

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**



## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

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

**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.**

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

**ARTEAGA PINCHAO JENNYFER SOLEDAD**

**DIRECTOR: ING. SANDRA CASTRO**

**IBARRA, ECUADOR 2015**



# 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 Institucional 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 DEL CONTACTO	
<b>Cédula de Identidad:</b>	172367657-1
<b>Apellidos y Nombres:</b>	Arteaga Pinchao Jennyfer Soledad
<b>Dirección:</b>	Natabuela, Calle Flores Vásquez
<b>Email:</b>	<a href="mailto:jen12_sole@hotmail.com">jen12_sole@hotmail.com</a>
<b>Teléfono Móvil:</b>	992022502
DATOS DE LA OBRA	
<b>Título:</b>	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
<b>Autor:</b>	Arteaga Pinchao Jennyfer Soledad
<b>Fecha:</b>	13 de enero de 2015

Firma: 

Arteaga Pinchao Jennyfer Soledad

Cédula: 172367657-1

**2.- AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD.**

Yo, Jennyfer Soledad Arteaga Pinchao, con cédula de identidad Nro. 172367657-1, 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.

Firma: \_\_\_\_\_



Arteaga Pinchao Jennyfer Soledad

Cédula: 172367657-1



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

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

Yo, JENNYFER SOLEDAD ARTEAGA PINCHAO, con cédula de identidad Nro. 172367657-1, 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 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”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN., en la Universidad Técnica del Norte, 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. 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: \_\_\_\_\_

Arteaga Pinchao Jennyfer Soledad

Cédula: 172367657-1



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

### CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

En calidad de director del trabajo de grado presentado por Jennyfer Soledad Arteaga Pinchao, para optar por el título de Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicaciones, cuyo tema es: **“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.”**

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.

En la ciudad de Ibarra, enero de 2015

Ing. Sandra Castro

**DIRECTOR DE PROYECTO**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

#### 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

En la ciudad de Ibarra, Enero de 2015

El Autor:

Arteaga Pinchao Jennyfer Soledad

C.I.: 172367657-1



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

#### DECLARACIÓN

Yo, Jennyfer Soledad Arteaga Pinchao, 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.

El Autor:

Arteaga Pinchao Jennyfer Soledad

C.I.: 172367657-1



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

#### DEDICATORIA

Primero a Dios, puesto que él ha sido mi guía durante estos años de estudio y lo seguirá siendo durante el resto de mis días.

A mi madre, por ser el ser más importante en mi vida, un ejemplo de vida, lucha y constancia, con mucho amor para ti madre querida.

A mi padre, por ser el pilar fundamental de mi familia. Y a mis Hermanos, por brindarme su apoyo inquebrantable.



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

#### AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la sabiduría que permitió culminar un peldaño más en mi vida profesional y personal.

A mis padres por su apoyo incondicional, sus sabios consejos, la fortaleza, el valor, la perseverancia y la constancia que me permiten enfrentar los retos de la vida con decisión y sabiduría. Realmente un ejemplo de vida, gracias por todo.

A mis queridos hermanos, que siempre estuvieron a mi lado, gracias por su apoyo desmedido.

A la Universidad Técnica del Norte, en especial a la Escuela de Ingeniería Electrónica y Redes de Comunicación, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente para ser una persona exitosa.

A mi director de tesis Ing. Sandra Castro, quien con sus conocimientos me supo guiar acertadamente para lograr culminar este valioso trabajo.

De igual manera a AIRMAXTELECOM SOLUCIONES TECNOLÓGICAS S.A y a sus autoridades, que me brindaron la apertura necesaria.

## RESUMEN

El proyecto tiene como finalidad el diseño de una red de acceso FTTH en el centro poblado de la parroquia urbana Urcuquí, mediante el empleo de la tecnología GPON (Redes ópticas pasivas) tecnología que permitirá brindar a los usuarios en dicha zona variados servicios de telecomunicaciones tales como; video, voz y datos, etc. Para lo cual se realizará una revisión de las características de las tecnologías FTTx para definir el funcionamiento de los equipos necesarios que componen una red GPON.

Actualmente la ciudad de Urcuquí, perteneciente al cantón San Miguel de Urcuquí, provincia de Imbabura, cuenta con servicio de conectividad a Internet que brinda la empresa AIRMAXTELECOM SOLUCIONES TECNOLÓGICAS S.A, sin embargo la calidad en los servicios se ve afectada por la congestión y saturación en los enlaces de última milla, es por ello que este previo estudio del diseño de la red de acceso es necesario, ya que proporcionará los procedimientos necesarios para migrar la tecnología inalámbrica a una tecnología cableada por fibra óptica en la zona antes mencionada.

Se diseñará la red de acceso que comprenderá la interconexión desde la OLT, hacia los usuarios finales u ONT's, todo el despliegue del cable de fibra óptica se lo realizará vía aérea puesto que se dispone de postera existente en la zona.

Por último, se realizará el levantamiento de planos y el balance óptico para determinar la atenuación que existirá en el mejor y peor de los casos.

## **ABSTRACT**

The project aims to an FTTH access network design in the Urcuquí populated urban parish center, through the use of GPON (passive optical networks) technology that allows to provide various telecommunications services to users in that area such as; video, voice and data, etc. For which a review of the characteristics of the FTTx technologies will be held to define the operation of the necessary equipment comprising a GPON network.

Urcuquí city, belonging to San Miguel de Urcuquí, Imbabura province, currently with connectivity service to Internet provided by the company AIRMAXTELECOM SOLUCIONES TECNOLÓGICAS S.A., However the quality of services is affected by congestion and saturation on the last-mile links, for this reason that this previous study of the design of the access network is necessary, since it will provide the necessary procedures to migrate wireless technology to technology wired by fiber optic in the above-mentioned area.

Access network comprising the interconnection from the OLT, towards the end users will be designed or ONT, all the deployment of optical fiber cable will be by posts in the area are available.

Finally, will be held the optical balance to determine the attenuation that will exist in the best and worst.

## **PRESENTACIÓN**

El presente proyecto se ha estructurado de acuerdo a las normativas establecidas por la Universidad Técnica del Norte y su contenido es el siguiente:

En el capítulo I, se realiza una descripción general los antecedentes del proyecto a desarrollarse, tales como; problema, objetivos y la justificación del mismo.

En el capítulo II, se abordará el estudio detallado de las tecnologías de acceso por fibra óptica, protocolos, estándares, elementos y componentes de red. Principios de transmisión de la fibra óptica en la que se describirán los parámetros de funcionamiento de transmisión de los sistemas de fibra óptica y tipos de fibra óptica.

El capítulo III, comprenderá el diseño de la red de acceso FTTH en la zona de Urcuquí, el mismo que comprende el estudio de la situación actual de la empresa, diseño de la red de fibra óptica en la parroquia, forma de despliegue de la red de fibra óptica, aérea o subterránea, para determinar el tipo de fibra óptica y los equipos a utilizarse, además se realizará una descripción de los requerimientos en cuanto a ancho de banda requerido, número de usuarios proyectados, las aplicaciones o servicios adicionales que se pretenden prestar .

En el capítulo IV, se plantea un presupuesto referencial del proyecto y los respectivos indicadores de rentabilidad del mismo.

El informe de la tesis se complementa con las conclusiones y recomendaciones a las que se llega luego de la investigación.

## INDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO I .....	21
ANTECEDENTES .....	21
1.1 Problema Investigado.....	21
1.2 Objetivos .....	22
Objetivo General .....	22
Objetivos Específicos.....	22
1.3 Justificación .....	23
CAPITULO II .....	25
ESTUDIO DE LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO POR FIBRA ÓPTICA .....	25
2.1 Sistemas de Fibra Óptica.....	26
2.1.1 Propagación de la luz en la Fibra Óptica. ....	26
2.1.2 Propiedades de la Luz. ....	27
2.1.3 Ventajas de la Fibra Óptica. ....	29
2.1.4 Desventajas de la Fibra Óptica.....	30
2.1.5 Diámetro de Campo Modal.....	30
2.1.6 Tipos de Fibra Óptica.....	31
2.1.7 Parámetros Fundamentales de la Fibra Óptica.....	33
2.1.8 Tipo y funciones de Empresas de Telecomunicaciones.....	38
2.1.9 Topologías de Red. ....	39
2.1.10 Tipos de Fibra Óptica Monomodo. ....	39
2.1.11 Áreas de aplicación de la Fibra Óptica. ....	42
2.2 Tecnología FTTx – Red de Acceso.....	43
2.2.1 Tecnología FTTx – Descripción del Sistema.....	43
2.2.2 Características. ....	46
2.2.3 Aplicaciones.....	47
2.3 Tecnología PON – Red de Acceso.....	48
2.3.1 Elementos de una red PON. ....	48
2.3.2 Estándares PON. ....	50
2.3.3 APON (ATM Passive Optical Network).....	51
2.3.4 BPON (Broadband PON).....	51
2.3.5 GEAPON (Gigabit Ethernet PON). ....	51

2.3.6	EPON (Ethernet PON).....	52
2.3.7	GPON (Gigabit PON).....	52
2.4	Elementos necesarios para el despliegue de cable de Fibra Óptica en Planta Externa. ....	56
2.4.1.	Herrajes Tipo A.....	56
2.4.2.	Herrajes Tipo B.....	57
2.4.3.	Herraje Preformado.....	57
2.4.4.	Conectores.....	58
2.4.5.	Identificadores.....	62
2.4.6.	Reservas.....	63
2.4.7.	Divisores (Splitter).....	63
CAPITULO III.....		65
DISEÑO DE LA RED DE ACCESO FTTH (FIBER TO THE HOME), EN LA PARROQUIA URCUQUÍ.....		65
3.1.	Situación actual de la Empresa.....	65
3.2.	Datos de la ciudad de Urcuquí.....	74
3.3.	Crecimiento Poblacional.....	75
3.4.	Análisis de la forma del despliegue de cable de Fibra Óptica de acuerdo con el plan de soterramiento de cables promovido por el CONATEL.....	76
3.5.	Diseño de la red de acceso FTTH (fiber to the home) en la ciudad de Urcuquí.....	77
3.6.	Tipo y características principales de fibra a utilizarse.....	78
3.7.	Ubicación actual de los nodos más cercanos y con mayor visibilidad a la ciudad de Urcuquí.....	80
3.8.	Rutas para el despliegue aéreo de cable de Fibra Óptica.....	82
3.9.	Determinación de parámetros.....	86
3.9.1.	Usuarios Proyectados.....	87
3.9.2.	Proyecciones de Tráfico.....	89
3.10.	Esquema Físico y Lógico de la red de acceso FTTH.....	91
3.11.	Ubicación de la OLT (Línea de Terminación Óptica).....	94
3.12.	Número de Puertos GPON.....	97
3.13.	Splitters.....	98
3.13.1.	Zonas 1 y 2.....	98
3.13.1.	Zonas 3 y 4.....	98
3.14.	Proveedores.....	100
3.15.	Especificaciones Mínimas Requeridas.....	102

3.16.	Equipos Principales GPON.....	104
3.16.1.	OLT HUAWEI series MA5600T.....	104
3.16.2.	OLT ALCATEL – LUCENT .....	105
3.16.3.	OLT MOTOROLA .....	106
3.17.	Recomendaciones con respecto al sistema de puestas a tierra. ....	109
3.18.	Ubicación splitter primario. ....	111
3.19.	Ubicación splitter secundario.....	112
3.20.	Configuración y características de la red GPON Dúplex.....	115
3.21.	Cálculo de reservas del cable de Fibra Óptica .....	116
3.22.	Balance Óptico de la red de acceso FTTH.....	121
3.23.	Determinación del mejor y peor caso de Enlace .....	122
3.23.1.	Esquema físico para el peor caso de Enlace.....	122
3.23.2.	Esquema físico para el mejor caso de Enlace .....	124
3.24.	Levantamiento de planos de la red de acceso FTTH (fibra hasta el hogar), en la parroquia Urcuquí. ....	127
3.25.	Acerca de Títulos Habilitantes .....	133
CAPITULO IV.....		136
ANÁLISIS FINANCIERO.....		136
4.1.	PRESUPUESTO DEL PROYECTO .....	136
4.1.1.	Inversión Equipamiento Activo. ....	136
4.1.2.	Inversión Equipamiento Pasivo Infraestructura. ....	137
4.1.3.	Inversión Total en Equipamiento para la Red.....	138
4.2.	Gastos Operacionales.....	138
4.3.	Costo Ingeniería & Instalación .....	139
4.4.	Depreciaciones.....	140
4.5.	Oferta de Planes Triple Play - HOME .....	141
4.6.	Financiamiento.....	142
4.1.	Ingresos Flujo de Caja.....	144
4.2.	Egresos Flujo de Caja .....	145
4.3.	Estado de pérdidas y Ganancias.....	146
4.4.	RENTABILIDAD DEL PROYECTO .....	147
4.4.1.	Valor Actual Neto (VAN).....	148
4.4.2.	Tasa de Retorno (TIR) .....	149

4.4.3. Período de Recuperación de la Inversión (PRI) .....	149
4.4.4. Relación Costo Beneficio (C/B).....	150
CAPITULO V .....	152
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	152
5.1. Conclusiones .....	152
5.2. Recomendaciones.....	153
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	155
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	156
ANEXOS .....	160
ANEXO A Especificaciones Fibra monomodo G.652D.....	161
ANEXO B Formulario de registro de infraestructura física de la red.....	163
ANEXO C Formularios registro de redes destinadas a la prestación de servicios .....	165
ANEXO D Instructivo SENATEL.....	167
ANEXO E Formato de carta para solicitud de arrendamiento de postería .....	171
ANEXO F Configuración del sistema GPON Dúplex ITU-T G.984.1.....	173
ANEXO G Recomendación ITU-T G.984.1 .....	176
ANEXO H Cotización de equipos Activos para la red FTTH.....	183
ANEXO I Cronograma de implementación y funcionamiento de la red FTTH .....	186
ANEXO J Hojas de especificaciones técnicas de elementos FTTH .....	188
ANEXO K Planos del diseño de la red FTTH – GPON en Urcuquí .....	204

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fibra Óptica. Estructura la Fibra óptica.....	26
Figura 2: Fibra Óptica. Propagación de la luz en la Fibra Óptica.....	27
Figura 3: Fibra Óptica. Nomenclatura de valores típicos de la fibra óptica.....	31
Figura 4: Fibra Óptica. Tipos de Fibra Óptica .....	32
Figura 5: Banda espectral Óptica. Atenuación vs. Longitud de onda.....	34
Figura 6: FTTB. Fibra hasta la acometida del edificio .....	44
Figura 7: FTTC. Fibra hasta la acometida hasta gabinete.....	45
Figura 8: FTTN. Fibra hasta la acometida hasta el vecindario .....	46
Figura 9: FTTN. Fibra hasta la acometida hasta el vecindario .....	46
Figura 10: Distribución de una red Óptica Pasiva .....	47
Figura 11: Elementos de una Red Óptica Pasiva .....	50
Figura 12: Tecnologías PON actualmente implantadas.....	55
Figura 13: Herraje Tipo A. Accesorio para sujetar el cable de Fibra óptica.....	56
Figura 14: Herraje Tipo B. Accesorio para sujetar cable de Fibra Óptica .....	57
Figura 15: Herraje Preformado. Accesorio para evitar puntos de compresión en cables de Fibra Óptica..	58
Figura 16: Conectores. Componentes Principales de un Conector de Fibra Óptica. ....	59
Figura 17: Conectores. Conector de Fibra Óptica tipo SC.....	61
Figura 18: Conectores. Conector de Fibra Óptica Tipo LC. ....	61
Figura 19: Conectores. Conector de Fibra Óptica tipo FC.....	62
Figura 20: Identificadores. Enlace de Fibra Proyecto AIRMAXTELECOM S.A.....	63
Figura 21: Topología Física de la Red .....	68
Figura 22: Topología Física de la Red, Distribución nodos.....	73
Figura 23: Topología Física de la Red, Distribución nodos.....	74

Figura 24: Ubicación Geográfica de los Nodos de AIRMAXTELECOM S.A .....	81
Figura 25: Ubicación Geográfica de los Nodos de AIRMAXTELECOM S.A .....	81
Figura 26: Ubicación Geográfica de los Nodos de AIRMAXTELECOM S.A .....	82
Figura 27: Ruta de interconexión enlace Ibarra - Urcuquí.....	83
Figura 28: Ruta de interconexión enlace Ibarra - Urcuquí.....	83
Figura 29: Ruta de interconexión enlace Ibarra - Urcuquí.....	84
Figura 30: Ruta de interconexión enlace Ibarra - Urcuquí.....	84
Figura 31: Posible Ruta de interconexión enlace Ibarra - Urcuquí.....	85
Figura 32: Posible Ruta de interconexión enlace Ibarra - Urcuquí.....	85
Figura 33: Posible Ruta de interconexión enlace Ibarra - Urcuquí.....	86
Figura 34: Estadística de crecimiento de Usuarios Totales en la Empresa.....	87
Figura 35: Estadística de crecimiento de Usuarios Totales en la Empresa.....	88
Figura 36: Topología de una red PON punto - multipunto .....	92
Figura 37: Arquitectura General de la Red de acceso FTTH.....	93
Figura 38: Distribución de zonas por usuarios en la Parroquia Urcuquí .....	96
Figura 39: Esquema de configuración división óptica zonas 1 y 2.....	99
Figura 40: Esquema de configuración división óptica zonas 3 y 4.....	100
Figura 41: Esquema de configuración división óptica zonas 3 y 4.....	104
Figura 42: Esquema de configuración división óptica zonas 3 y 4.....	105
Figura 43: Esquema de configuración división óptica zonas 3 y 4.....	106
Figura 44: Equipo ONT (HUAWEI HG8247).....	108
Figura 45: Topología de la red de acceso FTTH, Parroquia Urcuquí distribuida por zonas.....	114
Figura 46: Sistema GPON Dúplex tipo A.....	115
Figura 47: Ubicación del equipo OLT .....	116

Figura 48: Esquema de conexión de la red FTTH para el peor caso .....	123
Figura 49: Esquema de conexión de la red FTTH para el mejor caso .....	124
Figura 50: Ubicación del equipo OLT- Red FTTH Urcuquí .....	127
Figura 51: Zona 1- Red FTTH Urcuquí .....	128
Figura 52: Zona 2- Red FTTH Urcuquí .....	129
Figura 53: Zona 3- Red FTTH Urcuquí .....	130
Figura 54: Zona 4- Red FTTH Urcuquí .....	131

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Banda Espectral Óptica. Valores Típicos de las ventanas de acuerdo el tipo de Fibra .....	33
Tabla 2 Tolerancia de diámetros en la Fibra Óptica. ....	35
Tabla 3 Offset y no circularidad en la Fibra Óptica.....	35
Tabla 4 Tazas máximas de atenuación en una fibra óptica dependiendo de la longitud de onda. ....	37
Tabla 5 Tazas promedio de atenuación en una fibra óptica dependiendo de la longitud de onda. ....	38
Tabla 6 Recomendaciones ITU-T para fibras ópticas de telecomunicaciones.....	39
Tabla 7 Valores de Pérdida de divisor por número de Puertos .....	64
Tabla 8 Características CLOUD CORE ROUTER serie CCR1036-12G-4S .....	69
Tabla 9 Características CLOUD ROUTER SWITCH serie CRS125-24G-1S-RM.....	69
Tabla 10 Características SWITCH POE serie TS-8-PRO.....	70
Tabla 11 Características ROUTER BOARD MIKROTIK serie RB433AH mini PCI. ....	70
Tabla 12 Características ROUTER BOARD MIKROTIK serie R52Hn .....	71
Tabla 13 Características DISH ANTENA UBIQUITI serie RD-5G-30 .....	71
Tabla 14 Características ROUTER BOARD serie RB750UP .....	72
Tabla 15 Características ARC WIRELESS serie ARC-DA5830SD1 .....	72

Tabla 16 Características Base Box 5 serie RB912UAG-5HPnD-OUT .....	72
Tabla 17 Características generales de la Ciudad de Urcuquí.....	75
Tabla 18 Crecimiento Poblacional cantón San Miguel de Urcuquí.....	76
Tabla 19 Características principales del Cable de Fibra Óptica ADSS .....	80
Tabla 20 Total Usuarios Proyectados .....	88
Tabla 21 Requerimientos de Ancho de Banda actuales para diferentes servicios .....	90
Tabla 22 Estimación de Ancho de Banda futuro para diferentes servicios.....	90
Tabla 23 Distribución de Zonas de acuerdo densidad de usuarios .....	97
Tabla 24 Características de equipos OLT .....	107
Tabla 25 Distancias entre la OLT y los splitter primarios .....	112
Tabla 26 Distancias entre el splitter primarios y el splitter secundarios.....	113
Tabla 27 Distancia Total del cable de FEEDER.....	117
Tabla 28 Distancia Total del cable de DISTRIBUCIÓN.....	117
Tabla 29 Distancia Total del cable de DROP. ....	118
Tabla 30 Distancia Total para los cables FEEDER y DISTRIBUTION.....	120
Tabla 31 Distancia Total para el cable DROP. ....	121
Tabla 32 Pérdidas en Divisores Ópticos – G.671. ....	122
Tabla 33 Presupuesto de pérdida, peor y mejor caso. ....	125
Tabla 34 Inversión equipamiento activo .....	137
Tabla 35 Costo equipamiento pasivo .....	137
Tabla 36 Costo Total de equipamiento red de acceso FTTH.....	138
Tabla 37 Gastos Operativos y Administrativos .....	139
Tabla 38 Costo de Ingeniería & Instalación.....	140
Tabla 39 Costos de depreciación de equipos activos .....	141

Tabla 40 Valores por prestación del servicio planes residenciales o HOME. ....	141
Tabla 41 Valores por prestación del servicio planes residenciales o PYMES.....	142
Tabla 42 Datos de crédito Bancario.....	142
Tabla 43 Tabla de amortización por crédito financiero .....	143
Tabla 44 Flujo de Ingresos.....	145
Tabla 45 Costo de Implementación por usuario .....	146
Tabla 46 Estado de Pérdidas & Ganancias .....	147
Tabla 47 Tabla de Flujos Netos .....	150
Tabla 48 Ingresos anuales y Costos por usuarios.....	151

## CAPITULO I

### ANTECEDENTES

#### 1.1 Problema Investigado

AIRMAXTELECOM SOLUCIONES TECNOLÓGICAS S.A., es un proveedor de servicios de Internet inalámbrico (WISP), que ofrece a sus usuarios servicios de Internet y asesoría en redes informáticas con algunos años de experiencia en el mercado de las telecomunicaciones e indaga nuevas tecnologías para superar las expectativas de sus usuarios en todas sus coberturas: Cantón Ibarra (Alpachaca, Caranqui, El Sagrario, La dolorosa de Priorato, San Francisco, La Esperanza, San Antonio), Otavalo (Peguche, González Suarez, San Juan de Ilumán, San Pablo, San Rafael), Cotacachi (El Sagrario, San Francisco, Apuela, García Moreno, Quiroga), Antonio Ante (Andrade Marín, Atuntaqui, Imbaya, Natabuela), Pablo Arenas, San Blas y Urcuquí.

Actualmente la ciudad de Urcuquí, cantón San Miguel de Urcuquí, provincia de Imbabura, cuenta con servicio de conectividad a Internet que brinda la empresa AIRMAXTELECOM SOLUCIONES TECNOLÓGICAS S.A, sin embargo la calidad en los servicios se ve afectada por la congestión y saturación en los enlaces de última milla, debido a que la red que interconecta los nodos Ibarra-Urcuquí y la red de acceso con el que cuenta la empresa es inalámbrico, además de no poseer un enlace de backbone redundante.

