de Transición y recuperación
- g. Zona Silvipastoril y Agroforestería

ANEXO K: SUMMARY

This project allows to interconnect eight Municipal offices belonging at Decentralized Autonomous Municipal Government from Otavalo, through a network FTTB (Fiber to the Building) of optical fiber, based on the transmission technology (GPON), it was made with the main objective to optimize the network and the services will unify in the future allowing to the citizens have access to all municipal services in their 8 offices.

Initially, the introduction was made about essential aspects of an access network, passive optical networks (GPON), suitable and essential means to design the access network using FTTB.

Then, the gathering information was made by technical visits to each of the municipal offices and interviews with the person in charge, which one allowed establish the necessary requirements to design the connections. Based on the above described was established the location and characteristics of each segment of the access network: OLT, ODN y ONU.

Finally, the equipment was selected to each segment of the access network, essential to develop the investment analysis and cost - benefit analysis allowing establish an approximate budget to the future implementation of the access network at Decentralized Autonomous Municipal Government from Otavalo.



Handwritten signature in blue ink, likely of the Secretary of the Centro Académico de Luján.



PLANOS (EN CD)