Todos estos inconvenientes vuelven a la red limitada, en cuanto a ancho de banda y velocidad de transmisión, por lo tanto la red actual no cumple con los requerimientos y exigencias actuales de los usuarios.

## 1.2 Objetivos

**Objetivo General.** Potenciar la infraestructura de la red de acceso mediante la propuesta de diseño de la red de fibra óptica, permitiendo ofrecer servicios de mayor velocidad que responda a las necesidades de los usuarios en la parroquia Urcuquí.

### **Objetivos Específicos.**

- Realizar un estudio técnico teórico sobre las tecnologías de acceso por fibra óptica, para conocer las características, funcionamiento y beneficios que esta ofrece, siendo una herramienta indispensable para el desarrollo de este proyecto, con la exhaustiva indagación e investigación acerca de los fundamentos de transmisión de los sistemas de fibra óptica, elementos, componentes de red, aplicaciones y servicios.
- Levantar información sobre la situación actual en cuanto a infraestructura de la empresa en la planta externa IBARRA-URCUQUÍ, así como la interconexión entre los nodos Azaya y Urcuquí, mediante visitas técnicas a las zonas.
- Rediseñar la red de acceso actualmente inalámbrica a una red de acceso basada en Fibra Óptica (FTTH), 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, aplicaciones o servicios a brindar, además de definir el lugar donde se encontraran los equipos tanto de la central OLT (Optical Line Terminal) como del usuario ONT(Optical Network terminal), y conjuntamente con ello establecer la forma de despliegue de la red de fibra óptica.

- Investigar acerca de los Títulos Habilitantes otorgados por entes reguladores como SUPERTEL, SENATEL Y MINTEL encargado del desarrollo de las tecnologías de la información y comunicación en el Ecuador, haciendo cumplir el presente estudio de acuerdo con lo que dicte los entes reguladores correspondientes basándose en el Plan nacional de Banda Ancha en el Ecuador.
- Realizar el análisis Costo/Beneficio, para determinar la rentabilidad que este proyecto aportará, tanto a la empresa, como a los usuarios utilizando herramientas apropiadas para ello.

### **1.3 Justificación**

Las nuevas tendencias tecnológicas van en aumento, los requerimientos, exigencias y la demanda de los usuarios con respecto al acceso a servicios tales como: Internet de gran velocidad, aplicaciones en tiempo real, telefonía fija o video bajo demanda es cada vez mayor, por ello se vuelve necesario que los proveedores de estos servicios cuenten con redes que soporten esos requerimientos, y el medio de transmisión que vuelve esto posible, es la fibra óptica.

Por tal razón el presente proyecto, tiene como finalidad proponer una solución que ayude a superar los inconvenientes de saturación y congestión al aumentar el número de servicios de valor agregado, mediante el diseño de la red de acceso FTTH (fiber to the home) utilizando la fibra óptica como medio de transmisión, que dispone de mayores características en cuanto a capacidad, mejorando la calidad en los servicios prestados por la empresa y por lo tanto manteniendo a la misma en el mercado competitivo.

Teniendo en cuenta que AIRMAXTELECOM SOLUCIONES TECNOLÓGICAS S.A., actualmente es un WISP (Wireless Internet Service Provider), comprometido con sus usuarios y que cumple con los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir promovido por el Gobierno Nacional, es indispensable que la empresa cuente con una red de fibra óptica de backbone Ibarra-Urcuquí y su red de acceso (FTTH) en la parroquia de Urcuquí, esto ayudará a superar los requerimientos de sus usuarios, mejorando de tal manera la calidad de los servicios prestados, beneficiando a los actuales y futuros usuarios en esta zona y por lo tanto manteniendo el modelo de negocio de la empresa.

Es por todo esto, que la pertinencia de este proyecto está dirigida al entorno social ya que al brindar nuevos servicios y aplicaciones de telecomunicaciones de mejor calidad, se garantizará un acceso democrático a las TIC's con el fin de impulsar a que los usuarios estén permanentemente comunicados, para con ello cumplir con los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir y de igual manera contribuir con la inclusión digital.

## **CAPITULO II**

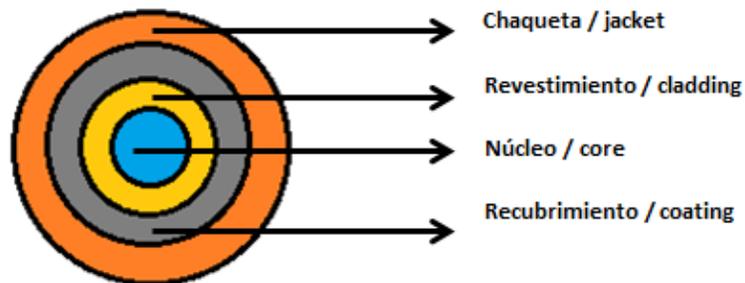
### **ESTUDIO DE LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO POR FIBRA ÓPTICA**

La necesidad de comunicación entre personas, surge desde siglos atrás, sin embargo, si hablamos de largas distancias y con esto hacemos referencia a cientos de km, la comunicación se vuelve un tanto complicada, obligando al hombre la búsqueda de mayores vías de comunicación. Es así pues que instrumentos de comunicación, como el teléfono que surge a partir del año 1876 hizo más fácil la comunicación, dando lugar a la red de telefonía convencional o fija y desde luego, la búsqueda de medios de transmisión que permitan mayores velocidades y menor latencia, fue cada vez más persistente, es por tal motivo que surgieron nuevos acontecimientos como; el evento ocurrido en el año 1960 que dio lugar al primer láser inventado por el Dr. Theodore Maiman y años más adelante la primera instalación de enlace de fibra óptica en Dorset, Inglaterra, dando lugar a la introducción de sistemas monomodo y multimodo, eventos, que marcaron sin duda alguna el nacimiento de la fibra óptica, volviéndolo al mismo, el medio de transmisión del futuro.

En la actualidad la Fibra Óptica desarrolla un papel muy importante en enlaces de cortas y grandes distancias tales como: sistemas de telecomunicaciones terrestres y marítimo (internet y telefonía), enlaces telefónicos entre centrales (a nivel local o regional), medicina, iluminación, sensado óptico (usada para medir temperatura, presión, campos magnéticos, y otros). Haciendo que el trabajo del hombre se simplifique y aumentando la eficiencia, en el desarrollo tecnológico.

## 2.1 Sistemas de Fibra Óptica

La fibra óptica es un medio que permite la comunicación entre dos puntos, origen-destino, mediante el empleo de luz que es confinada y guiada a lo largo de su viaje por el filamento de fibra óptica. Los elementos que la componen son los siguientes (Ver Figura 1).  
(Beltrán J. P., 2014)



**Figura 1:** Fibra Óptica. Estructura la Fibra óptica.

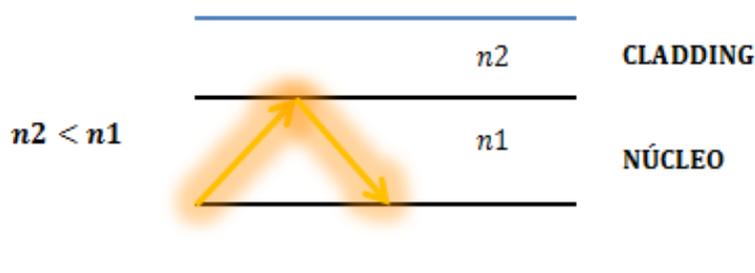
**Fuente:** Propia

- El núcleo es la región céntrica de la fibra, donde la mayoría de la luz viaja
- El revestimiento rodea al núcleo y confina la luz en el núcleo e incrementa el tamaño de la fibra para que esta sea fácilmente manejable. (Beltrán J. P., 2014)
- El recubrimiento primario, protege al revestimiento de posibles daños (físicos y mecánicos) en la superficie. Todos estos elementos permiten a la fibra retener su fortaleza intrínseca. (Beltrán J. P., 2014)

### 2.1.1 Propagación de la luz en la Fibra Óptica.

Si se considera a la fibra óptica solamente como un núcleo, se puede llegar a producir ciertas fugas ya que la luz se esparciría en forma de radiación lo cual generarían pérdidas en la

potencia óptica, para que esto no suceda el revestimiento que rodea al núcleo tiene un índice de refracción menor al del núcleo que permite confinar la luz en él y evitar dichas pérdidas. Entonces la idea de que el índice de refracción del cladding sea menor al índice de refracción del núcleo, es que la luz quede atrapada dentro del núcleo y pueda viajar por él (Ver Figura 2). (Beltrán J. P., 2014)



**Figura 2:** Fibra Óptica. Propagación de la luz en la Fibra Óptica

**Fuente:** Propia

Cuando un rayo de luz viaja por el núcleo de una fibra con un índice de refracción  $n_1$ , la velocidad del rayo  $v_1$  será menor a la velocidad de un rayo que viaje en el espacio libre  $c$ , de tal manera se consigue:

$$\text{Índice de refracción del medio } n_1 = \frac{c}{v_1} \quad \text{Ec. (1)}$$

### 2.1.2 Propiedades de la Luz.

Una de las propiedades de la luz es la longitud de onda o lambda ( $\lambda$ ) definida como la medida en [nm] de la distancia entre picos o mínimos seguidos en una onda. Este parámetro nos permite determinar el comportamiento que tendrá la luz en la fibra, atenuación y dispersión en la

<sup>1</sup>Ecuación (1).Cálculo del índice de refracción. Recuperado de: <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/giboucm/Download/INDREF.pdf>

misma. El ancho espectral es un rango de longitudes de onda centradas alrededor de una longitud central, o pico. La velocidad de la luz, denominada  $c$  es la velocidad a la que la luz viaja en el vacío. En cualquier otro material la velocidad de la luz es menor. La potencia óptica es la medida de la intensidad de la luz, esta medida puede ser absoluta o relativa. Cuando nos medimos intensidad como un nivel de potencia absoluta, usamos los términos: miliwatts (mW) o microwatts y dBm. (*Beltrán J. P., 2014*)

**Potencia Relativa.** Un dBm, es un nivel de potencia relativo a 1mW.

$$\text{dBm} = 10 \log \left( \text{nivel de } \frac{\text{potencia}}{1\text{mW}} \right) \quad \text{Ec. (2)}$$

**Potencia Absoluta.**

$$\text{dB} = 10 \log \left( \text{nuevo nivel de } \frac{\text{potencia}}{\text{nivel}} \text{ de potencia referencia} \right) \quad \text{Ec. (3)}$$

La reflexión ocurre cuando existe un cambio de la velocidad de la luz, en el límite entre el aire y el agua. 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 nuestros 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). (*Beltrán J. P., 2014*)

La refracción es otro parámetro de la luz el efecto que provoca es un doblez, en otras palabras, si observamos un lápiz en un vaso de agua desde un lado dará la impresión de que el

---

<sup>2</sup> **Ecuación (2).** Manual Curso de Redes de Fibra Óptica, Juan P. Beltrán.

<sup>5</sup> **Ecuación (3).** Potencia Absoluta, Manual Curso de Redes de Fibra Óptica, Juan P. Beltrán.

lápiz parece estar doblado. Esto ocurre porque el rayo de luz se mueve de un material a otro con diferentes velocidades. *(Beltrán J. P., 2014)*

Se puede decir de la dispersión que la luz tiende a ingresar a la fibra aproximadamente al mismo tiempo pero, no se puede decir lo mismo, de la luz que sale en el otro extremo de la fibra. Dicho en otras palabras se puede decir que la dispersión es el ensanchamiento del pulso, esto permite determinar la exactitud con la cual una fibra transmite datos.

### **2.1.3 Ventajas de la Fibra Óptica.**

- Los sistemas de fibra óptica tienen mayor capacidad debido al gran ancho de banda.
- Los sistemas de fibra óptica son inmunes a la interferencia electromagnética presentes en cables metálicos causados por la inducción magnética. *(Beltrán J. P., 2014, pág.7)*
- La Fibra óptica es inmune a la interferencia estática causada por fuentes de ruido como relámpagos, motores eléctricos, etc. *(Beltrán J. P., 2014, pág.7)*
- Al ser fabricada a altas temperaturas le permiten operar sobre un amplio rango de variación de temperatura aproximadamente (-55°C @ 85°C); garantizando su resistencia al calor o al frío y aumentando su tiempo de vida útil. *(Beltrán J. P., 2014, pág.7)*
- La fibra óptica es pequeña y liviana que sus contrapartes metálicas lo que hace más fácil de manipular y operar además de que requieren menos espacio físico. *(Beltrán J. P., 2014, pág.7)*
- Si se habla precisamente de un cable de fibra óptica, se dice que tienen una atenuación muy pequeña, permite mayores distancias sin requerir elementos repetidores o regeneradores intermedios. *(Beltrán J. P., 2014, pág.7)*

- Otra ventaja muy importante es la seguridad, ya que una intrusión en la fibra óptica es muy difícil y puede ser detectada, pues la energía luminosa percibida por el receptor se debilitaría. *(Beltrán J. P., 2014, pág.7)*
- El cable de fibra óptica tienen gran resistividad a la corrosión, los efectos que pueden causar líquidos corrosivos o gases en él son menores. *(Beltrán J. P., 2014, pág.7)*
- Al no existir voltaje ni corriente eléctrica asociados en la fibra, pueden usarse cerca de líquidos y gases volátiles como en industrias, por ejemplo, sin que produzcan explosiones o incendios. *(Beltrán J. P., 2014, pág.7)*
- Los sistemas de comunicación por fibra óptica bien diseñados se pueden expandir fácilmente. *(Beltrán J. P., 2014, pág.7)*

#### **2.1.4 Desventajas de la Fibra Óptica.**

- El proceso de conversión electro-óptico requerido en un sistema de comunicación de fibra óptica, implica un costo considerable y además un limitante en términos de velocidad de transmisión. *(Beltrán J. P., 2014, pág.8)*
- El mantenimiento, instalación y reparación de los sistemas de fibra óptica es más difícil y costoso en comparación con el sistema metálico. *(Beltrán J. P., 2014, pág.8)*
- Necesidad de equipo y personal especializado para instalación, reparación y mantenimiento de los sistemas de fibra óptica implica más costo. *(Beltrán J. P., 2014, pág.8)*

#### **2.1.5 Diámetro de Campo Modal.**

El diámetro del campo modal indica la forma de distribución geométrica de la luz y los efectos de este parámetro llamado también (MDF) son los siguientes:

- Entre más grande es MDF, más fácil es empalmar y conectorizar la fibra.
- Entre más grande el MDF, más sensible es la fibra a micro-dobladuras.
- Dependiendo de la longitud de onda que se vaya a utilizar el MDF va variar.

### 2.1.6 Tipos de Fibra Óptica.

La fibra óptica se clasifica en dos grupos: monomodo y multimodo, sin embargo; no obstante ciertos autores han dividido a la fibra óptica multimodo de índice gradual y de índice escalonado. La diferencia básica entre la monomodo y multimodo es el diámetro del núcleo y la distancia de transmisión. A continuación se presenta la nomenclatura de los valores típicos de diámetro de núcleo y revestimiento que se encuentran en las hojas de especificaciones técnicas dependiendo del tipo de fibra óptica:

<p><b>NOMENCLATURA</b></p> <p><b>Diámetro del núcleo (um)/ Diámetro del revestimiento (um)</b></p> <p><b>Multimodo: 50/125 62,5/125</b></p> <p><b>Monomodo: 8-10/125</b></p>
--

**Figura 3:** Fibra Óptica. Nomenclatura de valores típicos de la fibra óptica

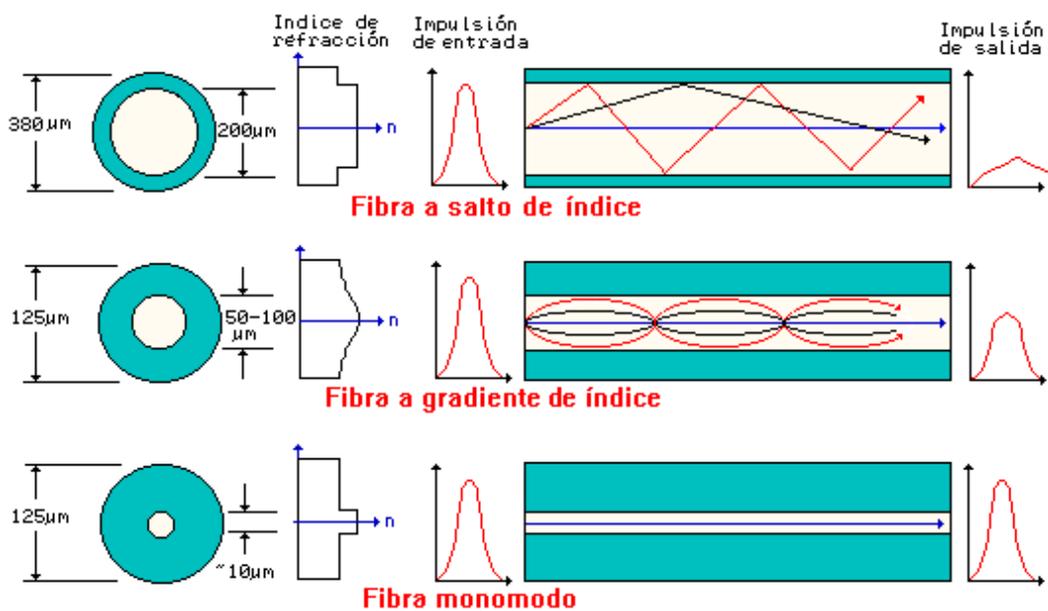
**Fuente:** Manual de Redes de Fibra Óptica (2014), Ing. Juan P. Beltrán

La palabra multimodo indica que el rayo de luz viaja múltiples rutas, inundando el núcleo de la fibra. El término monomodo indica que el rayo de luz viaja a través de una única ruta en el núcleo de la fibra. (*Beltrán J. P., 2014*)

La **fibra multimodo** de índice escalonado presenta algunas características entre ellas: el núcleo tiene una única composición química, un limitado ancho de banda, la velocidad de la luz

en el núcleo es constante, los rayos de luz arribarán en diferentes tiempos, lo que contribuye al aumento de la dispersión. Las características que presenta la fibra multimodo de índice gradual son: el núcleo está compuesto con 2500 composiciones químicas, el ancho de banda se incrementa con respecto a la de índice escalonado, las composiciones ayudan para que la velocidad de la luz en el centro del núcleo disminuya, permitiendo q los rayos de luz viajen la ruta más corta, lo que ayuda a reducir la dispersión. (Beltrán J. P., 2014)

La **fibra monomodo** permite incrementar la capacidad, es decir, provee un ancho de banda ilimitado, esto gracias a que las 2500 composiciones químicas se mantienen a lo largo de la longitud del cable. Al tener un diámetro de núcleo pequeño permite que los rayos de luz viajen en paralelo al eje de la fibra, lo que resulta, prácticamente, en la anulación de la dispersión (Beltrán J. P., 2014).



**Figura 4:** Fibra Óptica. Tipos de Fibra Óptica

**Fuente:** Tecnología en Telecomunicaciones, 2010. Recuperado de:

[http://conocimientosiptelephony.blogspot.com/2010/03/investigacion-parcial-iii-anderson-j\\_5290.html](http://conocimientosiptelephony.blogspot.com/2010/03/investigacion-parcial-iii-anderson-j_5290.html)

### 2.1.7 Parámetros Fundamentales de la Fibra Óptica.

El principio de cómo un rayo de luz puede viajar a través de la fibra óptica está basado en los conceptos de reflexión y refracción. Cuando un rayo de luz encuentra un límite de separación entre dos materiales con diferentes índices de refracción, parte del rayo es reflejado de regreso hacia el primer material y el restante es refractado cuando ingresa en el segundo material. Con respecto al índice de refracción del revestimiento y al del núcleo, el primero es ligeramente más pequeño que el del núcleo, esto resulta en la condición requerida para que la luz se propague a lo largo de la fibra. (Beltrán J. P., 2014)

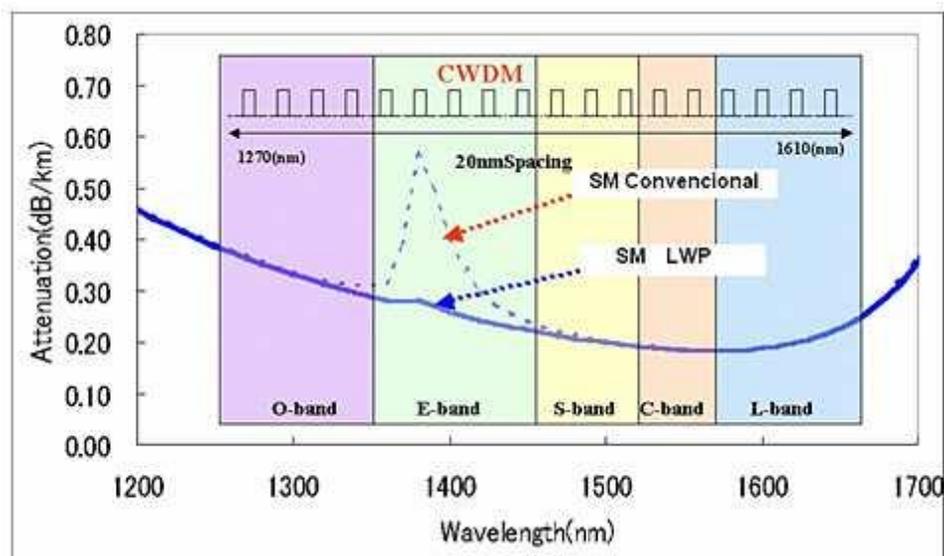
Dentro del espectro electromagnético, se encuentra el espectro óptico que abarca desde cerca de 5nm (ultravioleta) hasta 1mm (infrarrojo lejano). Las comunicaciones ópticas usan la banda espectral desde 800 a 1675nm. Según la ITU se han designado seis bandas para usar en comunicaciones por fibra óptica en distancias medias y largas dentro de la región de los 1260 a 1675nm. Las regiones son conocidas por las letras O, E, S, C, L y U, a continuación detalladas (Ver Figura 5):

**Tabla 1**

Banda Espectral Óptica. Valores Típicos de las ventanas de acuerdo el tipo de Fibra

VENTANA	TIPO DE FIBRA
1. 850nm	Multimodo
2. 1300/1310nm	Multimodo/Monomodo
3. 1550nm	Monomodo
4. 1625nm	Monomodo
5. 1330nm- 1520nm	Monomodo

\*Nota: Tabla adaptada de manual de Redes de Fibra Óptica (2014), Ing. Juan P. Beltrán



**Figura 5:** Banda espectral Óptica. Atenuación vs. Longitud de onda

**Fuente:** TELNET, 2013. Recuperado de: <http://www.telnet-ri.es/soluciones/cable-fibra-optica-y-componentes-pasivos/fibra-optica-para-redes-de-nueva-generacion-ngn/>

Los factores que influyen en la selección de la fibra óptica a considerar son los siguientes: diámetros de la fibra, imperfecciones en la fibra tales como; offset y no circularidad, además del rendimiento que nos proporciona el tipo de fibra óptica el mismo que puede verse afectado por características de dispersión y atenuación.

- ***Diámetros de la Fibra.***

No se puede esperar que el diámetro del núcleo y revestimiento tengan un valor constante a lo largo de toda la fibra, es por ello que una excesiva variación en los diámetros del núcleo puede resultar en pérdidas o problemas en una conexión. La norma **TIA/EIA 568B**, provee un rango de las tolerancias con respecto al valor del diámetro de la fibra, además este hace referencia al estándar internacional ICEA S-83-596-2011 mostrado en la siguiente tabla (Ver Tabla 2).

**Tabla 2**

Tolerancia de diámetros en la Fibra Óptica.

DIAMETRO	FIBRA MONOMODO	FIBRA MULTIMODO
NÚCLEO	$\pm 0.5, 1310\text{nm}$ $\pm 0.7, 1550\text{nm}$	$\pm 3, 850\text{nm}$ $\pm 3, 1300\text{nm}$
REVESTIMIENTO	$\pm 1\mu\text{m}$	$\pm 2\mu\text{m}$

\*Nota: Tabla adaptada del manual. Redes de Fibra Óptica (2014), Ing. Juan P. Beltrán.

- *Offset y no circularidad.*

La no circularidad se debe a una falta de perfección en la misma al no ser totalmente circular, tiende tal vez a tomar a ser ovalada, se dice del offset en el momento en que el núcleo puede estar ligeramente fuera centro del revestimiento. Ambas imperfecciones traen consigo la posibilidad de exceso de pérdidas de potencia en empalmes y conectores, lo cual da lugar a problemas de conexión. De igual manera la TIA/EIA-568-B provee valores que limitan la pérdida de conexión límite por mencionadas imperfecciones (Ver Tabla 3).

**Tabla 3**

Offset y no circularidad en la Fibra Óptica.

FIBRA	LONGITUD DE ONDA	OVALIDAD	OFFSET
Multimodo		$\leq 2\%$	$\leq 3.0$
Monomodo	<b>1310nm</b>	$\leq 1\%$	$\leq 0.6$
Monomodo	<b>1550nm</b>	$\leq 1\%$	$\leq 0.6$

\*Nota: Tabla adaptada del manual. Redes de Fibra Óptica (2014), Ing. Juan P. Beltrán

El rendimiento en la fibra óptica depende de dos principales características: dispersión y atenuación, descritas a continuación:

- ***Dispersión.***

Existen cinco tipos de dispersión: dispersión modal, cromática, material, de guía de onda y dispersión de modo de polarización. La dispersión modal ocurre cuando diferentes rayos de luz arriban al final de la fibra en diferentes tiempos debido a las dispares rutas de viaje. Esta ocurre en fibras multimodo. (*Beltrán J. P., 2014*)

La dispersión cromática ocurre debido al ancho espectral de la fuente de luz, ya que las fuentes de luz emiten un rango de longitudes de onda y cada una viajan ligeramente a velocidades diferentes, aún si todos los rayos en el pulso están viajando en la misma longitud de ruta, los rayos arriban a diferentes tiempos al final de la fibra. Estas afectan a fibras multimodo y monomodo. (*Beltrán J. P., 2014*)

La dispersión de material no se puede eliminar como en dispersiones modal o cromática, ocurre en el núcleo debido a su naturaleza, esta dispersión limita en ancho de banda y distancia de transmisión a las fibras ópticas y ocurre en fibras monomodo y multimodo. Cuando nos referimos a la luz en forma de onda de energía o campo, ésta tiene dos componentes de modo (vertical y horizontal), la energía en estos dos componentes se desplazan en diferentes velocidades, resultando una dispersión adicional conocida como dispersión modal por polarización o (PMD). PMD se vuelve importante entre 2.5 y 10 Gbps a grandes distancias de transmisión. (*Beltrán J. P., 2014*)

- **Atenuación.**

Se refiere a la pérdida de potencia la cual está especificada en unidades de dB/km, la atenuación limita la distancia de transmisión, si la pérdida de potencia a través de la fibra es excesiva, no habrá suficiente potencias en el receptor.

La atenuación disminuye mientras la longitud de onda incrementa y el diámetro de núcleo sea menor.

En un diseño se debe considerar usar la máxima atenuación especificada, para una instalación se debe considerar usar la máxima y típica atenuación para calcular el valor de aceptación que el instalador no debe exceder para una máxima confiabilidad después de la instalación. Por ello el estándar TIA/EIA-568-B nos indica las tazas máximas y tazas promedio de atenuación especificadas en la siguiente tabla (Ver Tabla 4 y Tabla 5).

**Tabla 4**

Tazas máximas de atenuación en una fibra óptica dependiendo de la longitud de onda.

Longitud de onda [nm]	Diámetro de núcleo, [um]	Taza de atenuación, [dB/Km]
<b>850</b>	62.5	3.5
<b>850</b>	50	3.5
<b>1300</b>	62.5	1.5
<b>1300</b>	50	1.5
<b>1310</b>	8,2	0.5, 1.0
<b>1550</b>	8,2	0.25

\*Nota: Tabla adaptada. Tazas máximas de atenuación de acuerdo a la TIA/EIA-568-B.

**Tabla 5**

Tazas promedio de atenuación en una fibra óptica dependiendo de la longitud de onda.

Longitud de onda nm	Diámetro del núcleo, um	Taza de atenuación, dB/Km
<b>850</b>	62.5	2.8 – 3.0
<b>850</b>	50	2.5 – 2.7
<b>1300</b>	62.5	0.7
<b>1300</b>	50	0.7
<b>1310</b>	8,2	0.3 – 0.35
<b>1550</b>	8,2	0.20

\*Nota: Tabla adaptada. Tazas máximas de atenuación de acuerdo a la TIA/EIA-568-B.

### 2.1.8 Tipo y funciones de Empresas de Telecomunicaciones.

Existen básicamente tres tipos de empresas en el sector de las telecomunicaciones; operadores, carriers e ISP's, a continuación se describe cada uno de ellos.

- *Operadores*, son aquellas personas naturales o jurídicas que cuentan con una concesión para proveer servicios de telecomunicaciones otorgados por entes u organismos de control.
- *Carrier*, puede ser una persona o entidad ocupado en la transmisión o switcheo de comunicaciones electrónicas o cableadas.
- *ISP*, es una compañía que ofrece acceso a Internet normalmente por una cuota, cancelada por el usuario, la conexión típicamente es a través del telefónico (módem) o una conexión banda ancha. En el sector de las telecomunicaciones es común toparse con la palabra contratista, que define a la persona o entidad contratada por otra organización para que asuma la función de proporcionar todos los materiales entre ellos el equipo y la mano de obra necesarios para que un proyecto se ejecute.

### 2.1.9 Topologías de Red.

La topología de una red significa la manera o forma de interconexión entre los equipos que forman una red. Las redes de datos tienen dos tipos de topologías: física y lógica. La topología física depende de cómo conecte los equipos el administrador de la red y la topología lógica es la forma en que los equipos se comunican a través del medio. Dentro de la topología física encontramos:

- Topología en estrella
- Topología en Bus
- Topología en Anillo

Dentro de la topología lógica tenemos:

- Topología Broadcast
- Topología por transmisión de Tokens

### 2.1.10 Tipos de Fibra Óptica Monomodo.

La fibra monomodo ha evolucionado durante los últimos años, la ITU-T, define ciertas recomendaciones para fibra ópticas de telecomunicaciones (Ver Tabla 6).

**Tabla 6**

Recomendaciones ITU-T para fibras ópticas de telecomunicaciones.

ITU-T Rec. No	Descripción
<b>G.651</b>	Fibra multimodo para uso a 850nm en un campus
<b>G.652 a, b</b>	Fibra SM estándar (1310nm optimizada)
<b>G.652c</b>	Fibra Low-water-peak (LWP)
<b>G.652d</b>	Fibra LWP y Low dispersión para PON

ITU-T Rec. No	Descripción
<b>G.654</b>	Para aplicaciones submarinas de larga distancia
<b>G.655 a, b</b>	Non zero dispersion shifted fiber NZDSF for long haul
<b>G.656</b>	Low chromatic dispersión fiber para CWDM

\*Nota: Tabla adaptada del manual. Redes de Fibra Óptica (2014), Ing. Juan P. Beltrán

Para todas las fibras, la dispersión y atenuación varían con la longitud de onda. La longitud de onda óptima en una fibra monomodo es la (ZDW por sus siglas en inglés) o longitud de onda cero dispersión en la que la fibra exhibe su mínima dispersión y máxima capacidad de ancho de banda. Entre más lejana la longitud de onda desde la ZDW, más alto será la dispersión. (Beltrán J. P., 2014)

- **Fibra NDS (G.652).**

Este tipo de fibra tiene una ZDW en 1310nm, se podría trabajar también en 1550nm, pues se tiene una atenuación baja, sin embargo, la tasa de dispersión para 1550nm aumenta aproximadamente de 4-5 veces la de 1310nm. Por lo tanto entre menor atenuación, mayor distancia, entre mayor dispersión menor distancia. NDS puede transmitir en ambas longitudes de onda 1310nm y 1550nm, simultáneamente cada una cargando una señal diferente. (Beltrán J. P., 2014)

- **Fibra DS (G.654).**

Debido a que provee baja atenuación y baja tasa de dispersión a 1550nm mediante un cambio de diseño que cambia la ZDW de 1310nm a 1550nm. Sin embargo es aconsejable trabajar o usar una o dos longitudes de onda, ya que cuando múltiples longitudes de onda cercanamente separadas viajan en una fibra DS las longitudes de onda tienden a interactuar entre

ellas, creando nuevas longitudes de onda, lo que derivará en ruido y errores de señal. (Beltrán J. P., 2014)

- **Fibra NZDS (G.655).**

Esta fibra es usada predominantemente por carriers de larga distancia, puesto que el uso de esta fibra está destinado para utilización en sistemas DWDM. Adicionalmente esta fibra tiene ZDW operando cerca de 1550nm, esto logró eliminar las interacciones entre múltiples longitudes de onda permitiendo a operadores lanzar 200 diferentes longitudes de onda en una única fibra. (Beltrán J. P., 2014)

- **Fibra G.652D.**

Desde su creación a los mediados de los 80s, la fibra monomodo tenía alta atenuación causada por la absorción de iones OH durante el proceso de manufacturación. Esta región está centrada en 1383nm y puede esparcirse hasta 1360nm y 1480nm, conocido también por la región E. (Beltrán J. P., 2014)

A pesar de que esta fibra es la misma que G.652 fue optimizada para transmitir en la banda E, siendo ideal para futuras aplicaciones WDM, se la conoce también como la fibra de bajo pico de agua (LWP) o fibras cero pico de agua (ZWP).

- **Fibra G.657.**

Esta fibra es ideal para instalaciones donde el espacio se convierte en un desafío debido a la alta densidad de usuarios y cantidad de cables siendo instalados. Además de facilitar la

manipulación y manejar requerimientos de pequeños anchos de curvatura. Existen 2 clases: A y B. (Beltrán J. P., 2014)

La clase A define los atributos necesarios para soportar instalaciones de red de acceso, optimizado con respecto a las pérdidas de macro curvatura. (Beltrán J. P., 2014)

La clase B provee los atributos necesarios para el soporte en instalaciones de red de acceso pero con muy pequeño radio de curvatura o micro curvaturas, puede ser usada en instalaciones internas y externas. (Beltrán J. P., 2014)

### **2.1.11 Áreas de aplicación de la Fibra Óptica.**

Debido a la gran capacidad que provee la Fibra óptica, es posible decir que los sistemas de fibra óptica llevan el 85% de las comunicaciones a nivel mundial, generando variedad de aplicaciones entre ellas tenemos:

- ***Submarino.***

Las aplicaciones submarinas hacen uso de este medio de transmisión, especialmente el uso de la fibra monomodo NZDS, operando en la ventana de 1550nm. Las fibras ITU-T G.655 NZDS son optimizadas para aplicaciones DWDM.

- ***Larga distancia (Long Haul).***

Donde predomina la fibra monomodo ITU-T G.655 NZDS operando a 1550nm.

- ***Corto Alcance (Short Haul).***

Por lo común se usa G.652 operando a 1310nm para compañías de teléfono, CATV, servicios públicos y sistemas militares. Puesto que DWDM es optimizado a 1550nm, crecimientos futuros en áreas urbanas probablemente usaran fibras NZDS.

- ***Subscriber (FTTx).***

Estas aplicaciones continuarán con el uso de las fibras G.652 para cumplir las recomendaciones FTTx. (*Beltrán J. P., 2014*)

- ***Edificios / Campus.***

La mayoría de redes de fibra que incluyen aplicaciones de voz, video y datos usarán las fibras ópticas multimodo de láser optimizado 62.5/125 y 50/125. Las nuevas redes de alta velocidad como Gigabit Ethernet usarán fibras monomodo para necesidades de alto ancho de banda y backbone. (*Beltrán J. P., 2014*)

## **2.2 Tecnología FTTx – Red de Acceso**

Las tecnologías de transmisión, permiten a usuarios comunicarse con empresas que ofertan servicios de telecomunicaciones sean estas de gran o pequeña escala.

Una red de Acceso FTTX, no es más que una red basada en el despliegue de cable de fibra óptica que llega a determinada distancia del usuario final. Volviendo a la red de acceso como tal una red de mayor velocidad con respecto a su contraparte, una red de cobre.

A continuación se presenta la descripción básica de la terminación que otorga la tecnología FTTx.

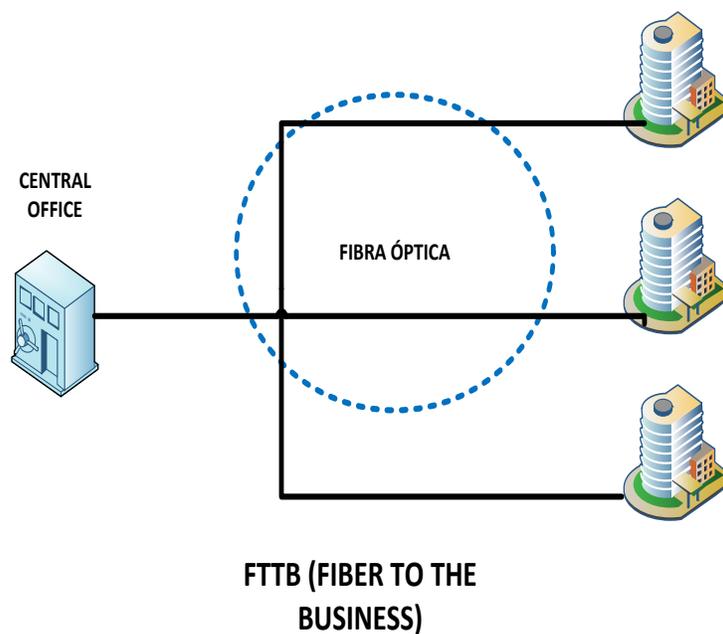
### **2.2.1 Tecnología FTTx – Descripción del Sistema.**

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:

- ***FTTB (Fiber to the business).***

Se refiere al despliegue de fibra desde el nodo directamente hacia la acometida del edificio.

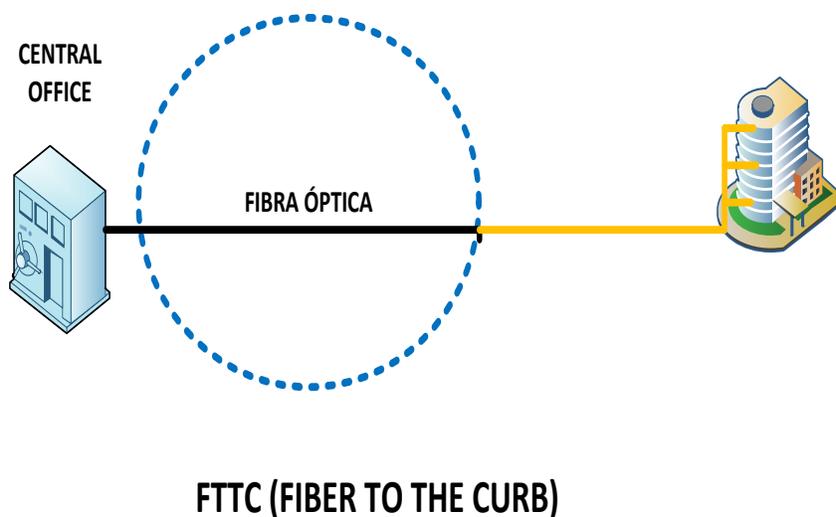


**Figura 6:** FTTB. Fibra hasta la acometida del edificio

**Fuente:** Propia

- ***FTTC (Fiber to the curb).***

Describe los cables de FO desde la CO o central office hasta un switch de comunicación localizado dentro de 300m entre la casa o empresa y el nodo.



**Figura 7:** FTTC. Fibra hasta la acometida hasta gabinete

**Fuente:** Propia

- ***FTTO (Fiber to the Office).***

Es análogo a FTTB en la cual la ruta óptica es provista todo el camino hasta la premisa del cliente, para entornos de oficina moderna.

- ***FTTU.***

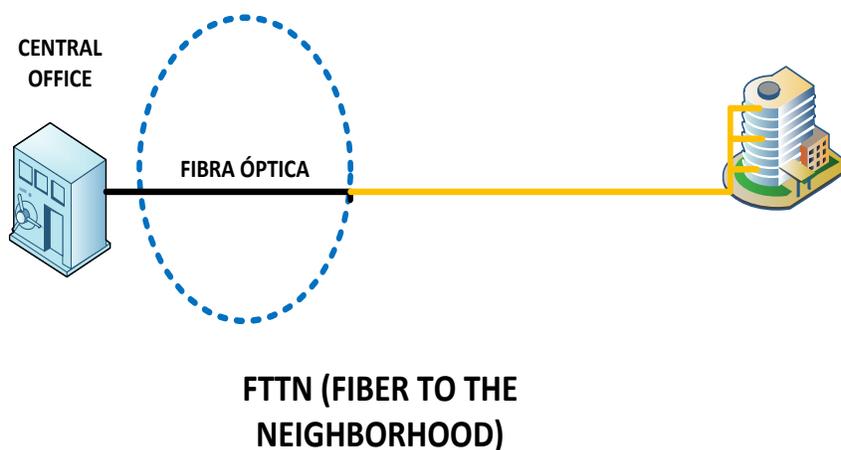
Es el término usado por Alcatel para describir los productos para aplicaciones FTTB y FTTH.

- ***FTTP (Fiber to the premise).***

Ha llegado a ser el término prevalente que reúne varios conceptos FTTx. FTTP incluye FTTB y FTTH. Una red FTTP puede usar tecnología BPON, EPON o GPON.

- ***FTTN (Fiber to the neighborhood).***

Se refiere a la arquitectura PON en la cual el cable óptico va hacia 1Km de los hogares o negocios siendo servidos por la red.

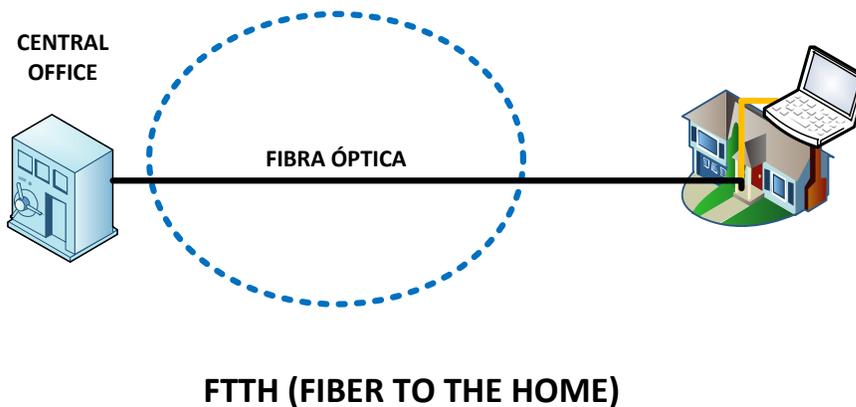


**Figura 8:** FTTN. Fibra hasta la acometida hasta el vecindario

**Fuente:** Propia

- **FTTH (Fiber to the home).**

Se refiere al despliegue de Fibra Óptica desde un nodo directamente hasta el hogar.



**Figura 9:** FTTH. Fibra hasta la acometida hasta el vecindario

**Fuente:** Propia

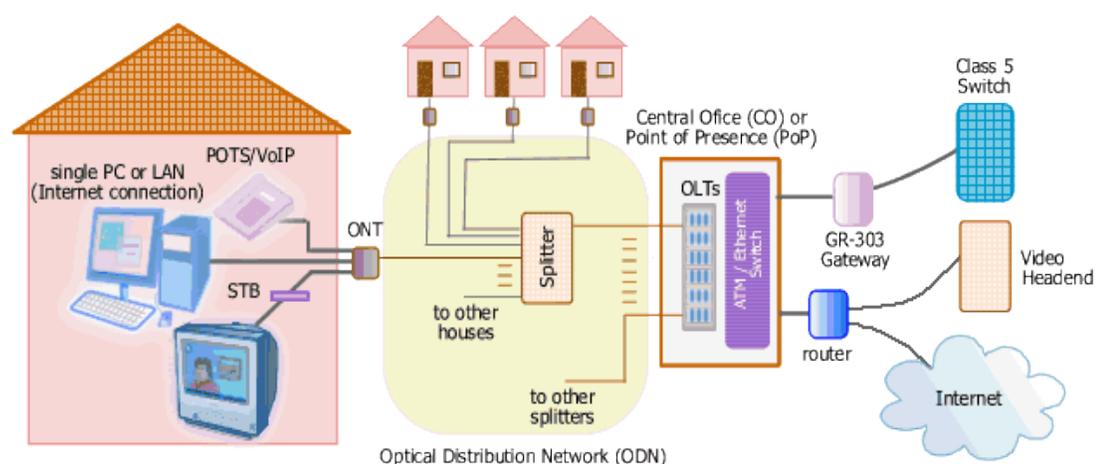
### 2.2.2 Características.

La tecnología FTTH plantea el uso de la Fibra Óptica hasta domicilio del usuario final, por lo tanto la interconexión entre el último nodo de distribución y el usuario final puede

ejecutarse mediante una o dos fibras dedicadas a cada usuario, esto se lo realiza mediante la configuración (PTP) punto a punto ó (P2MP) punto multipunto.

La configuración PTP suministra un ancho de banda mayor, sin embargo se requiere cables con mayor número de fibras aumentando el requerimiento de más emisores láser en cada uno de los equipos de borde.

Por otro lado, la configuración P2MP, nos permite el uso de elementos pasivos denominados Splitter, elemento principal en lo que a redes PON se refiere. El Splitter no es más que un divisor de haz de luz y lo distribuye hacia múltiples fibras, lo que resulta en un requerimiento bajo de fibras.



**Figura 10:** Distribución de una red Óptica Pasiva

**Fuente:** CONNIQ.COM, 2005-2012. Recuperado de: [http://www.conniq.com/InternetAccess\\_FTTH.htm](http://www.conniq.com/InternetAccess_FTTH.htm)

### 2.2.3 Aplicaciones.

Las aplicaciones de la fibra óptica son innumerables ya que sus características lo hacen posible, una de ellas es el alcance que pueden proveer, importante en áreas suburbanas zonas en las que hogares se encuentra relativamente dispersos, en este caso la fibra óptica juega un papel

importante ya que la capacidad de ancho de banda no se ve limitado ni restringido. Por ello la demanda de nuevos servicios de telecomunicaciones con mayor ancho de banda por parte de los usuarios es cada vez mayor, entre estos servicios encontramos los siguientes:

- Televisión en Alta definición (HD)
- Almacenamiento Virtual en la Nube
- Videoconferencias
- Conexión de Datos
- Video Bajo demanda

Estas son algunas de las aplicaciones que la fibra óptica puede hacer posible que cada usuario desde la comodidad de su hogar o ya sea su oficina, pueda tener.

### **2.3 Tecnología PON – Red de Acceso**

La principal característica de la tecnología PON (Passive Optical Network), es que no existe ningún elemento activo entre la oficina central y la localidad del cliente. Lo cual provee ciertas ventajas a los operadores tales como: ahorros en mantenimiento, eliminando así la necesidad de suministro de energía y administración de elementos activos en la planta externa.

El elemento principal en una red PON, es el Splitter, el cual funciona como un multiplexor, es decir, divide al haz de luz que entra por él y lo distribuye hacia múltiples fibras, lo que hace que el cable que viene desde la central de comunicaciones no tenga un gran número de fibras. (*Beltrán J. P., 2014*)

#### **2.3.1 Elementos de una red PON.**

Los elementos principales y generales, elementos que conforman una red PON son los que enumeraremos a continuación:

- ***OLT (Terminal de Línea Óptica).***

Ubicada donde el 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. (Beltrán J. P., 2014)

- ***ONT (Terminal de Red Óptica).***

Ubicada en el usuario final, termina la red óptica pasiva y presenta los diferentes servicios al usuario. Servicios que pueden incluir: POTS o VoIP, datos, video, telemetría, etc.

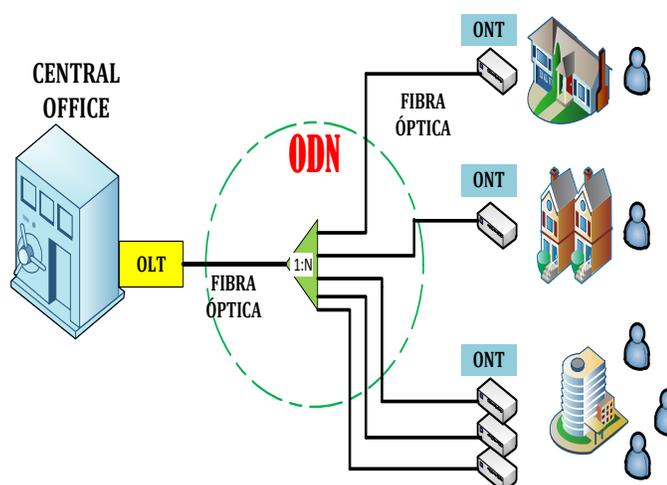
- ***ODN (Red de Distribución Óptica).***

Es todo lo que existe entre los equipos activos de una red PON, la ODN está conformada básicamente por: splitters ópticos, cables de Fibra Óptica y elementos de protección de fusión y para derivación de ruta. (Beltrán J. P., 2014)

Es la parte más importante a considerar en el diseño de una red PON, ya que en la ODN es donde se presentan la mayor parte de pérdidas en un sistema PON, su despliegue y mantenimiento es más costoso, requiere una consideración importante en Ecuador debido a restricciones por entes de control con lo que al plan de soterramiento de cables se refiere, esto implica gastos en obra civil, pago de impuesto en el caso de tendidos de cables, otra consideración muy importante a tomar en cuenta es que el diseño de la ODN debe ir de la mano con la política de la empresa.

Las redes PON son redes compartidas, significa que todo el tráfico de bajada es visto por todas las ONT, pero cada ONT lee el mensaje que le corresponde únicamente a ella, esto mediante una descriptación realizada en el destino, brindando con ello seguridad y

confidencialidad de la información. Además de esto las redes PON permiten compartir un medio físico en común, para ello se requiere un mecanismo anti colisiones entre la OLT y las ONT, pero que garantice el ancho de banda a cada uno de sus usuarios, TDMA (Acceso múltiple por división de tiempo).



**Figura 11:** Elementos de una Red Óptica Pasiva

**Fuente:** Propia

### 2.3.2 Estándares PON.

Según EXFO (2013), PON es usada en redes FTTH (Fibra hacia el hogar), puesto que las redes PON utiliza una red óptica pasiva permitiendo que FTTH se vuelva una red económica, adicional a esto FTTH permite a los proveedores brindar mayor número de servicios, con un mayor ancho de banda y a los usuarios, gozar de esos servicios. De igual manera que otras tecnologías las redes PON han ido evolucionando con el transcurso de los años y pues entes reguladores como la ITU-T se encargó de estandarizarlos, empezando por: APON (ATM Passive Optical Network), BPON (Broadband PON), GPON (Gigabit PON), EPON (Ethernet PON) que en el transcurso del documento iré detallando.

### **2.3.3 APON (ATM Passive Optical Network).**

“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”. (*Guevara Henao, 2010, pág.1*)

### **2.3.4 BPON (Broadband PON).**

“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. Aparte de ser una mejora de A-PON también basa su arquitectura en dicha tecnología. Broadband-PON se define en varias revisiones al estándar ITU-T 983 de las cuales están desde la G.983.1 que es la original de esta tecnología, hasta la G.983.8. La especificación G.983.1 de B-PON define una arquitectura de forma simétrica, es decir, que la velocidad para la transmisión de datos en el canal de bajada es el mismo para el canal de subida (155 Mbps)”. (*Guevara Henao, 2010, pág.2*)

### **2.3.5 GEAPON (Gigabit Ethernet PON).**

“Gigabit Ethernet – PON, Es un sistema diseñado para el uso en las telecomunicaciones y combina las tecnologías Gigabit Ethernet y Passive Optical Network. Este sistema facilita en gran medida la llegada con Fibra hasta los abonados ya que los equipos con los que se

accede son más económicos al usar interfaces Ethernet. Las redes GEPON están distribuidas así: OLT (Línea Terminal Óptica) los cuales están conectados a las redes IP u otras por un extremo, luego están las ODN (Redes de Distribución Óptica) de la cual se desprenden los POS (Splitter Óptico Pasivo), y estos le dan acceso a los ONU (Unidad de Red Óptica), los cuales brindan el servicio a cada abonado”. (*Guevara Henao, 2010, pág.2*)

### **2.3.6 EPON (Ethernet PON).**

“Ethernet – PON es un sistema desarrollado por un grupo de estudio de la IEEE de Ethernet en la última milla (EFM). Este sistema se basa principalmente en el transporte de tráfico Ethernet en vez del transporte por medio de celdas de ATM, que en muchos casos resulta ser muy ineficiente. Este sistema aplica los beneficios que trae, usar la fibra óptica en el transporte vía Ethernet. EPON se apega a la norma de IEEE 802.3 y funciona con velocidades de Gigabit, por lo cual la velocidad con la que dispone cada usuario final depende del número de ONU’s que se interconecten a cada OLT. Una ventaja de este sistema es que ofrece QoS (Calidad del servicio) en ambos canales (Downstream y upstream)”. (*Guevara Henao, 2010, pág.3*)

### **2.3.7 GPON (Gigabit PON).**

“Es una evolución de BPON, ya que aumenta la capacidad, es decir, soporta tasas altas, aumenta la distancia, aumenta el número de ONT, seguridad mejorada y elección del protocolo capa 2(ATM, Ethernet), permite la transmisión de celdas ATM y de paquetes Ethernet sobre el mismo sistema. Maneja tasas de hasta 2.48Gbps downstream y 1.24Gbps upstream para ATM y 1Gbps para Ethernet. Permite hasta 64 ONT. Esta tecnología no solo ofrece mayores velocidades sino que también da la posibilidad a los proveedores de servicios de continuar brindando sus

servicios tradicionales sin necesidad de tener que cambiar los equipos para que sean compatibles con esta tecnología. Esto se da gracias a que GPON usa su propio método de encapsulamiento (GEM o Método de Encapsulamiento GPON), el cual permite el soporte de todo tipo de servicios. GPON también permite OAM avanzado, logrando así una gran gestión y mantenimiento desde las centrales hasta las acometidas. La arquitectura básica de las Redes GPON consta de un OLT (Línea Terminal Óptica) cerca del operador y las ONT (Red Terminal Óptica) cerca de los abonados con FTTH". (*Guevara Henao, 2010, pág.2*).

La recomendación por parte de la UIT-T G.984.1 describe las características generales de las redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit. Esta recomendación aprobada en el año 2003, especifica los elementos que conforman una red GPON, así pues, la OLT (terminación de línea óptica), misma ubicada en el nodo o en la oficina central del operador, la ONT (terminación de red óptica) ubicada cerca del usuario, la ODN (red de distribución óptica), así también como las interfaces de red entre ellas; UNI (interfaz de usuario-red) y SIN( interfaz de nodo de servicio), además describe la arquitectura de la red de acceso óptico, el alcance óptico que esta tecnología puede proveer, entre otros. A continuación se describen algunos términos definidos por la recomendación UIT-T G.984.1:

- **OAN (red de acceso óptico)**

El conjunto de enlaces de acceso que comparten las mismas interfaces del lado red y están soportados por sistemas de transmisión de acceso óptico. La OAN puede incluir varias ODN conectadas a la misma OLT. (*Rec. UIT-T G.984.1*)

- **OLT (terminación de línea óptica)**

Es la que proporciona la interfaz del lado de la OAN, y puede estar conectada a una o varias ODN. *(Rec. UIT-T G.984.1)*

- **ONT (terminación de red óptica)**

La ONT proporciona la función de puerto de usuario. Por lo tanto el acceso a diferentes servicios, brindados por la operadora. *(Rec. UIT-T G.984.1)*

- **ODN( optical distribution network)**

La ODN proporciona el medio de transmisión óptica desde la OLT hasta los usuarios y viceversa, utilizando componentes pasivos. *(Rec. UIT-T G.984.1)*

- **SIN (interfaz nodo-servicio)**

Es la interfaz que proporciona el acceso del cliente a un nodo de servicio (SN). *(Rec. UIT-T G.902).*

- **SN (nodo de servicio)**

El nodo de servicio, es un elemento que proporciona el acceso a distintos servicios de telecomunicaciones que pueden ser permanentes y/o conmutados. En este último caso de los servicios con conmutación, el SN proporciona el acceso a llamadas, señalización de control de la conexión así como la conexión de acceso y el manejo de recursos. *(Rec. UIT-T G.902)*

- **UNI(interfaz usuario-red)**

Definida como la interfaz entre el equipo terminal y una terminación de red, en los que se aplican los protocolos de acceso. *(Rec. UIT-T I.112)*

- **Alcance Lógico**

Se define como la distancia máxima entre ONU/ONT y OLT salvo el límite de la capa física. En GPON, el alcance lógico máximo es de 60 km. (*Rec. UIT-T G.984.1*)

- **Alcance Físico**

Se define como la distancia física máxima entre la ONU/ONT y la OLT. En GPON, se definen dos opciones para el alcance físico: 10 km y 20 km (*Rec. UIT-T G.984.1*). Por sus excelentes prestaciones las redes PON, han sido implantadas en varios lugares del mundo, puesto que la utilización del cable de fibra óptica reduce significativamente los costos de equipo como de mantenimiento. A continuación se presenta la figura una comparativa de las características principales de las redes PON:

Tipo	PON de banda ancha (BPON)				GPON (PON con capacidad de 1 Gigabit)				EPON (PON Ethernet)			
					GPON		GPON-ERG					
Norma	Serie ITU-T G.983				Serie G.984		G.984.6		IEEE 802.3ah			
Protocolo	ATM				Ethernet, TDM, TDMA				Ethernet			
Servicios	Voz, datos, vídeo				- Voz, datos - Triple uso - Intercambio de archivos, aprendizaje remoto, tele-medicina, IPTV, vídeo bajo demanda				Triple uso			
Distancia física máxima (OLT a ONT)	km	20				20		Hasta 60 (distancia ODN)		1000BASE-PX10: 10 1000BASE-PX20: 20		
Relación de división		hasta 32				hasta 64		16, 32 o 64 (restringida por pérdida de ruta)		1x16 1x32 (con FEC o DFB / APD)		
		Descendente OLT Tx		Ascendente ONU Tx		Descendente	Ascendente	Descendente	Ascendente	Descendente	Ascendente	
Velocidad de transferencia de bits nominal	Mbit/s	155.52 622.08	1244.16	155.52	622.08	1244.16 / 2488.32	155.52/622.08/ 1244.16	2488.32	1244.16	1000	1000	
Banda de longitud de onda operativa	nm	1480-1580	1480-1500	1260-1360 (MLM1, SLM) 1280-1350 (MLM2) 1288-1338 (MLM3)	-1480-1500 (banda de mejora para vídeo)	-1550-1560 (banda de mejora para vídeo)	1260-1360 Posibilidad de utilizar longitudes de onda de banda C más cortas de forma descendente y 1550 nm de forma ascendente	1480-1500 (Banda básica)	OEO (ONU EXT): 1260-1360	OEO (OLT EXT): 1290-1330	OA: 1300-1320 (DBF)	100BASE-PX10: Descendente: 1490 nm + PIN Rx Ascendente: 1300 nm (óptica FP de bajo coste + PIN Rx) 100BASE-PX20: Descendente: 1490 nm + APD Rx Ascendente: 1300nm (óptica DFB + PIN Rx)
ORL <sub>máx</sub>	dB	>32				>32				15		

**Figura 12:** Tecnologías PON actualmente implantadas.

**Fuente:** EXFO 2013, Guía FTTH PON

## 2.4 Elementos necesarios para el despliegue de cable de Fibra Óptica en Planta Externa.

A continuación se señalan algunos de los elementos utilizados en el despliegue de una red de Fibra Óptica, previo diseño y que serán indispensables para la protección como para la manipulación del cable e hilos de fibra Óptica.

### 2.4.1. Herrajes Tipo A

Estos accesorios cuyo material es el acero galvanizado cumplen la función de mantener el cable sujeto al poste, y su uso suele darse al inicio y final de un trayecto aéreo, luego de haber usado dos herrajes de paso consecutivo en trayectos que tienden a formar una línea recta, en los extremos de un cruce de un río o una quebrada y cuando exista un cambio de dirección. (*Beltrán J. P., 2014*)



**Figura 13:** Herraje Tipo A. Accesorio para sujetar el cable de Fibra óptica

**Fuente:** JAHEN, Telecomunicaciones del Ecuador S.A. Herraje Tipo A para Fibra Óptica. Recuperado de:

<http://www.jahentelecom.com/pdf/HOJASINFOTECNICA4.pdf>

### 2.4.2. Herrajes Tipo B

Este es otro tipo de herraje construido de tal manera que sostiene el cable sin estrangularlo, pues su interior blando está cubierto de caucho permitiendo albergar parte del cable, cumpliendo la función de una especie de caja de paso. (Beltrán J. P., 2014)

Este tipo de herraje es utilizado mayoritariamente, en tramos cortos o en tramos rectos, puede ser colocado en el poste cuando no haya cambios bruscos de dirección uno por poste.

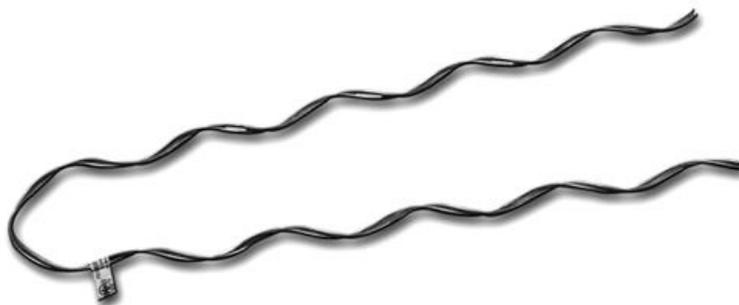


**Figura 14:** Herraje Tipo B. Accesorio para sujetar cable de Fibra Óptica

**Fuente:** ELECTROSUR, Materiales Herrajes, Recuperado de: <http://www.electrosur.com.ec/paginas/herraje2.htm>

### 2.4.3. Herraje Preformado

Herraje perfecto para el agarre de un cable ADSS, pues reduce el riesgo de que las fibra se compriman evitando que estas lleguen a romperse, además es indispensable en condiciones de vibraciones severas reduciendo esfuerzos dinámicos, evitando puntos de compresión concentrados que pueden dañar las fibras ópticas. (Beltrán J. P., 2014)



**Figura 15:** Herraje Preformado. Accesorio para evitar puntos de compresión en cables de Fibra Óptica

**Fuente:** PLP Argentina, Retención, Recuperado de: <http://www.plp.com.br/ar/operaciones-internacionales/item/122-retenci%C3%B3n-preformada-de-distribuci%C3%B3n-dg>

#### 2.4.4. Conectores

Estos elementos cumplen la función de terminación de la Fibra Óptica, transformándose en un medio mecánico para activas dispositivos tales como: transmisores, receptores y cables en enlaces operativos. (*Beltrán J. P., 2014*)

La primera tarea que debe cumplir el conector es proveer protección mecánica y ambiental a la unión acoplada.

La segunda es brindar mayor facilidad en cierto momento en los que se realizan pruebas pues facilita que el técnico operador, pueda manipular la fibra óptica de tal modo que no se produzca daño alguno a este medio de transmisión. En cuestión de pérdidas un conector inyecta una pérdida inferior a 0.75 dB y para aplicaciones monomodo de alta velocidad se tiene una pérdida de 0.5 dB, estas pérdidas son producida por un acople inexacto de las fibras y por la condición en los extremos de la fibra óptica.

La tercera tarea de un conector es minimizar las reflexiones, pues las características ideales en un conector son las siguientes:

- Físicamente es pequeño.
- Su construcción debe ser fuerte.
- Ofrecer suficiente protección a la fibra óptica.
- Es importante los ciclos de conectividad o repetitividad es decir permitir que se den varias veces que yo conecte y desconecte sin que el elemento presente daños.
- Otro aspecto obviamente es el costo pues un buen conector, con un costo moderado, será de gran utilidad.
- Tener bajos valores de reflectancia.



**Figura 16:** Conectores. Componentes Principales de un Conector de Fibra Óptica.

**Fuente:** TELCOTEC. Recuperado de: <http://www.telcotec.cl/content/13-conectores-fibra-optica-telcotec-chile>

Los principales componentes de un conector son los siguientes (Ver Figura 16).

*Boot:* Diseñado para proveer ajuste al cable en la interface conector/cable.

*Férula:* Parte de precisión que provee el centrado y estabilización de la fibra. La fibra es retenida en esta parte. Usualmente esta parte consiste en un material fuerte como la cerámica.

*Cuerpo:* Esta parte típicamente de metal o plástico provee el centrado y estabilización de la fibra.

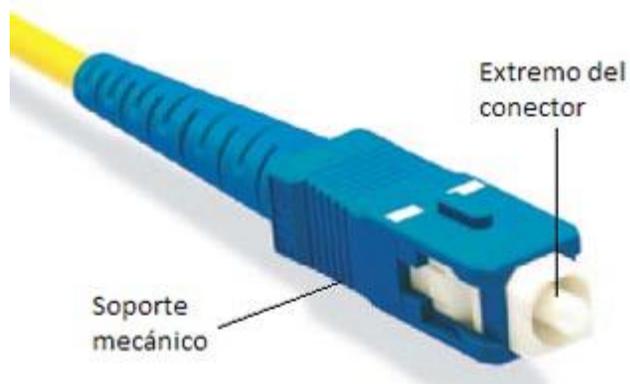
*Tapa Protectora:* Esta parte es indispensable pues protege a la férula de exposiciones a condiciones ambientales como el polvo, que puede introducir pérdidas.

Lo que se tiene que observar en un conector son los siguientes parámetros y estos están establecidos por sector de estandarización:

- ❖ Baja pérdida (atenuación)- 0.5 dB por ITU-T.
  - ❖ Repetitividad – 0.2dB por Telecordia GR-326-CORE.
  - ❖ Fuerza.
  - ❖ Reflectividad -35 dB por ITU-T G.671.
- 
- **Subscriber Conector (SC)**

Este conector tiene una pérdida de inserción de 0.50 dB (ITU-T G-671), el cuerpo del conector sujeta bien la fibra a la férula, esto se logra por una especie de pegamento llamado epoxy o pegamento al frío, evitando que la fibra se mueva, impidiendo daños como corrosión a la misma y garantiza que no existan pérdidas en la señal de luz. (*Beltrán J. P., 2014*)

El conector SC posee un sistema de acoplación tipo “Push Pull”, que permite asegurar al adaptador de manera sencilla. Posee una férula de cerámica de alta precisión, de 2.5mm, su acabado es de plástico resistente y ofrece baja pérdida de inserción, retorno y reflexión trasera. Es ideal para un terminado PC en fibras de múltiples modos y UPC o APC para fibras de un solo modo.



**Figura 17:** Conectores. Conector de Fibra Óptica tipo SC.

**Fuente:** Fibraopticodehoy.com, Inspección y limpieza de conectores ópticos. Recuperado de: <http://www.fibraoptica hoy.com/inspeccion-y-limpieza-de-conectores-opticos/>

- **Lucent Connector (LC)**

Este conector es similar a un conector SC de tamaño de un conector RJ45, se presenta en dos formatos dúplex o simplex, el mecanismo que utiliza para asegurar el adaptador de manera rápida es PUSH-PULL, tiene un tamaño de férula de 1.25mm, su cuerpo es de plástico y ofrece baja pérdida de inserción, retorno y reflexión. [12]



**Figura 18:** Conectores. Conector de Fibra Óptica Tipo LC.

**Fuente:** Fibra Óptica, Conectores de fibra óptica. Recuperado de: <http://www.hubersuhner.com/es-br/Recent-Products/LC-XD-Connector>

- **Ferule Connection (FC)**

“Los conectores FC fueron creados en los 80`s por NTT por su nombre en inglés "Fiber Connection", tienen un diseño versátil tipo rosca que permite asegurar y alinear el conector de manera firme en el adaptador. Su mecanismo de acoplación tipo Rosca asegura que el conector no tenga deslizamientos o desconexiones”. [12]



**Figura 19:** Conectores. Conector de Fibra Óptica tipo FC.

**Fuente:** FIBREMEX. Recuperado de:

<http://fibremex.com/fibraoptica/index.php?mod=contenido&id=3&t=3&st=11>

#### 2.4.5. Identificadores

En cualquier despliegue de cables independientemente del tipo de estos, sean de cobre o fibra óptica, la identificación de los mismos pueden ser de gran utilidad en casos de mantenimiento, por lo que es importante que estos, sean identificados puesto que ayudará al operador a identificar el tipo de enlace, por ejemplo, la interconexión desde un nodo hacia otro.

Ciertas empresas como C.N.T poseen identificadores que indican desde que nodo viene el cable, el tipo de Fibra, la cantidad de hilos, constructor o contratista, año de construcción del enlace y logotipo de la empresa.



**Figura 20:** Identificadores. Enlace de Fibra Proyecto AIRMAXTELECOM S.A.

**Fuente:** Propia

#### **2.4.6. Reservas**

Las reservas son metros de cable de Fibra Óptica, extras que se dejan, por si existe algún percance, normalmente se debe dejar en lugares críticos, tales como: lugares donde existen posibilidades de ampliación de vías, cruces de calles, etc. Lo recomendable es dejar una reserva de 30 metros por cada 500 metros de tendido de Fibra Óptica.

#### **2.4.7. Divisores (Splitter)**

Un divisor es un dispositivo que no necesita de alimentarse de una fuente de energía, volviéndolo a este un elemento pasivo, la función de un divisor es la ramificación óptica, pues tiene una sola entrada y múltiples salidas. La pérdida que agregan a una red PON se debe principalmente al hecho de dividen la potencia de entrada (forma descendente), esta pérdida es

conocida como pérdida por división, está expresada en dB y depende del número de puertos de salida, como se muestra en la Tabla a continuación (Ver Tabla 7)

**Tabla 7**

Valores de Pérdida de divisor por número de Puertos

<b>Pérdida de Divisor</b>	
<b>Número de puertos</b>	<b>Pérdida de divisor(dB) (excluidas conexiones y pérdida de divisor excesiva)</b>
<b>2</b>	3
<b>4</b>	6
<b>8</b>	9
<b>16</b>	12
<b>32</b>	15
<b>64</b>	18

\*Nota: Fuente: EXFO (2013). GUIA FTTH PON. Recuperado de: <http://www.exfo.com/>

## CAPITULO III

### **DISEÑO DE LA RED DE ACCESO FTTH (FIBER TO THE HOME), EN LA PARROQUIA URCUQUÍ.**

En la actualidad la empresa AIRMAXTELECOM S. A., pone a disposición el servicio de transmisión de datos (Internet) a los habitantes de la parroquia Urcuquí, mediante la red de acceso inalámbrica. Según estadísticas obtenidas de la página web del INEC (Instituto Nacional de estadísticas y Censos) demuestra que el acceso al servicio de Internet en el transcurso de los años se ha incrementado, por lo que es necesario que la red de acceso actual deba ser proyectada hacia el futuro de las telecomunicaciones convirtiéndose en una red más rápida, eficiente y estar en la capacidad de transportar varios servicios de telecomunicaciones. Por lo expuesto, se ha considerado la necesidad de proponer una red con fibra óptica hacia el abonado FTTH (fibra hasta el hogar) que cumpla con los requerimientos antes mencionados. Por tal razón este capítulo abordará el diseño de la red de acceso basado en fibra óptica, utilizando para ello la tecnología GPON.

#### **3.1. Situación actual de la Empresa**

La empresa AIRMAXTELECOM S.A, fundada el 07 de Julio de 2010 y ubicada en la ciudad de Ibarra, ofrece servicios de Internet a sus seiscientos clientes, en diferentes coberturas: Cantón Ibarra (Alpachaca, Caranqui, El Sagrario, La dolorosa de Priorato, San Francisco, La Esperanza, San Antonio), Otavalo (Peguche, González Suarez, San Juan de Ilumán, San Pablo, San Rafael), Cotacachi (El Sagrario, San Francisco, Apuela, García Moreno, Quiroga), Antonio Ante (Andrade Marín, Atuntaqui, Imbaya, Natabuela), Pablo Arenas, San Blas.

La empresa provee acceso de datos a sus clientes en la cabecera cantonal, ciudad de Urcuquí, principalmente a domicilios y pequeños negocios mediante tecnología inalámbrica. Sin embargo, la tecnología utilizada, no abastece las necesidades de ancho de banda a los aproximadamente sesenta clientes actuales en la zona, pues se espera que el número de clientes aumente durante el transcurso de los años, puesto que la ciudad de Urcuquí es considerada una ciudad de crecimiento. Por lo tanto es indispensable que la empresa cuente con un medio de transmisión robusto, que proporcione mayor ancho de banda a los usuarios en esta zona, por lo que una red de acceso FTTH 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 los objetivos de la empresa permitiendo a sus clientes gozar de servicios múltiples y de excelente calidad.

Actualmente la empresa cuenta con dos carriers LEVEL3 y TELCONET, líderes en servicios de telecomunicaciones. El Ancho de banda entregado por parte de estas empresas a AIRMAXTELECOM S.A se lo realiza, mediante cable de fibra óptica monomodo de 12 hilos, tipo G.652 que suministra una velocidad de transmisión subida/ bajada simultánea de: 77000 [kbps] y 73000[kbps], respectivamente. Seis hilos del cable canalizado que llega hacia el WISP están destinados para AIRMAXTELECOM S.A, distribuido mediante un ODF, para ser conectado a un WDM mediante un hilo de fibra monomodo (color amarillo) y con ello obtener una conversión óptica-eléctrica que permite que un switch de la marca Cisco, Serie 800 difunda los datos de un segmento de red a otro. A continuación se muestra la topología física de la red (Ver Figura 20), en la que se observa que la empresa AIRMAXTELECOM S.A, cuenta con tres

servidores, entre ellos: un servidor Contable, un servidor Caché y un servidor SequireISP que más adelante se detallan sus características principales.

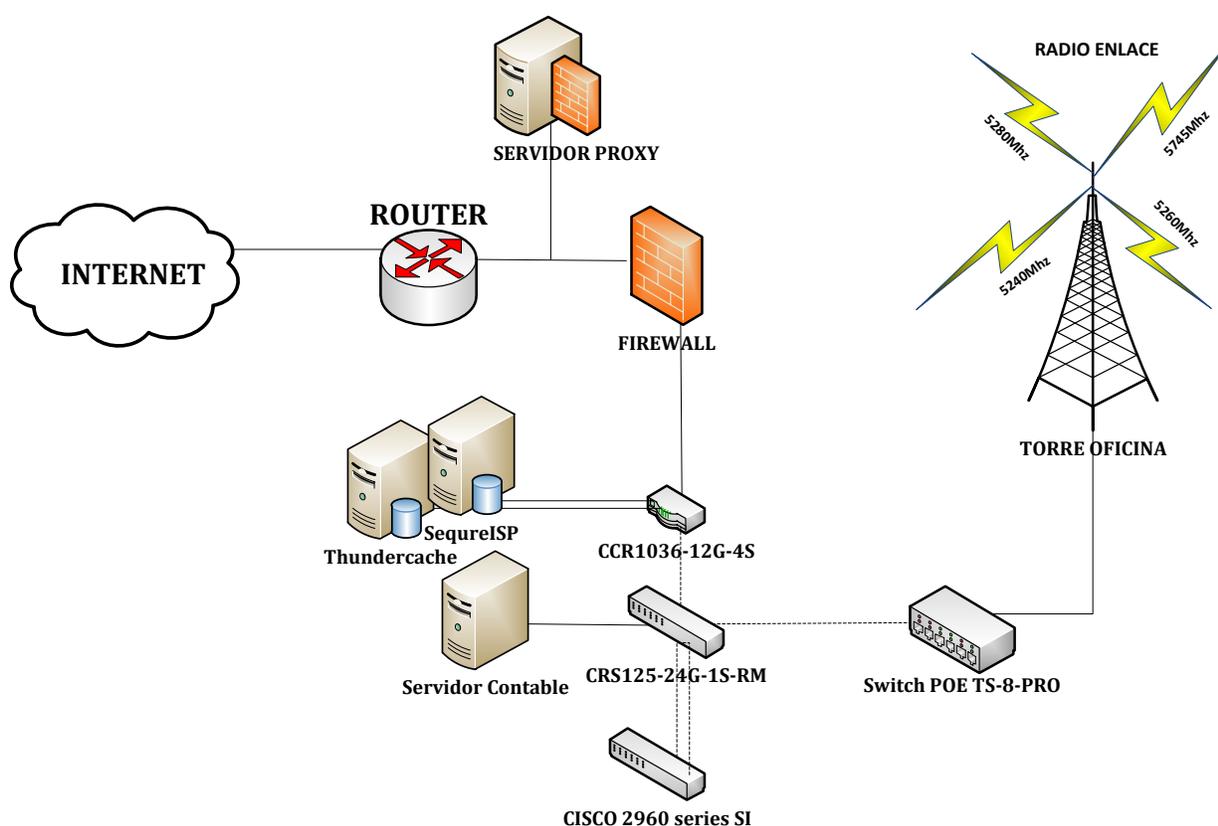
El servidor SequireISP ofrece funciones de Administración y Gestión, entre los servicios que ofrece, están los siguientes:

- *Auditoría.*- Esta interfaz permite el ingreso y obtención de la información más importante de cada cliente como; fecha de ingreso del usuario, el plan al que fue asociado, etc.
- *Facturación.*- Permite el manejo financiero de los clientes generando automáticamente la deuda mes a mes de un cliente.
- *Mesa de Ayuda.*- Interfaz, donde se crean las incidencias o inconformidades de un cliente, de igual manera permite la asignación de tareas al personal técnico, de manera minuciosa y ordenada.
- *Notificaciones.*- Permite notificar de la existencia de clientes morosos, la funcionalidad es de trasladar a cada cliente con esa calificación a un portal cautivo con el logo de la empresa informándole que se encuentra en mora.
- *P2P.*- Permite realizar la diferenciación entre clientes y optimizar el ancho de banda asignado a cada uno de ellos.
- *PPPoE.*- Obligatoriamente para que un cliente acceda al servicio de internet se le asigna un usuario y una contraseña de esta manera se controla la suplantación de un cliente o el robo de direcciones IP.

Por otro lado, el servidor Caché, es el encargado de recibir solicitudes HTTP por los clientes, almacenar las páginas solicitadas recientemente y devolverlas en menor tiempo, reduciendo el tiempo de respuesta, el tráfico de salida a Internet y el riesgo de colapso en las

redes de Internet. Una parte muy importante dentro de toda red es la seguridad informática, donde un FIREWALL o Cortafuegos juega el papel de una muro que permite, limita, cifra, y descifra el tráfico de esta manera evita que usuarios de Internet no autorizados tengan acceso a redes privadas conectadas a Internet, resguardando la información que circula a través de ellas.

Mediante el protocolo RADIUS, se transfiere información y se otorgan los permisos necesarios a un usuario, para obtener su conexión a internet (transmitir y recibir datos), para que todo el proceso del protocolo RADIUS se cumpla se utiliza el servidor PPPoE descrito anteriormente, ofreciendo ventajas de autenticación, cifrado, mantención y compresión, evitando suplantación de clientes y el robo de direcciones IP.



**Figura 21:** Topología Física de la Red

Fuente: Propia

A continuación se muestran las características más importantes de los equipos descritos en la topología física (Figura 20), de igual manera características de equipos inalámbricos para la transmisión de señales que son utilizados actualmente.

**Tabla 8**

Características CLOUD CORE ROUTER serie CCR1036-12G-4S

<b>ESPECIFICACIONES CLOUD CORE ROUTER</b>	
<b>DETALLE</b>	
<b>Código del producto</b>	CCR1036-12G-4S
<b>Dimensiones</b>	355x145x55cm
<b>SPF DDMI</b>	SI
<b>Frecuencia nominal CPU</b>	1.2 GHz
<b>Núcleo de CPU</b>	36
<b>Tamaño RAM</b>	4 GB
<b>Puertos 10/100/1000 Ethernet</b>	12
<b>Voltaje de estrada soportado</b>	13 V- 30 V
<b>Sistema operativo</b>	RouterOS v6 (64 bits)
<b>Consumo máximo de energía</b>	92 W
<b>Puertos SPF</b>	4

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: RouterBoard.com : CCR1036-12G-4S. (s. f.). Recuperado de: <http://routerboard.com/CCR1036-12G-4S>.

**Tabla 9**

Características CLOUD ROUTER SWITCH serie CRS125-24G-1S-RM

<b>ESPECIFICACIONES CLOUD CORE SWITCH</b>	
<b>DETALLE</b>	
<b>Código del producto</b>	CRS125-24G-1S-RM
<b>Dimensiones</b>	443x142x44mm
<b>SPF DDMI</b>	SI
<b>Frecuencia nominal CPU</b>	600 MHz
<b>Núcleo de CPU</b>	1
<b>Tamaño RAM</b>	128 MB
<b>Puertos 10/100/1000 Ethernet</b>	24
<b>Puerto Serie</b>	RJ45
<b>Sistema operativo</b>	RouterOS

ESPECIFICACIONES CLOUD CORE SWITCH	
<b>Consumo máximo de energía</b>	15 W
<b>Puertos SPF</b>	1

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: RouterBoard.com : CRS125-24G-1S-RM. (s. f.). Recuperado de: <http://routerboard.com/CRS125-24G-1S-RM>

**Tabla 10**

Características SWITCH POE serie TS-8-PRO

ESPECIFICACIONES 8-Port TOUGH Switch POE PRO	
<b>DETALLES</b>	
<b>Código del producto</b>	TS-8-PRO
<b>Dimensiones</b>	210 x 185 x 41 mm
<b>Puertos de Administración</b>	1 10/100 Ethernet Port
<b>Número de Puertos</b>	8 10/100/1000 Ethernet Ports
<b>Procesador</b>	MIPS 24K, 400MHz
<b>Memoria de Sistema</b>	64 MB
<b>Consumo máximo de energía</b>	150 W
<b>Voltaje de entrada</b>	110-120 VAC / 210-230 VAC
<b>Método POE</b>	Pasivo

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Ubiquiti Networks TOUGH Switch TM. (s. f.). Recuperado 4 de noviembre de 2014, a partir de <http://www.ubnt.com/accessories/toughswitch/>

**Tabla 11**

Características ROUTER BOARD MIKROTIK serie RB433AH mini PCI.

ESPECIFICACIONES RB433AH mini PCI	
<b>DETALLES</b>	
<b>Código del producto</b>	RB433AH
<b>Tipo de Tarjeta de Memoria</b>	Micro SD
<b>Frecuencia nominal CPU</b>	68MHz
<b>Tamaño RAM</b>	128MB

ESPECIFICACIONES RB433AH mini PCI	
<b>Puertos 10/100 Ethernet</b>	3
<b>Ranuras Mini PCI</b>	3
<b>Tarjetas de Memoria</b>	1

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: RouterBoard.com : RB433AH. (s. f.). Recuperado 8 de noviembre de 2014, a partir de <http://routerboard.com/RB433AH>

**Tabla 12**

Características ROUTER BOARD MIKROTIK serie R52Hn

ESPECIFICACIONES R52Hn	
<b>DETALLES</b>	
<b>Código del producto</b>	R52Hn
<b>802.11a</b>	Sí
<b>802.11b</b>	Sí
<b>802.11g</b>	Sí
<b>802.11n</b>	Sí
<b>Potencia de Salida</b>	25dBm
<b>2GHz</b>	Sí
<b>5GHz</b>	Sí
<b>Compatibilidad con RouterOS</b>	v4

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: RouterBoard.com : R52Hn. (s. f.). Recuperado 8 de noviembre de 2014, a partir de <http://routerboard.com/R52Hn>

**Tabla 13**

Características DISH ANTENA UBIQUITI serie RD-5G-30

ESPECIFICACIONES RD-5G-30	
<b>DETALLES</b>	
<b>Código del producto</b>	RD-5G-30
<b>Dimensiones</b>	648 mm diámetro
<b>Rango de frecuencia</b>	5.1 - 5.8 GHz
<b>Ganancia</b>	30dBi
<b>Polarización</b>	Dual

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Ubiquiti Networks: Rocket Dish Datasheet. Recuperado 8 de noviembre de 2014, a partir de [http://dl.ubnt.com/datasheets/rocketdish/rd\\_ds\\_web.pdf](http://dl.ubnt.com/datasheets/rocketdish/rd_ds_web.pdf)

**Tabla 14**

Características ROUTER BOARD serie RB750UP

<b>ESPECIFICACIONES RB750UP</b>	
<b>DETALLES</b>	
<b>Código del producto</b>	RB750UP
<b>Frecuencia nominal CPU</b>	400 MHz
<b>Núcleo de CPU</b>	1
<b>Tamaño RAM</b>	32 MB
<b>10/100 Ethernet Ports</b>	5
<b>Voltaje de Entrada</b>	8V - 30V
<b>Sistema Operativo</b>	RouterOS
<b>Dimensiones</b>	113x89x28 mm
<b>Energía consumida</b>	3 W

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: RouterBoard.com: RB750UP. Recuperado 9 de noviembre de 2014, a partir de: <http://routerboard.com/RB750UP>

**Tabla 15**

Características ARC WIRELESS serie ARC-DA5830SD1

<b>ESPECIFICACIONES ARC-DA5830SD1</b>	
<b>DETALLES</b>	
<b>Código del producto</b>	ARC-DA5830SD1
<b>Rango de Frecuencia</b>	4.94 - 5.875 GHz
<b>Polarización</b>	Line Dual - Vertical
<b>Dimensiones</b>	65x35 cm
<b>Potencia Nominal</b>	100 W

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: ARC Wireless Solutions. Recuperado 9 de noviembre de 2014, a partir de: <http://www.caymanwireless.com/parabolic-reflector/345-arc-wireless-solutions-arc-da5830sd1.html>

**Tabla 16**

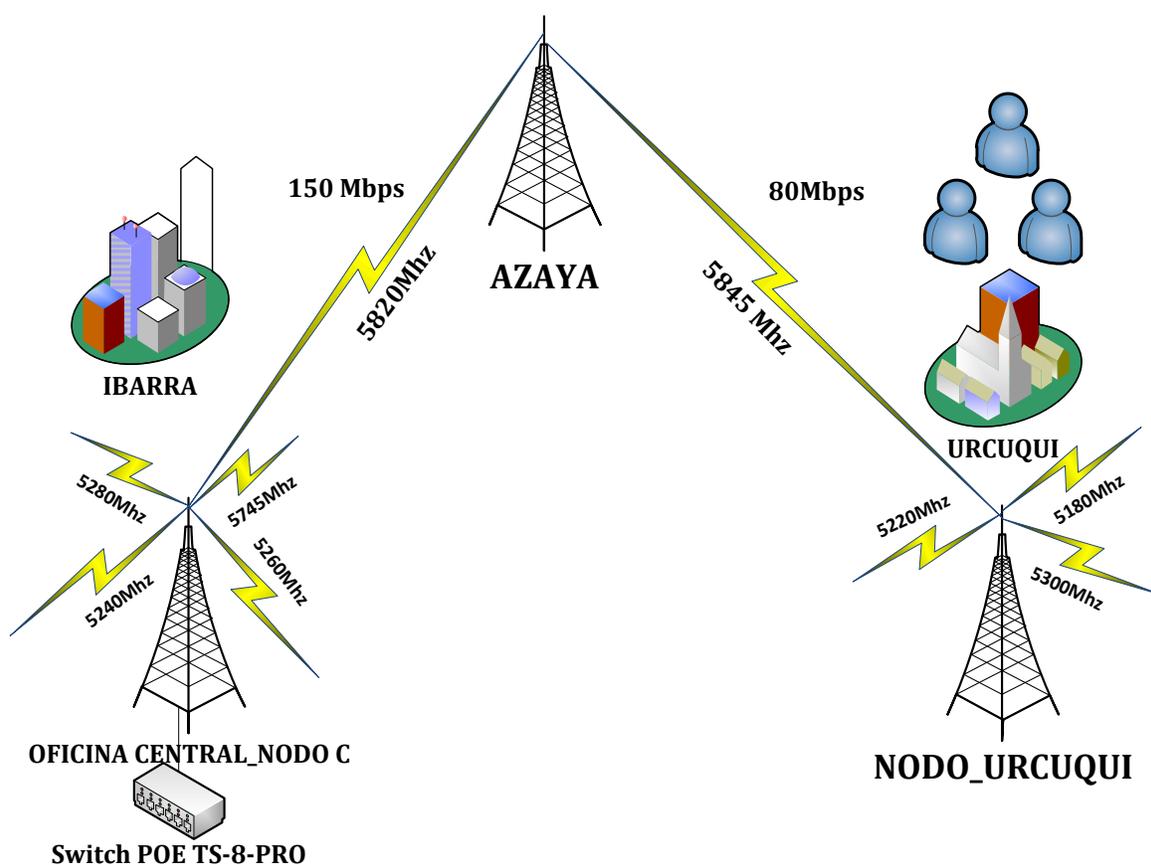
Características Base Box 5 serie RB912UAG-5HPnD-OUT

<b>ESPECIFICACIONES RB912UAG-5HPnD-OUT</b>	
<b>DETALLES</b>	
<b>Código del producto</b>	RB912UAG-5HPnD-OUT
<b>Frecuencia nominal de CPU</b>	600MHz

ESPECIFICACIONES RB912UAG-5HPnD-OUT	
Tamaño de RAM	64 MB
10/100/1000 Puertos Ethernet	1
Dimensiones	246x135x50 mm
Energía máxima consumida	14W a 24V
Sistema Operativo	RouterOS

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: RouterBoard.com : BaseBox 5. (s. f.). Recuperado 12 de noviembre de 2014, a partir de <http://routerboard.com/RB912UAG-5HPnD-OUT>

En la Figura 22, se observa las frecuencias a las que operan los equipos inalámbricos para la transferencia de información, se puede evidenciar el enlace desde la Oficina Central, hacia el Nodo de Azaya, y de igual manera desde el nodo de Azaya hacia el nodo Urququí.

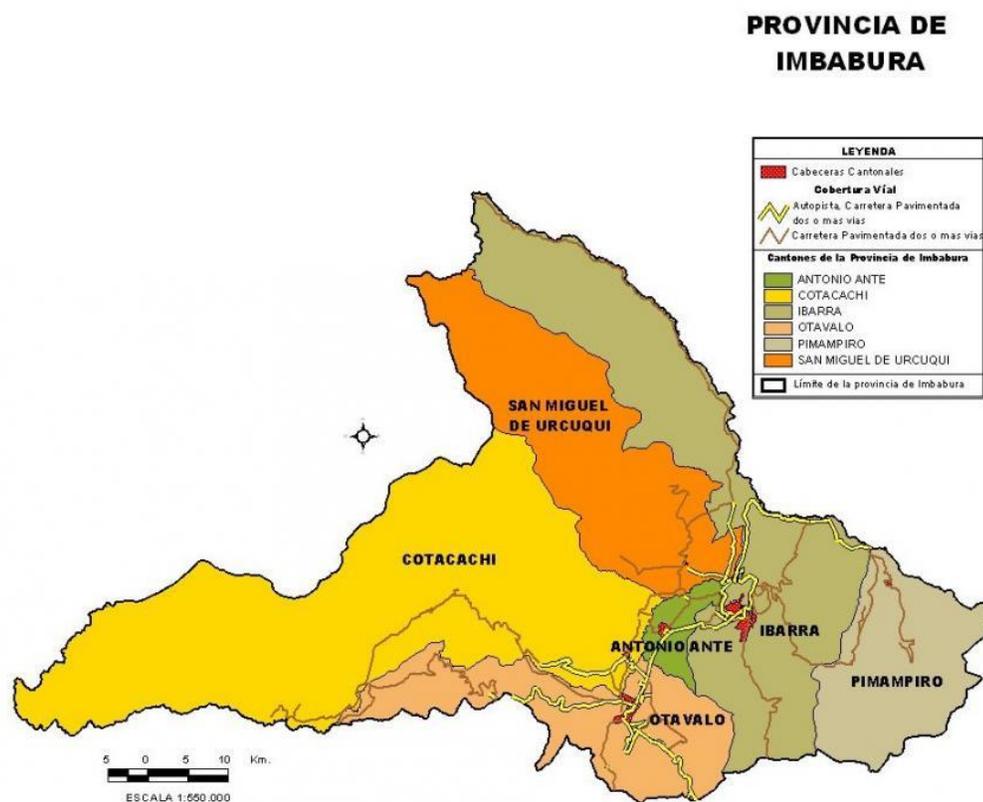


**Figura 22:** Topología Física de la Red, Distribución nodos

**Fuente:** Propia

### 3.2. Datos de la ciudad de Urcuquí.

Urcuquí, es designada la cabecera cantonal del Cantón San Miguel de Urcuquí, se ubican al noroccidente de la provincia de Imbabura, a 20km de la capital provincial Ibarra y 152 Km de la capital ecuatoriana Quito. A continuación se muestra la ubicación en el mapa del cantón San Miguel de Urcuquí (Ver Figura 23).



**Figura 23: Topología Física de la Red, Distribución nodos**

**Fuente:** Imbabura, Ecuador. Ubicación cartográfica provincia de Imbabura. Recuperado de:

<http://imbabura.wordpress.com/2010/05/28/hola-mundo/>

En la siguiente tabla (Ver Tabla 17), se muestran los datos más importantes de la situación geográfica de la ciudad de Urcuquí.

**Tabla 17**

Características generales de la Ciudad de Urcuquí

INFORMACIÓN GENERAL	
<b>Ubicación:</b>	Provincia de Imbabura, Cantón San Miguel de Urcuquí
<b>Coordenadas de Ubicación:</b>	Latitud: 0° 25' 13" NORTE Longitud: 78° 11' 50" OESTE
<b>Superficie territorial:</b>	757 Km <sup>2</sup>
<b>Clima:</b>	Temperatura promedio oscila entre 14°C y 19°C

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Ubicación Geográfica del Cantón Urcuquí. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Urcuquí. Recuperado de: <http://www.municipiourcuqui.gob.ec/>

Según resultados del censo de población 2010 (INEC), la parroquia urbana de Urcuquí cuenta con un total de 4499 habitantes entre indígenas, mestizos y un bajo porcentaje de afro-ecuatorianos.

Esta parroquia cuenta con innumerables centros turísticos en lo que se destaca su cultura variada, pequeños pueblos que aún conservan su arquitectura tradicional, la cordialidad de sus habitantes y la gran biodiversidad, mismos que atraen a turistas nacionales y extranjeros.

### 3.3. Crecimiento Poblacional.

Diferentes variables socioeconómicas y políticas han hecho que la población en esta zona aumente con el transcurso de los años. Según datos investigados y proporcionados por el Instituto de Estadísticas y Censos (INEC) en su página web, se han obtenido los siguientes valores correspondientes a la proyección de crecimiento poblacional ecuatoriana, por años calendario, según cantones 2010-2020 crecimiento poblacional detallados en la siguiente tabla (Ver Tabla 18).

**Tabla 18**

Crecimiento Poblacional cantón San Miguel de Urcuquí

AÑOS	Población Imbabura	Población Cantón Urcuquí
2010	413657	16323
2011	419919	16458
2012	426223	16591
2013	432543	16722
2014	438868	16851
2015	445175	16976
2016	451476	17097
2017	457737	17215
2018	463957	17328
2019	470129	17436
2020	476257	17540

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: INEC. Proyección de crecimiento poblacional ecuatoriana, por años calendario, según cantones 2010-2020. Recuperado de: <http://www.inec.gob.ec/estadisticas/>

Con los datos descritos en la Tabla 18 se puede observar un incremento significativo en la población lo que indica que las necesidades al acceso de servicios de telecomunicaciones en esta zona también incrementará, y por lo tanto las empresas que brindan servicios de este tipo, tendrán que contar con una proyección de infraestructura fiable que abastezca la actual y futura demanda de los usuarios.

#### **3.4. Análisis de la forma del despliegue de cable de Fibra Óptica de acuerdo con el plan de soterramiento de cables promovido por el CONATEL.**

En la cabecera cantonal ciudad de Urcuquí no existen proyectos a largo ni a mediano plazo con respecto al plan de soterramiento de cables promovido por el CONATEL, pues el día 06 de octubre de 2014, el Ing. Orlando Echeverría, encargado del departamento de Avalúos y Catastros y el Lic. Pablo Morales encargado de la Sucursal de la Empresa Eléctrica

EMELNORTE, ubicada en Urcuquí fue quien mencionó que no existe ningún plan de soterramiento en dicha zona.

De igual manera la forma de despliegue en el tramo que comprende desde la Oficina Central hacia el nodo de Azaya (en la ciudad de Ibarra) será aéreo, tomando en consideración rutas alternas, evitando que la contaminación visual aumente y que la belleza del centro histórico 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 de Ibarra. Sin embargo, según artículos informativos publicados en la Internet, en el año 2013 se ha llevado a cabo reuniones con personal del Municipio de Ibarra, EMELNORTE S.A y C.N.T en las que se ha hablado de un proyecto de soterramiento en el que se concretaría actividades del proyecto de soterramiento de cables en el centro histórico, previo un estudio.

Obviamente este proceso se lo llevará a cabo, siguiendo el proceso de contratación y arrendamiento de postes, otorgado por la empresa propietaria de los mismos, EMELNORTE S.A. Región Norte.

### **3.5. Diseño de la red de acceso FTTH (fiber to the home) en la ciudad de Urcuquí.**

Para el diseño de la red de acceso FTTH, se tomó la decisión de utilizar la tecnología GPON, pues sus características se adaptan a los requerimientos descritos anteriormente. Al ser una red que utiliza como medio de transmisión la fibra óptica la vuelve más confiable capaz de soportar diferentes servicios, llegar a distancias alejadas y sobre todo hace posible ahorros en mantenimiento de la red, eliminando así la necesidad de suministro de energía y administración

de elementos activos en la planta externa. Por lo que respetando los objetivos propuestos en este proyecto se realizará el diseño de una red que cubrirá la parroquia urbana de Urcuquí, tomando en cuenta todos los criterios técnicos para este diseño que son los siguientes:

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

### **3.6. Tipo y características principales de fibra a utilizarse**

Con el previo análisis acerca de la forma de despliegue el mismo que será vía aérea y el estudio de las características principales de los tipos de fibra óptica monomodo estudiados en el capítulo II, se puede determinar el tipo de fibra óptica que cubrirá los requerimientos para el diseño de la red FTTH.

Se ha elegido que el tipo de fibra óptica va a ser monomodo G.652D, pues permite alcanzar mayor distancia, mayor capacidad y una atenuación menor con respecto a la fibra multimodo. Cabe resaltar que la fibra G.652D fue perfeccionada para trabajar en 1310nm (donde se transmiten la voz y datos) y 1550nm, sin embargo también puede trabajar en otras longitudes de onda. La fibra G.652D también es considerada como la fibra de bajo pico de agua (LWP) o fibras de cero pico de agua (ZWP) lo que le brinda ventaja con sus anteriores versiones como por ejemplo la fibra G.652A donde el pico de agua era muy elevado dando lugar a impurezas como son los iones OH, producto de ello la atenuación aumentaría en este punto.

Por otro lado, el tipo de fibra óptica a utilizar para la interconexión de los usuarios desde la última caja de derivación óptica será, el tipo G.657 clase A, puesto que dispone de atributos necesarios para soportar instalación de redes de acceso puesto que esta fibra es insensible a doblez lo que lo vuelve ideal para instalaciones FTTH.

Con respecto a las características del cable a utilizar se propone utilizar el cable tipo ADSS, monomodo G.652D, para la interconexión entre la OLT y los divisores ópticos de primer, cable de alimentación (FEEDER).

El cable de fibra Auto-soportado completamente dieléctrico (ADSS), es utilizado mayoritariamente por empresas públicas en el país, como la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT S.A., pues este tipo de cable puede ser utilizado para tendido aéreo o dentro de ductos sin la necesidad de un mensajero, este cable puede ser de dos tipos Loose Tube o central Loose Tube. Además, hace posible una implementación rápida, pues su preparación es rápida y fácil, puede ser instalada sobre líneas eléctricas y su diseño puede resistir una fuerza de halado, aproximadamente de 2700 Newton, soporta vanos desde 80 hasta 200 metros lo que lo hace un excelente candidato para tendidos aéreos.

Por lo tanto se ha considerado que este cable Tipo ADSS es el ideal para uso de planta externa por su alta durabilidad pues tiene una cubierta muy resistente, pues es resistente a emisiones ultravioleta, al agua y a la corrosión.

A continuación se muestran las características principales que vuelve al cable ADSS la mejor elección para el presente proyecto.

**Tabla 19**

Características principales del Cable de Fibra Óptica ADSS

CARACTERÍSTICAS DEL CABLE ADSS	
Construcción:	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.
Elemento Central:	Elemento de material dieléctrico ubicado en el centro del núcleo para prevenir los esfuerzos de contracción del cable.
Cubierta externa:	Polietileno de color negro con protección contra intemperie y resistente a la luz solar.

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: FURUKAWA. Recuperado de: <http://www.furukawa.com>.

Para el cable de distribución, cable que va desde los divisores ópticos de primer nivel hacia el segundo nivel de división óptica se recomienda que sea el cable tipo FlexiTP, puesto que brindará mayor facilidad de manipulación al momento de la segregación de tubos (sangrado de fibra), reduciendo de tal manera los costos de instalación.

### **3.7. Ubicación actual de los nodos más cercanos y con mayor visibilidad a la ciudad de Urcuquí.**

En la siguiente figura (Figura 24, 25 y 26), se muestra la ubicación actual de los Nodos que abastecen y hacen posible que exista una comunicación y por supuesto el acceso a servicios de valor agregado por la empresa AIRMAXTELECOM S.A.



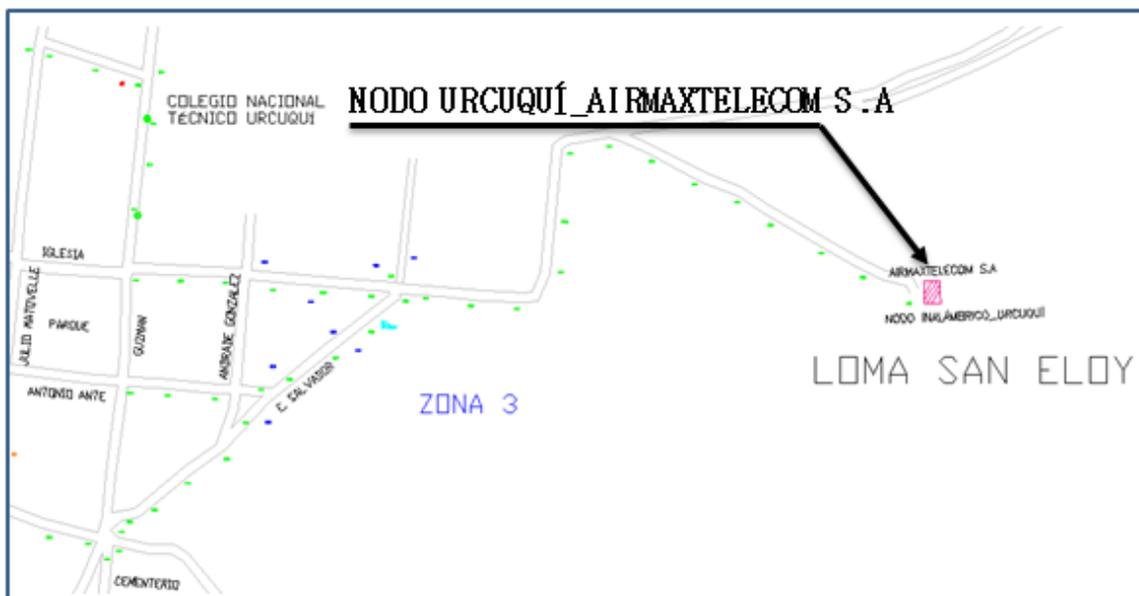
**Figura 24:** Ubicación Geográfica de los Nodos de AIRMAXTELECOM S.A

**Fuente:** Propia



**Figura 25:** Ubicación Geográfica de los Nodos de AIRMAXTELECOM S.A

**Fuente:** Propia

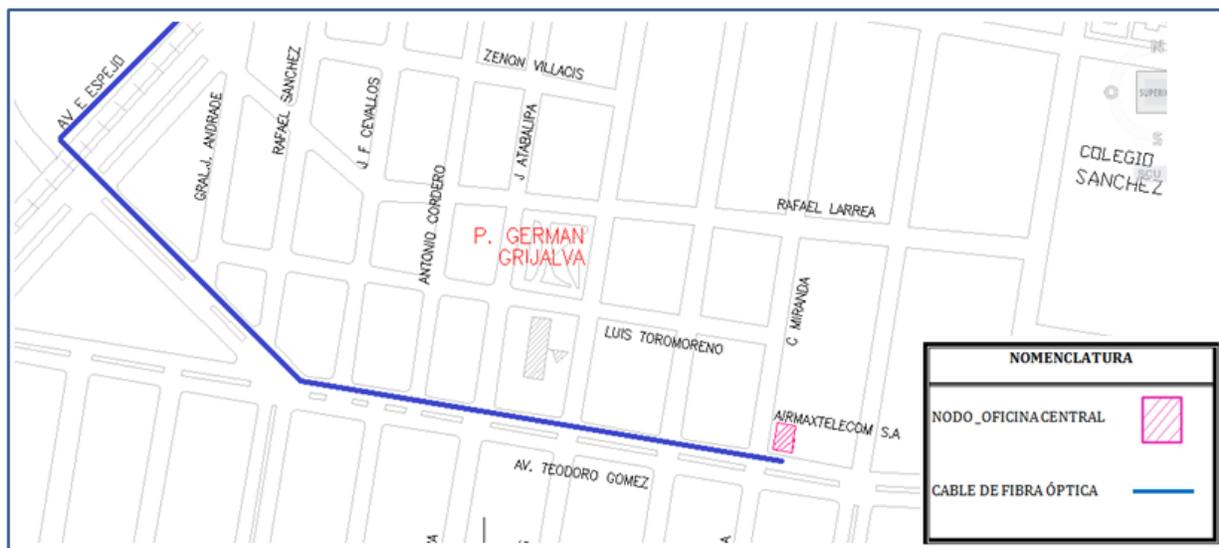


**Figura 26:** Ubicación Geográfica de los Nodos de AIRMAXTELECOM S.A

Fuente: Propia

### 3.8. Rutas para el despliegue aéreo de cable de Fibra Óptica.

Para el backbone que unirá el nodo (OLT\_Urcuquí), con la Oficina Central ubicada en la Av. Teodoro Gómez y Calixto Miranda, se tomarán las siguientes rutas (Ver Figura 27). Desde la dirección de la oficina central, Av. Teodoro Gómez de la Torre y Calixto Miranda esquina, se tomará la Av. Teodoro G. en línea recta hasta llegar al redondel del Bombero, para luego salir hacia la Av. Eugenio Espejo, pasando por el Taller de Ferrocarriles Quito, hasta llegar a la Av. Fray Vacas Galindo, es decir rebasando al centro comercial Laguna MALL, para con ello seguir en línea recta pasando por Milagro, pasando Imbaya hasta llegar a la ciudad de Urcuquí a la altura del parque central. Toda esta ruta da una distancia aproximada de 20Km de recorrido, no obstante estos Km de distancia aumentarán, puesto que se debe dejar reservas de cable de fibra óptica por si se suscitan percances.



**Figura 27:** Ruta de interconexión enlace Ibarra - Urcuquí

**Fuente:** Propia



**Figura 28:** Ruta de interconexión enlace Ibarra - Urcuquí

**Fuente:** Propia



**Figura 29:** Ruta de interconexión enlace Ibarra - Urcuquí

**Fuente:** Propia

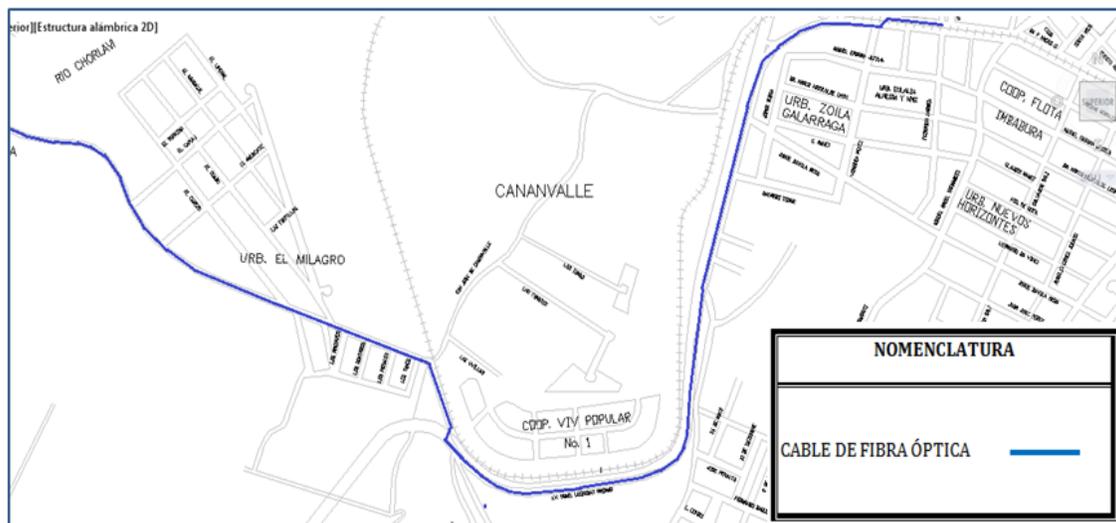


**Figura 30:** Ruta de interconexión enlace Ibarra - Urcuquí

**Fuente:** Propia

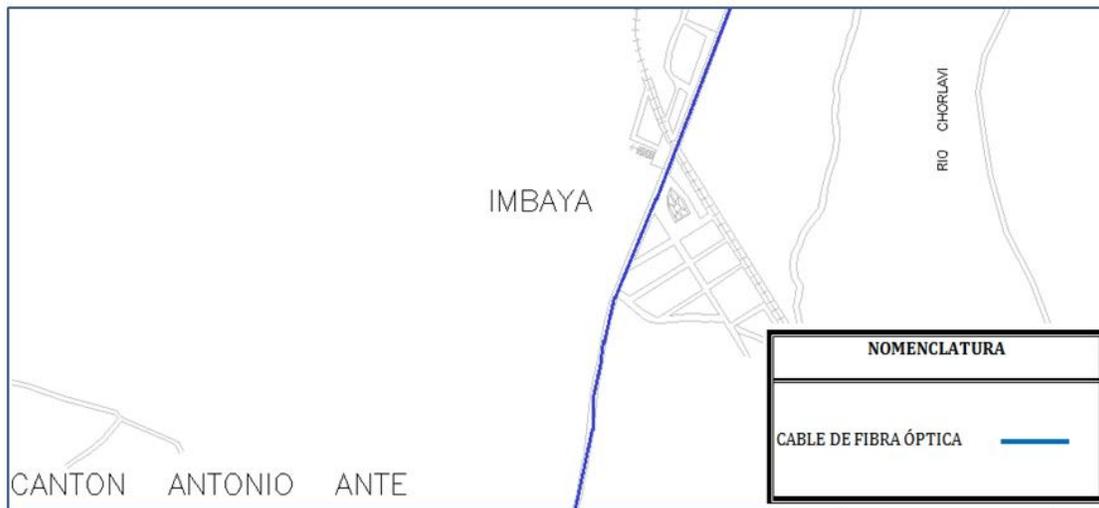
De igual manera para la interconexión entre el Nodo Azaya hasta llegar a la Ciudad de Urcuquí las vías a tomar para el despliegue aéreo del cable de fibra óptica serán las siguientes: Desde el sector Lomas de Azaya, lugar donde se encuentra el actual Nodo de la empresa, tomando la Av. Rodrigo Miño, hasta llegar a la Av. Fray Vacas Galindo, tomando la Calle vía a

Imbaya, pasando por la urbanización El Milagro y el sector Imbaya, en dirección a Urcuquí al llegar a Urcuquí, tomamos la calle Guzmán hasta llegar a la altura del Parque Central ubicación del equipo OLT (Optical Line Terminal).



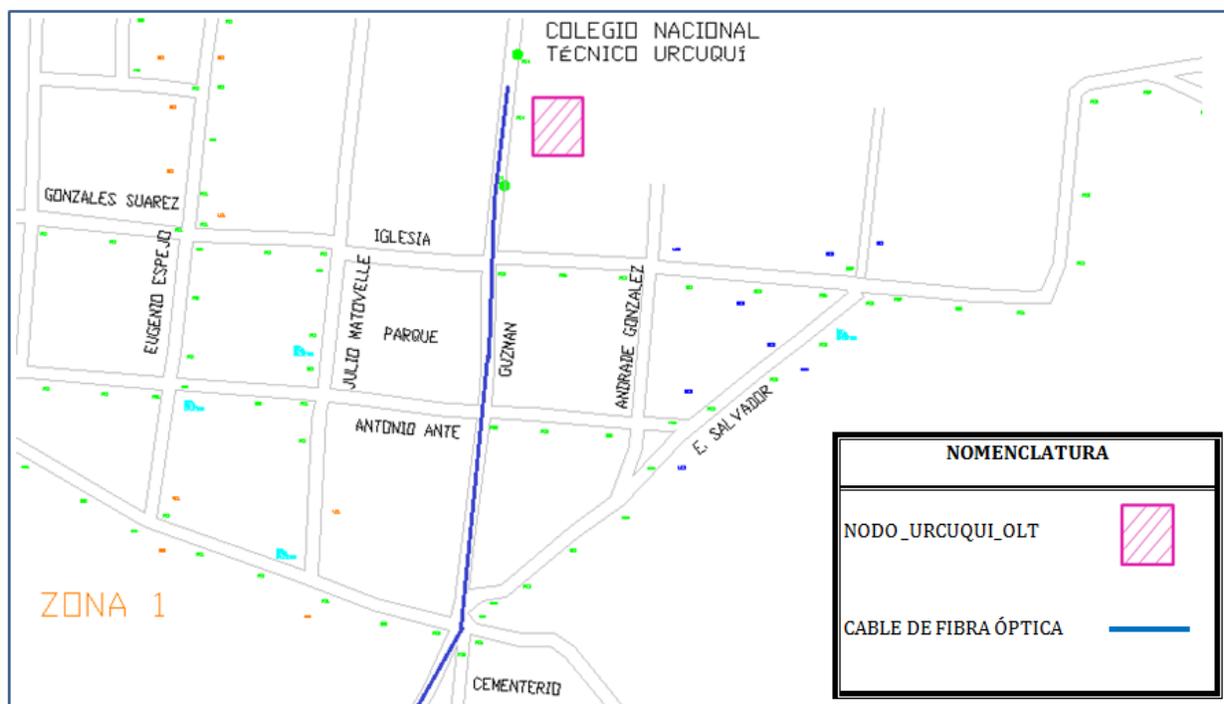
**Figura 31:** Posible Ruta de interconexión enlace Ibarra - Urcuquí

**Fuente:** Propia



**Figura 32:** Posible Ruta de interconexión enlace Ibarra - Urcuquí

**Fuente:** Propia



**Figura 33:** Posible Ruta de interconexión enlace Ibarra - Urcuquí

**Fuente:** Propia

El cable recomendado para la interconexión del enlace del backbone Ibarra Urcuquí debe ser de fibra tipo monomodo porque este nos permite llegar a mayores distancias y la distancia que existe entre Ibarra y Urcuquí es superior a los diez kilómetros, además, debe soportar pandeos superiores a los 80 metros, será del tipo Auto soportado o ADSS completamente dieléctrico, puesto que sus características son adecuadas para soportar la corrosión y la exposición a diferentes factores ambientales externos.

### 3.9. Determinación de parámetros.

La demanda de servicios de telecomunicaciones por parte de los usuarios, es cada vez mayor, y sin duda alguna el crecimiento de los usuarios en la empresa AIRMAXTELECOM S.A. durante el transcurso de los años es significativo, la Figura 34 muestra datos estadísticos de

usuarios que la empresa ha ido adquiriendo por la confiabilidad que los mismos han depositado, en dicha institución. La figura muestra que, desde el año 2012 hacia el año 2013 la empresa ha duplicado el número de usuarios, aumento que, sin duda alguna, es significativo.



**Figura 34:** Estadística de crecimiento de Usuarios Totales en la Empresa

**Fuente:** Propia

### 3.9.1. Usuarios Proyectados.

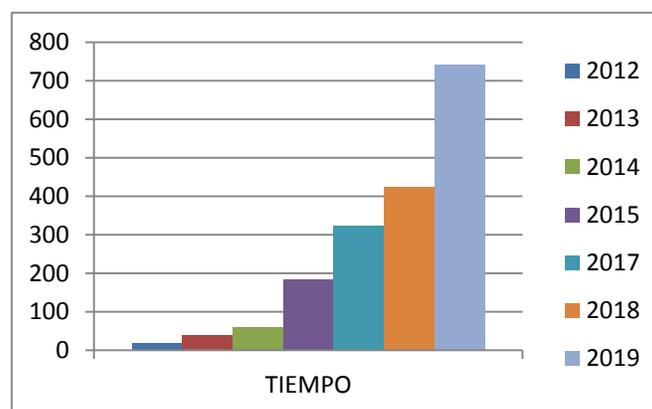
El alcance de este proyecto es realizar un diseño apropiado de la red de acceso por fibra óptica hacia el abonado o usuario final **FTTH (Fiber To The Home)**, en la zona urbana de Urucuquí, para ello se considerará la proyección de usuarios futuros que habrán durante los cinco años proyectados para la red en dicha zona. Según datos históricos obtenidos y facilitados por la empresa, se obtuvo un crecimiento promedio anual del 75% y que a continuación, se detalla (Ver Tabla 20):

**Tabla 20**

Total Usuarios Proyectados

Año	#Usuarios por AÑO	Tipo de Cliente Mayoritario
2012	20	Residencial
2013	40	Residencial
2014	60	Residencial
2015	105	Residencial
2016	184	Residencial
2017	322	Residencial
2018	423	Residencial
2019	740	Residencial

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: AIRMAXTELECOM S.A, Datos de Contratos. Sequireisp\_Contracts\_2014-11-14.cvs [Libro de Excel]

**Figura 35:** Estadística de crecimiento de Usuarios Totales en la Empresa**Fuente:** Propia

Según la Tabla anterior, se concluye que el número de clientes proyectados en cinco años (tiempo duración proyecto), ascenderá a un total de 740 usuarios. Se ha estimado que la mayoría de clientes en la zona a servir serán del tipo residencial, sin embargo esto a futuro puede variar, puesto que Urcuquí tiende a ser una ciudad de crecimiento en cuanto a emprendimiento, por lo tanto no se descarta ninguna opción de que el centro hotelero y diferentes negocios requieran de servicios Corporativos y PYMES, los mismos que se encontrarán a disposición de los usuarios.

Inicialmente se planea un traslado de los usuarios actuales (60 usuarios) en su totalidad, pues estarían interesados en obtener un acceso a servicios de telecomunicaciones mediante la tecnología FTTH. Cabe resaltar que esta zona, es considerada como una zona en desarrollo, por tal razón es recomendable que la empresa utilice una metodología de marketing basada en la nueva infraestructura ya que despertará y aumentará en los moradores el interés por adquirir acceso a servicios de telecomunicaciones mediante la tecnología FTTH.

Las aplicaciones a brindar por la empresa AIRMAXTELECOM SOLUCIONES TECNOLOGICAS S. A. a sus usuarios, siempre ha sido el acceso a Internet, sin embargo mediante la tecnología FTTH, la velocidad del acceso a este servicio se incrementará y a un futuro si la empresa lo requiere, podrá añadir servicios de audio y video a sus usuarios.

### **3.9.2. Proyecciones de Tráfico.**

La red de acceso FTTH en la parroquia de Urcuquí, tiene un alcance de cinco años, debido principalmente al desgaste en la vida útil de los equipos activos, a continuación se determina los requerimientos del tráfico de datos que un usuario requerirá a futuro. Puesto que el exigencia de nuevos servicios de telecomunicaciones crece, conforme a la innovación de la tecnología y además por el crecimiento exponencial de la población se ha construido una tabla en la que se detallan los diferentes servicios que un usuario puede requerir y que el operador pone a disposición de los mismos, con su respectivo ancho de banda, tanto, en upstream como en downstream.

La Tabla 21, indica los requerimientos y las aplicaciones actuales que los usuarios requieren y reciben respectivamente por el operador, por lo que un usuario que cuenta con aplicaciones mínimas (navegación, juegos online, transferencia de archivos, y telefonía), requiere

de un ancho de banda de aproximadamente 6 Mbps en downstream y un promedio de 5 Mbps en el enlace upstream.

**Tabla 21**

Requerimientos de Ancho de Banda actuales para diferentes servicios

SERVICIOS TELECOMUNICACIONES	Bit Rate	
	DOWNSTREAM	UPSTREAM
<b>Navegación</b>	128 Kbps – 1.5 Mbps	128 - 640 Kbps
<b>Juegos Online</b>	2 - 3 Mbps	2 - 3 Mbps
<b>Transferencia de Archivos</b>	128 - 512 Kbps	128 - 512 Kbps
<b>Telefonía</b>	64 - 256 Kbps	64 - 256 Kbps
<b>SUBTOTAL ACTUAL PICO POR USUARIO</b>	<b>5,268 Mbps</b>	<b>4,408 Mbps</b>

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Valores de requerimientos estimados Recuperado de: <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/2911/1/98T00026.pdf>

**Tabla 22**

Estimación de Ancho de Banda futuro para diferentes servicios

SERVICIOS TELECOMUNICACIONES	Bit Rate	
	DOWNSTREAM	UPSTREAM
<b>Videoconferencia</b>	384 Kbps - 1.5 Mbps	384 Kbps - 1,5 Mbps
<b>SDTV</b>	4 Mbps	64 Kbps
<b>HDTV (por canal)</b>	20 Mbps	64 Kbps
<b>Video Bajo demanda</b>	1,5 - 6 Mbps	64 - 128Kbps
<b>SUBTOTAL ADICIONAL PICO POR USUARIO</b>	<b>31,5 Mbps</b>	<b>1,756 Mbps</b>
<b>Total de Ancho de Banda Pico Futuro Requerido por el Usuario</b>	<b>36,768 Mbps</b>	<b>6,164 Mbps</b>

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Valores de requerimientos estimados Recuperado de: <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/2911/1/98T00026.pdf>

Sin embargo, si se toma en cuenta la proyección a futuro el usuario puede requerir adicionar a los servicios de telecomunicaciones básico de hoy en día, aplicaciones de audio y video tales como: videoconferencias, televisión estándar (SD) o en alta definición (HD), IPTV, video bajo demanda o por suscripción, entre otros. Para lo cual, se estima que en promedio, un usuario

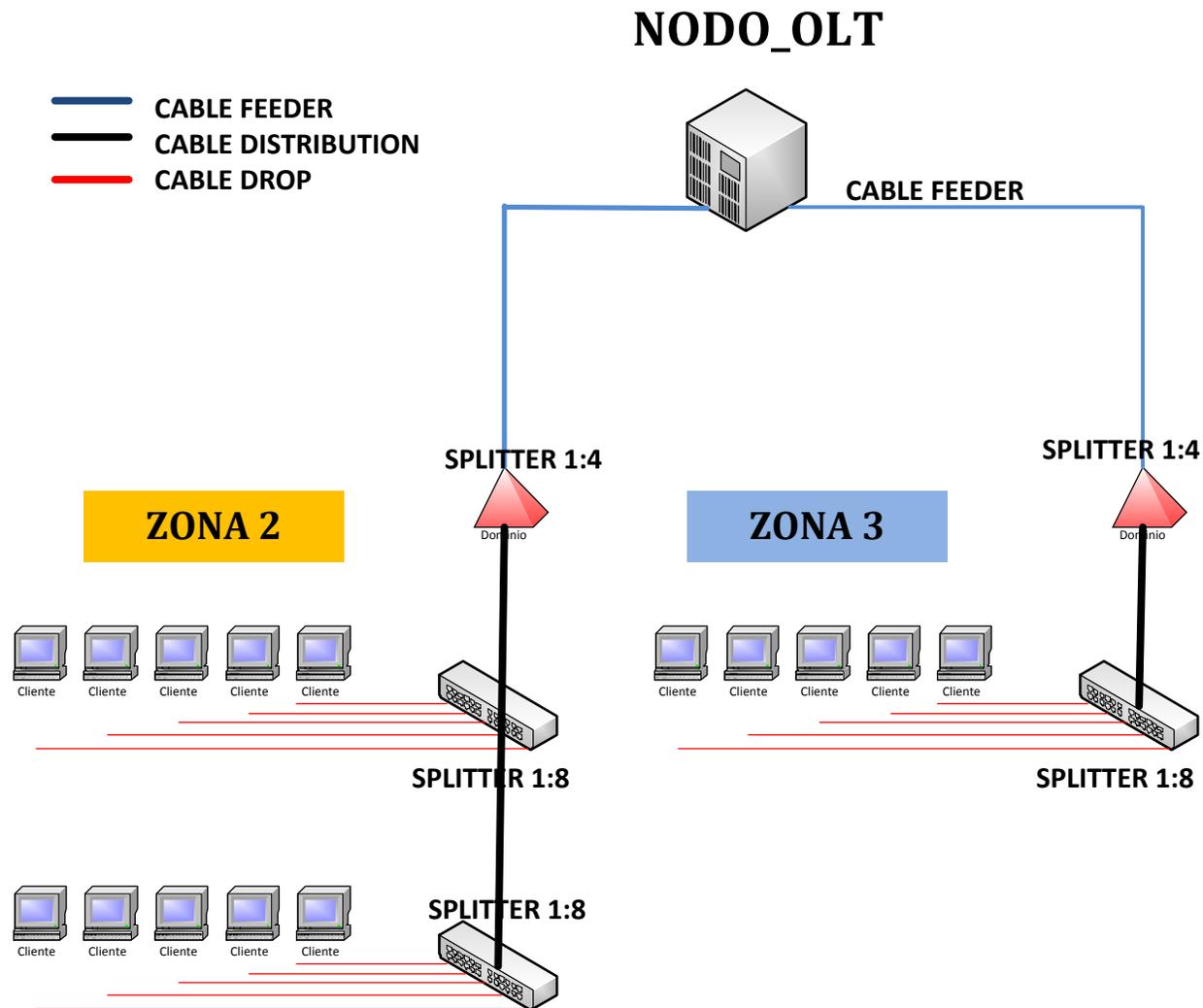
necesitará un valor de ancho de banda adicional a los valores anteriores (5,268Mbps / 4,408 Mbps) downstream y upstream respectivamente, es decir, 31,5 Mbps en el enlace descendente y 1,756 Mbps más, en el enlace ascendente, el total del ancho de banda tanto en DOWN / UP futuro requerido por un usuario, apreciado en la Tabla 22.

### **3.10. Esquema Físico y Lógico de la red de acceso FTTH.**

Para el despliegue de la red FTTH, en la parroquia Urcuquí, se utilizarán la tecnología xPON, detallada en el capítulo II, pues al ser redes que hacen uso de elementos pasivos en la ODN (red de distribución óptica), es decir, sólo necesitan elementos activos a los extremos, brinda al operador distintas ventajas como; un costo relativamente bajo en cuanto a mantenimiento, existe menor degradación en las señales, proveen mayor ancho de banda que su contraparte el cobre, permite cubrir distancias mayores, haciendo posible llegar al usuario con múltiples servicios.

La tecnología FTTH, puede utilizar las siguientes topologías posibles: PTP (punto a punto), que hace uso de 1 o 2 hilos de fibra óptica desde la central hacia cada usuario y la topología Punto-Multipunto, donde, un solo hilo de fibra que viene desde la central es compartido por múltiples usuarios, esta última topología será utilizada en este proyecto, puesto que la vuelve más económica.

Para el desarrollo de este proyecto se considera que la OLT, se encuentra ubicada en el nodo designado por la empresa AIRMAXTELECOM S.A. la misma que hará posible la división entre usuarios mediante splitter's; desde los cuales saldrán los hilos de fibra óptica que llegarán hacia el domicilio del usuario final (Ver Figura 36).



**Figura 36:** Topología de una red PON punto - multipunto

Fuente: Propia

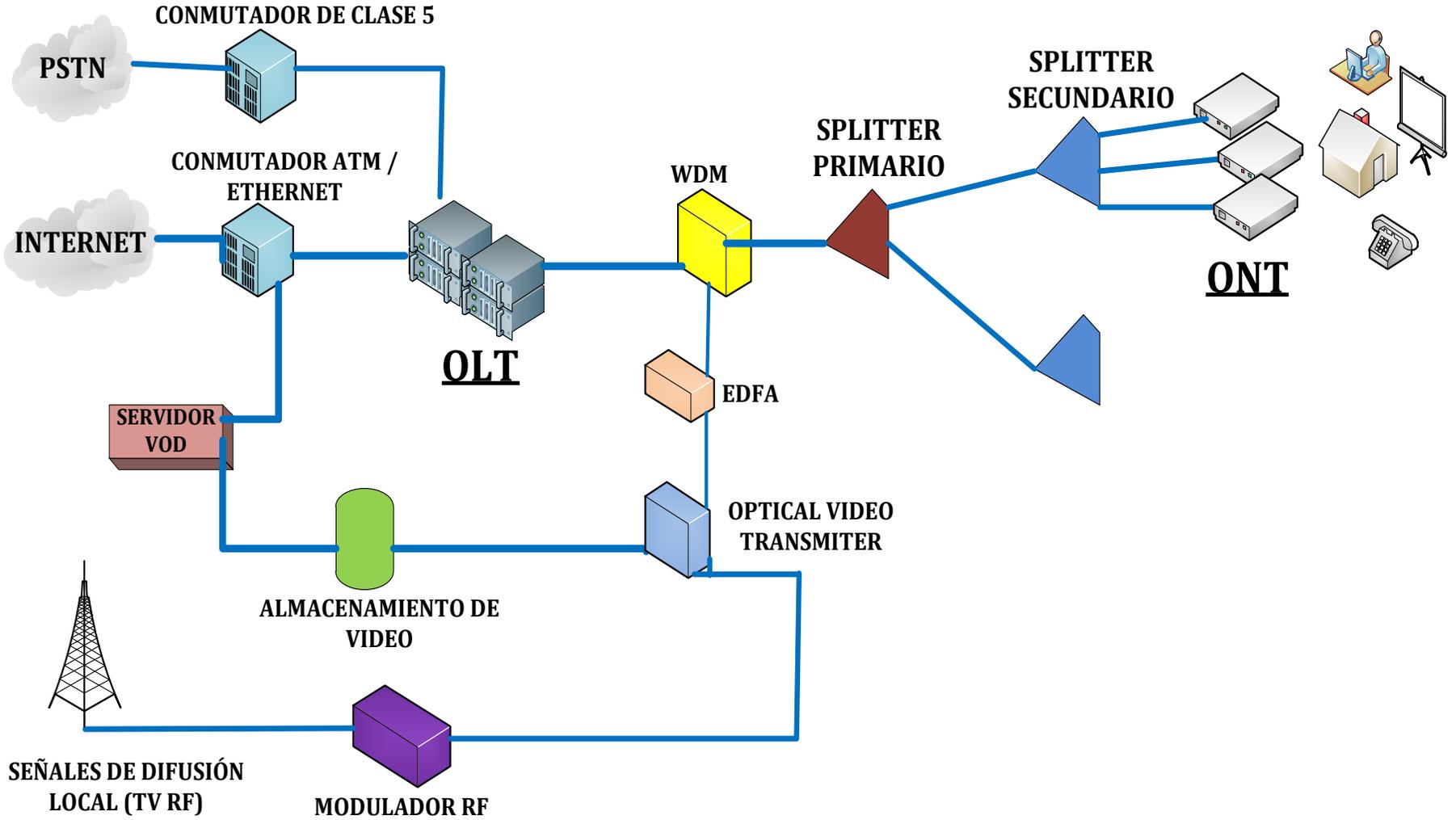


Figura 37: Arquitectura General de la Red de acceso FTTH

Fuente: Propia

La Figura 37, muestra la configuración que una red GPON presenta cuando el operador desea brindar múltiples servicios tales como; Voz, Datos (Internet) y Video (señales de Radio Frecuencia, Video Bajo Demanda y/o Señales Satelitales).

Como se observa en la figura anterior, la mezcla de distintas longitudes de onda es posible mediante un acoplador WDM, el mismo que mezcla longitudes de onda de 1490nm para voz y datos y 1550nm para señales de vídeo.

Por consiguiente, la ONT quien se encuentra en el domicilio del usuario puede recibir los múltiples servicios de telecomunicaciones, existen en el mercado soluciones de este tipo que proporcionan una interfaz tipo; RJ-11, RJ45 y un puerto RF para conectar a un set top box o a un televisor en caso del servicio de video. De esta manera mediante la modulación RF es posible transportar las señales de TV de una manera transparente.

### **3.11. Ubicación de la OLT (Línea de Terminación Óptica).**

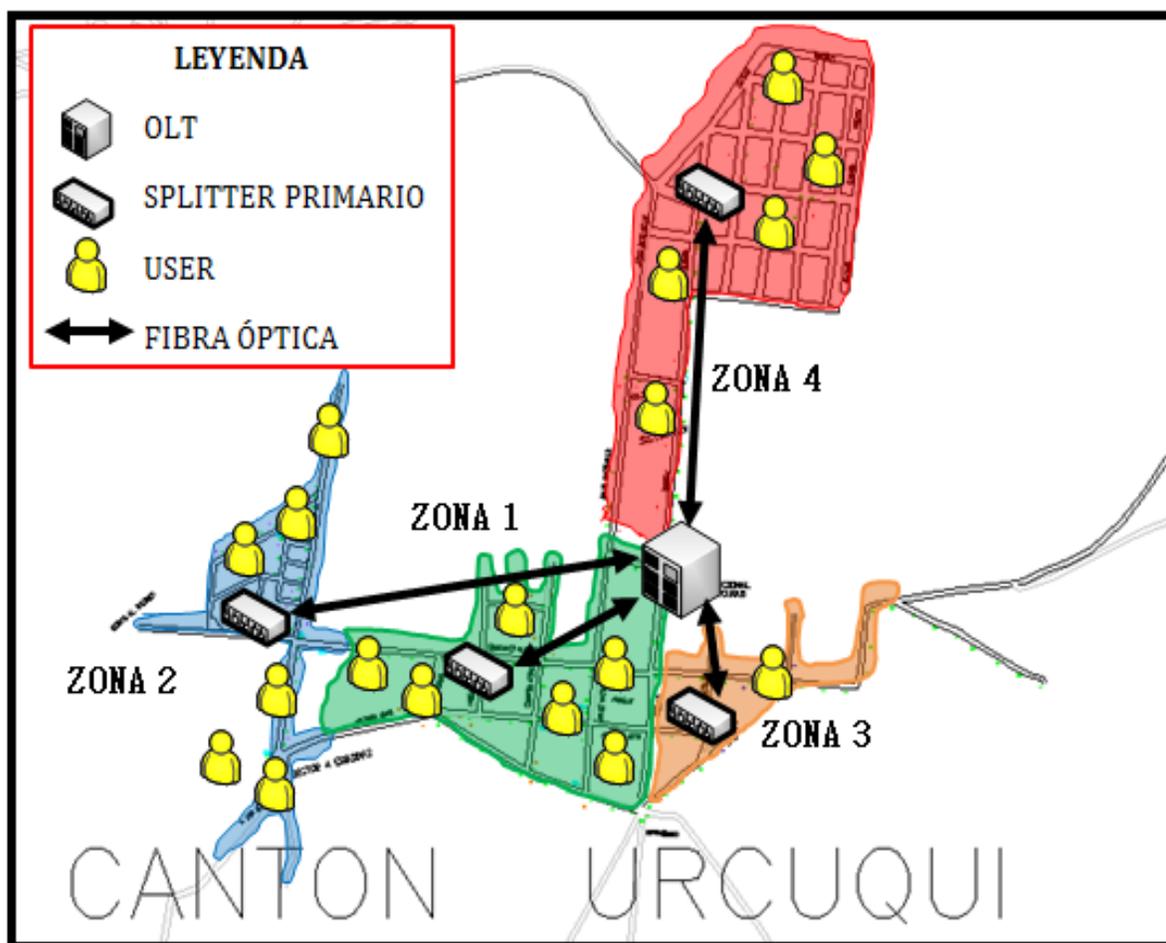
A continuación se describe la ubicación tentativa de los equipos:

- El punto central de conexión será la OLT, la misma que cumplirá con ciertas características que más adelante se mencionará. Se ha estimado necesario ubicar la OLT en el nodo, ubicado en la zona a servir puesto que provee mayor escalabilidad de la red, ahorros en mantenimiento, ahorro en cable de F.O, fácil operación y mantenimiento, mayor fiabilidad y sobre todo se cumple con el alcance físico de 20Km descrito en la Rec. UIT-T G.984.1, medidos desde la OLT hacia el domicilio del cliente. Para ello, se recomienda disponer de un gabinete apto para planta externa, el mismo que albergará el equipo principal (OLT).

- Cada módulo GPON deberá tener la capacidad de soportar aplicaciones FTTH, monitorear la potencia óptica recibida por cada ONT, brindar seguridad a la información en el enlace downstream mediante encriptación AES. Adicionalmente deberá proporcionar la gestión total de la ONT a través del protocolo OMCI (Operation Management Control Inter-face). Además de disponer de un puerto Gigabit Ethernet o 10GE que permita la conexión entre la red de acceso y la red de transporte.
- Cada zona será abastecida por uno o varios splitters primarios configurados de tal manera que cubran la demanda de usuarios proyectados para cinco años.
- El segundo nivel de splitting será el encargado de proveer los hilos a los usuarios. Para ello el splitter primario es quien entregue los hilos al splitter secundario. El backbone de fibra óptica será desplegado de manera aérea, a través de la postiería existente puesto que es más fácil y menos costoso que el despliegue subterráneo, para ello se tomará como referencia las bases georeferenciadas, otorgadas por la empresa EMELNORTE S.A., esto se detalla más adelante en el levantamiento de los respectivos planos de la red FTTH en la parroquia Urcuquí.

Para el esquema físico de la red GPON, se decidió dividir al sector de Urcuquí en cuatro zonas (Ver Figura 38), en las que se considera habrá diferente nivel de demanda de servicios de telecomunicaciones.

- La Zona 1, delimitada por el color verde y la zona 2 por color azul; son los lugares de Urcuquí, en los que se aglomera gran parte de los usuarios actuales.
- Las Zonas 3 delimitada por el color azul y la zona 4 conjunto con las dos anteriores, son zonas en las que se espera habrá una creciente demanda en los próximos años.



**Figura 38:** Distribución de zonas por usuarios en la Parroquia Urququí

**Fuente:** Propia

La empresa AIRMAXTELECOM S.A. hasta el año 2014, cuenta con un total de 60 usuarios en la parroquia de Urququí, distribuidos de la siguiente manera: la Zona 1 y la Zona 2 cuentan con un 30% de la totalidad de usuarios, la Zona 3 contiene un 25% y la Zona 4 el 15% restante.

Razón suficiente, para que el presente proyecto esté enfocado primordialmente en brindar una cobertura total a la zona centro de la ciudad de Urququí.

### 3.12. Número de Puertos GPON

La recomendación G.983.1 indica que un puerto GPON de la OLT, puede direccionar hasta 64 ONT. Considerando esta recomendación a continuación se presenta el número de usuarios y el número de puertos a requerir, adicionalmente se tomará en cuenta la proyección de usuarios dependiendo del alcance que tiene este proyecto.

Para conectar a los 60 usuarios actuales en la parroquia Urcuquí se necesitarán 4 puertos GPON, cada zona estará conectada a un puerto que podrá soportar hasta 64 conexiones, lo que promete escalabilidad a la red según se incremente el número de usuarios. A continuación se presentan el porcentaje de distribución de los usuarios actuales por zonas.

**Tabla 23**

Distribución de Zonas de acuerdo densidad de usuarios

PARÁMETROS		AÑO 2014		AÑO 2019	
ZONA	%	NÚMERO DE USUARIOS	NÚMERO DE PUERTOS	NÚMERO DE USUARIOS	NÚMERO DE PUERTOS
1	30%	18	1	222	7
2	30%	18	1	222	7
3	25%	9	1	185	6
4	15%	15	1	111	4
<b>TOTAL</b>		<b>60</b>		<b>740</b>	

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia

Si se considera que el módulo GPON adquirido provee ocho puertos, para el primer año solamente se ocuparán los cuatro primeros puertos del módulo y los cuatro restantes quedan libres con proyección a futuro. Sin embargo, para los próximos cinco años el número de puertos como de módulos aumentará debido al incremento de usuarios.

### **3.13. Splitters.**

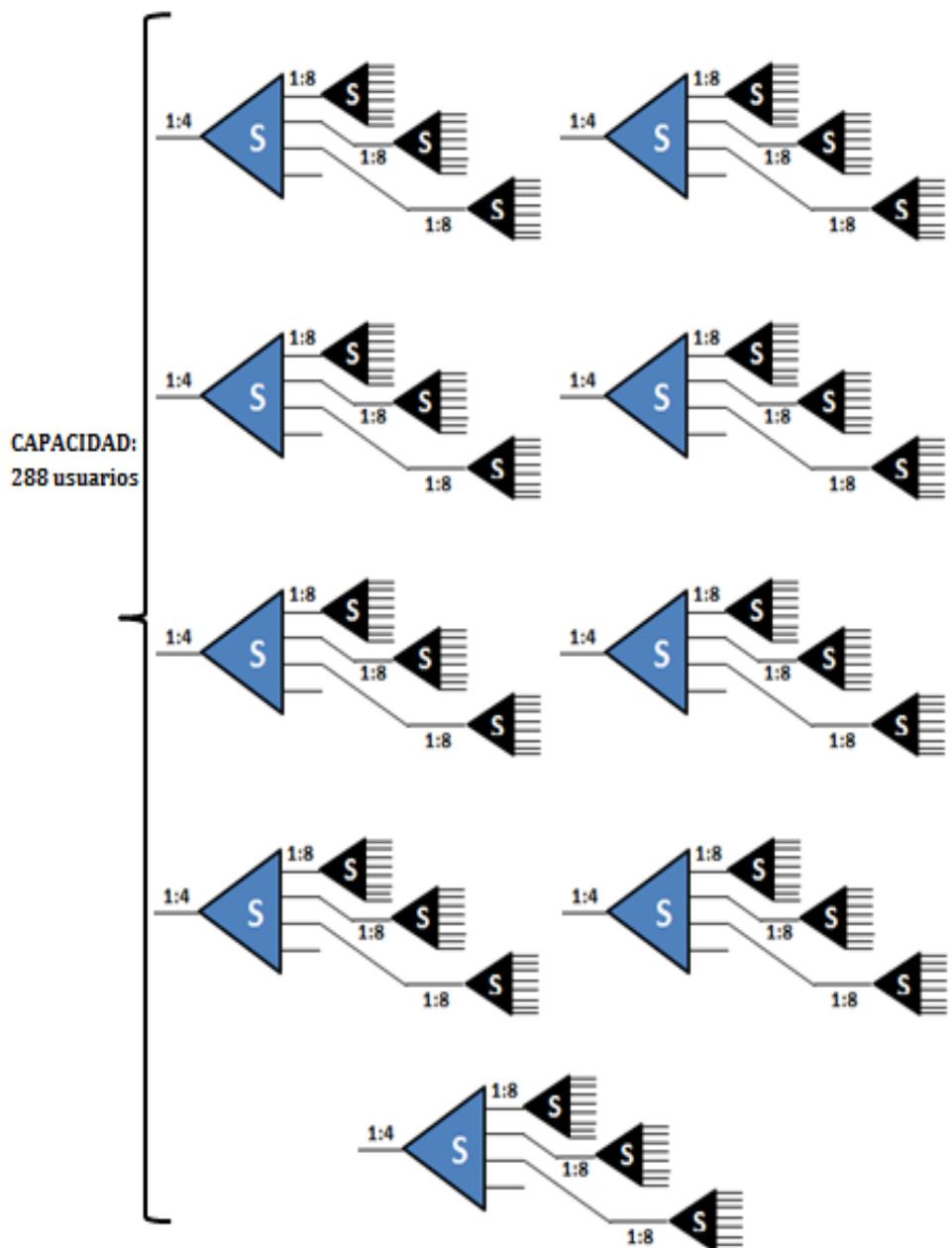
A continuación se presenta el esquema de división óptica propuesto por zonas, para ello se utiliza una configuración en cascada (splitters de 1:4 y 1:8), puesto que los usuarios, se encuentran dispersos y no concentrados en una sola parte, por lo tanto esta configuración es la indicada ya que brinda escalabilidad a la red y mejora los resultados en el presupuesto de pérdidas del enlace. Cabe resaltar que en este documento solo se realiza la conexión de la red hasta los splitters primarios, puesto a medida de que avance la demanda de las zonas, se procederá la instalación de la infraestructura hasta los usuarios finales.

#### **3.13.1. Zonas 1 y 2.**

Según el apartado 3.12 estas zonas contienen el 30% de usuarios actuales, si se traslada este porcentaje al total de usuarios que se tendrán dentro de cinco años, se tiene un total de 222 usuarios en dichas zonas. Para ello las zonas 1 y 2 necesitarán aproximadamente 14 splitters primarios de 1:4 y los puertos de cada splitter de primario estarán conectados a un splitter secundario con capacidad 1:8 (Ver Figura 39).

#### **3.13.1. Zonas 3 y 4.**

La zona 3 al momento un 15% de los usuarios actuales y la zona 4 un 25%. Si se traslada este porcentaje al total de usuarios que se tendrán dentro de cinco años se tendrá que aproximadamente en estas zonas habrá 111 usuarios (zona 3) y 185 usuarios (zona 4). Entonces para cubrir la demanda en estos sectores se necesitarán 4 splitters primarios (zona 3) y 6 splitters primarios para la zona 4, adicional a esto cabe resaltar que cada puerto de cada uno de los splitters primarios (1:4) estarán conectados a un splitter secundario de capacidad 1:8, como se indica en la figura anterior. El esquema de conexión para cada splitter primario que se implemente será el siguiente:

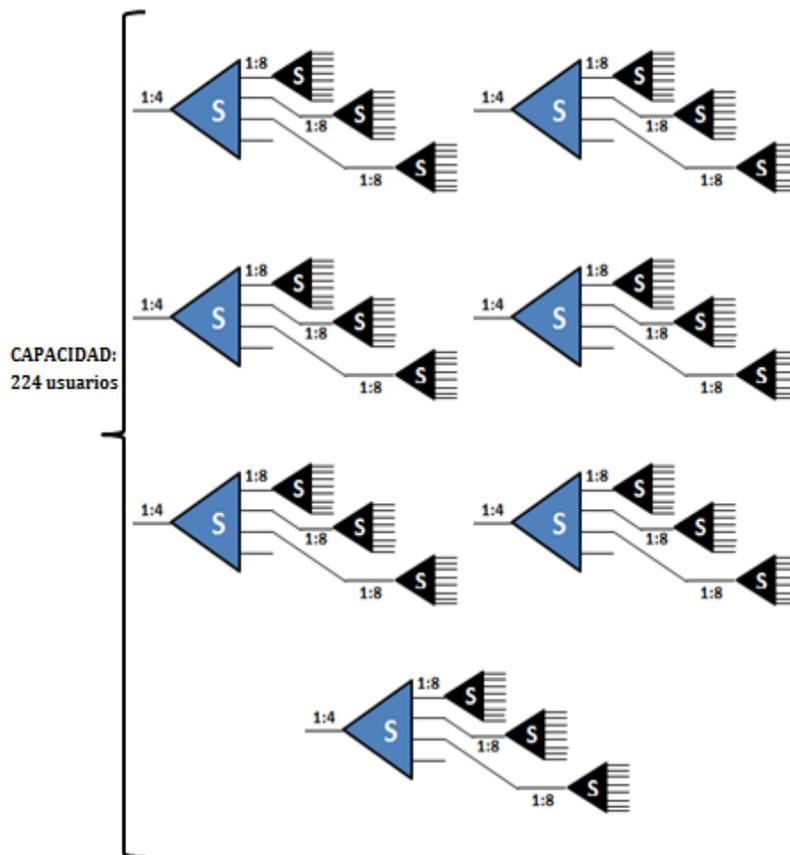


**Figura 39:** Esquema de configuración división óptica zonas 1 y 2

Fuente: Propia

#### Esquema:

- Se tendrá 9 splitters primarios de 1:4.
- Se implementarán 28 splitters secundarios que darían servicio a 222 usuarios.
- Splitter de reserva:  $36 - 28 = 8$ .
- Usuarios de reserva:  $288 - 222 = 66$  (23% de reserva para futuro crecimiento).



**Figura 40:** Esquema de configuración división óptica zonas 3 y 4

**Fuente:** Propia

#### **Esquema:**

- Se tendrá 5 splitters primarios de 1:4 para la zona 3 y 7 splitters para la zona 4.
- Se implementarán 14 splitters secundarios que darían servicio a 111 (zona 3).
- Se implementarán 24 splitters secundarios que darían servicio a 185 (zona 4).
- Splitter de reserva:  $20-14=6$  (zona 3).
- Splitter de reserva:  $28-24=4$  (zona 4).
- Usuarios de reserva:  $160-111=49$  (30% de reserva para futuro crecimiento).
- Usuarios de reserva:  $224-185=39$  (17% de reserva para futuro crecimiento).

#### **3.14. Proveedores.**

Este ítem presenta algunos 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.

***HUAWEI.***

“Huawei Technologies, es un proveedor líder a nivel global en el mercado de las telecomunicaciones. Además de estar comprometida en proveer productos, servicios y soluciones innovadoras que permiten a sus clientes tener un crecimiento verdaderamente potencial. Huawei pone a disposición soluciones FTTx GPON con series de productos como MXU, ODN, OLT y ONT, permitiendo satisfacer la creciente demanda de ancho de banda permitiendo a sus clientes ampliar su modelo de negocio”. [27]

***TYCO ELECTRONICS.***

Tyco Electronics, es el fabricante mundial más grande de componentes electrónicos pasivos, líder mundial en soluciones inalámbricas, fibra óptica y tecnologías completas de energía, además de ser un proveedor de componentes de cableado eléctrico.

Tyco Electronics proporciona productos de tecnología avanzada en más de cuarenta marcas conocidas tales como: AMP, AMP NETCONNECT, Madison Cable, OEG, Elcon, Elo, TouchSystems, Potter & BrumField, etc.

***CORNING OPTICAL COMMUNICATIONS.***

Corning Optical Communications parte de Corning, es un fabricante líder de soluciones de sistemas de comunicaciones por fibra óptica para voz, datos y aplicaciones de video en todo el mundo. Corning ofrece una amplia gama en soluciones ópticas, de extremo a extremo de la fibra óptica. En Ecuador la empresa el distribuidor autorizado por Corning Optical Communication es Anixter Ecuador ubicado en la Av. Shyris N35-174 y Suecia, Edif. Renazco Plaza, 1er. Piso.

## ***TELNET.***

TELNET Redes Inteligentes S.A en una empresa dedicada a la investigación, desarrollo e innovación en el mercado de las telecomunicaciones puesto que sus soluciones se adaptan a las necesidades y demandas de un mercado cambiante. El grupo de TELNET pone a disposición un sin número de soluciones para el acceso a Redes FTTH o acceso GPON tales como; rosetas ópticas, cable y microcable de acometida, analizadores GPON, amplificadores y regeneradores ópticos, splitters ópticos, ONT's y OLT's. [18]

Su fabricación de cables de fibra óptica, inició en el año 2004 produciendo todo tipo de cables de fibra óptica hasta la actualidad, tanto para tendidos en instalaciones de planta exterior e interior, como para la moderna tecnología FTTH o fibra hasta el hogar.

### **3.15. Especificaciones Mínimas Requeridas.**

A continuación se presentan las características principales que cada uno de los equipos GPON de la red FTTH en la zona de Urcuquí, deben prescindir.

#### ***Requerimientos del equipo OLT.***

- La OLT deberá soportar escenarios FTTH. 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 ONT.
- Puertos con capacidad Gigabit Ethernet, puesto que permitirá la integración con redes tipo IP/ MPLS

- Calidad de Servicio (QoS). Pues permitirá la clasificación de ONT por servicio permitiendo una adecuada asignación de ancho de banda dependiendo de la demanda.
- Permitir velocidad UP / DOWN: 1.24 Gbps / 2.4 Gbps. Puesto que son velocidades reguladas por la ITU-T G.984.
- Capacidad de proveer servicios de Video en la lambda de 1550nm.
- Capacidad de transmisión en las ventanas 1310nm y 1490. Para transmisión de datos y voz.
- Soportar distancias de transmisión hasta 20Km.
- Soportar servicios ADSL, VDSL, GPON.

#### ***Requerimientos del equipo ONT.***

- Soporte de estándar ITU-T G.984. Especificaciones para GPON.
- Un puerto GPON. Pues permitirá la conexión con la red GPON.
- Puerto 10/100 Base-T RJ-45. Interfaz que permite la salida de Datos.
- Puerto RF (coaxial). Interfaz que permite la salida de Video.
- Puerto RJ-11. Interfaz que permite la salida de Voz.
- Capacidad para soportar VoIP, Internet y servicios de video HD.
- Capacidad para trabajar en las ventanas 1310, 1490 y 1550. Pues permitirá integrar los servicios anteriores.
- Velocidades de Transmisión UP / DOWN: 1.24 Gbps / 2.4 Gbps. Puesto que permitirá correcta comunicación con el equipo central OLT, además de cumplir con las especificaciones de la ITU-T G.984.

### 3.16. Equipos Principales GPON.

Se escogió equipos que puedan satisfacer a los posibles requerimientos de los usuarios de la parroquia de Urcuquí, los cuales deben cumplir con las especificaciones requeridas para garantizar su buen funcionamiento, mencionadas en el apartado 3.15. Por lo que a continuación se mencionan equipos de tres marcas diferentes y sus características principales.

#### 3.16.1. OLT HUAWEI series MA5600T.



**Figura 41:** Esquema de configuración división óptica zonas 3 y 4

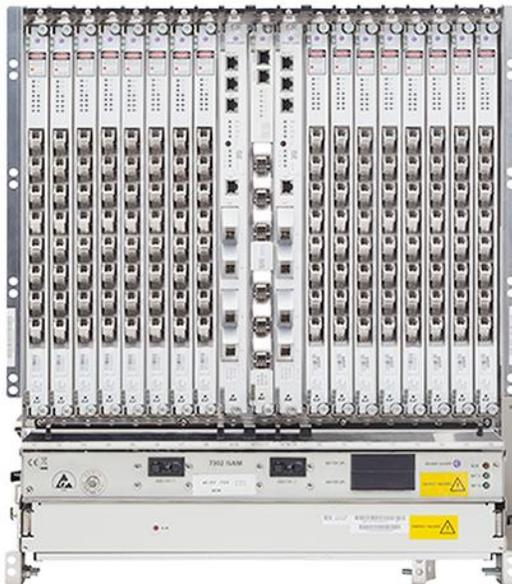
**Fuente:** OLT HUAWEI MA5603T. Recuperado de: [http://combasst.en.alibaba.com/product/60010875225-800940152/Huawei\\_MA5603T\\_GPON\\_OLT\\_IP\\_DSLAM.html](http://combasst.en.alibaba.com/product/60010875225-800940152/Huawei_MA5603T_GPON_OLT_IP_DSLAM.html)

#### **Características:**

- Provee máximo 8 puertos por tarjeta GPON.
- Soporta QoS, administración remotamente y localmente, seguridad y administración.
- Soporte estándar ITU-T G.984.
- Velocidad de transmisión downstream y upstream arriba de los 2.4Gbps y 1.24 Gbps, respectivamente.

- Soporta alcances físicos de 20Km y lógicos de hasta 60 Km.
- Sensibilidad de recepción de -28dBm

### 3.16.2. OLT ALCATEL – LUCENT



**Figura 42:** Esquema de configuración división óptica zonas 3 y 4

**Fuente:** ALCATEL- LUCENT. Recuperado de: <http://www.alcatel-lucent.com/products/7302-intelligent-services-access-manager>

#### Características:

- Provee 4 puertos por tarjeta GPON
- Velocidad de transmisión downstream y upstream arriba de los 2.4Gbps y 1.24 Gbps, respectivamente.
- Soporta alcance físicos de 20Km.
- Soporta calidad de servicio (QoS), y priorización de tráfico.
- Soporte estándar ITU-T G.984.

### 3.16.3. OLT MOTOROLA



**Figura 43:** Esquema de configuración división óptica zonas 3 y 4

**Fuente:** MOTOROLA ASX 1800. Recuperado de: <http://www.klonex.com.pl/media/produkty/pdf/motorola-axs1800.pdf>

#### **Características:**

- Soporte estándar ITU-T G.984.
- 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.

A continuación se presenta una comparativa entre tres modelos y marcas de equipos de tecnología GPON, tomando en cuenta las características técnicas mínimas requeridas que deber á tener el equipo central u OLT (Ver Tabla 24).

**Tabla 24**

Características de equipos OLT

Características mínimas requeridas	HUAWEI	ALCATEL LUCENT	MOTOROLA
Soportar de estándar ITU-T G.984	Si	Si	Si
Puerto GPON (mínimo 8 puertos GPON)	Si	No	No
Puertos con capacidad Gigabit Ethernet	Si	Si	Si
Calidad de Servicio (QoS).	Si	Si	Si
Permitir velocidad UP / DOWN: 1.24 Gbps / 2.4 Gbps	Si	Si	Si
Administrable remotamente y localmente	Si	Si	Si
Capacidad de proveer servicios de Video en la lambda de 1550nm	Si	Si	Si
Capacidad de transmisión en las ventanas 1310nm y 1490.	Si	Si	Si
Soportar distancias de transmisión hasta 20Km.	Si	Si	Si
Hot Swap (permite cambios de tarjeta en caliente)	Si	No	No
802.3z (Soporte Gigabit Ethernet para fibra en enlaces UPLINK)	Si	Si	No
802.1p (priorización de tráfico para diferentes aplicaciones)	Si	Si	No
Garantía mínimo de 3 años	No	No	No
<b>PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO</b>	<b>92,30%</b>	<b>76,92%</b>	<b>61.54%</b>

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Selección de equipos. Estudio y Diseño de una red última milla, utilizando una red GPON, para el sector del nuevo Aeropuerto de Quito. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3708/1/2010AJIEE-31.pdf>:

**OLT.**

El equipo OLT, deberá cumplir ciertos requisitos tales como: escalabilidad, seguridad, deberá contar con un modelo de gestión que facilite al operador la administración remota de los equipos de los usuarios lo que permitirá a la vez que el OPEX (costos en la operación de la red) se reduzca de manera significativa, es por ello que la OLT seleccionada de entre los anteriores es un producto del grupo HUAWEI, 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.

**ONT.**

La ONT escogida será del mismo fabricante para procurar una completa interoperabilidad, y además este producto cuenta con las interfaces necesarias para la transmisión y recepción de diferentes servicios de telecomunicaciones.

- Huawei Echolife HG8247 GPON Terminal,
- 2POTS + 4FE + 1USB + CATV + Wi-Fi, antena interna.
- Capacidades de transmisión de alto rendimiento para garantizar una excelente experiencia con servicios de VoIP, Internet y video de alta definición.
- Función plug and play.
- Ahorro de Energía.



**Figura 44:** Equipo ONT (HUAWEI HG8247)

**Fuente:** HUANETWORK, Recuperado de: [http://www.huanetwork.com/huawei-hg8247a-gpon-terminal-price\\_p3853.html](http://www.huanetwork.com/huawei-hg8247a-gpon-terminal-price_p3853.html)

**SPLITTER.**

Se utilizará una configuración en cascada, de capacidad 1:4, y 1:16, para el splitter primario, puesto que posibilitan una configuración en redundancia. Y de capacidad 1:8 para los divisores ópticos secundarios, los divisores ópticos escogidos serán de terminación de fibra de 900um,

presentación bandeja, puesto que su uniformidad es de  $\leq 1,0$ , no posee pérdidas de retorno y el tipo de sus puertos de salida es Ribbon 8 fibras x 1 (2,5 m fibras individuales).

### **3.17. Recomendaciones con respecto al sistema de puestas a tierra.**

La arquitectura de una red sin importar su tipo está basada en cinco parámetros fundamentales los mismos que son: sistema eléctrico, sistema pasivo, sistema activo, hardware y aplicaciones. En este ítem se tratará ciertos aspectos que son importantes considerar antes de la implementación de una red de datos.

Antes de implementar la red de acceso FTTH (fibra hasta el hogar), en la parroquia de Urcuquí, se deberá tener en consideración el sistema eléctrico, puesto que la OLT estará ubicada en planta externa ésta necesita una fuente de energía para entrar en funcionamiento, por lo cual es indispensable contar con un sistema de energización y de igual manera un sistema de protección contra futuros fenómenos eléctricos tales como: sobrecargas, cortocircuitos, transitorios generados por operación de motores, etc., que ocasionen daños e impidan que nuestros equipos funcionen al máximo.

Con el fin de evaluar las condiciones que debe tener un correcto sistema de puesta a tierra se necesita tomar como referencia, reglamentos y normas actualizados que sustenten la credibilidad y que cumplan con procedimientos admitidos a nivel internacional tales como: ANSI/IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos), Normas IEC (International Electrotechnical Commission) y a nivel nacional como: Código Eléctrico Nacional Ecuatoriano (NEC) y el Código Empresa Eléctrica.

La norma IEEE STD 80-2000 menciona los objetivos de la puesta a tierra los mismos que se mencionan a continuación:

- Proporcionar un medio para disipar corrientes eléctricas a tierra sin exceder ningún límite en el equipo y su operación [33].
- Asegurar que una persona cercana a una instalación eléctrica no sea expuesta al peligro de un choque eléctrico [33].
- Establecer límites de seguridad bajo condiciones de falla en la estación eléctrica.

Por tanto la norma aborda algunos cálculos de parámetros indispensables tales como:

- Tiempo de despeje de falla [33].
- Máxima corriente de malla [33].
- Resistividad del suelo [33].
- Resistividad de la capa superficial y geometría de la malla [33].

Por otro lado está el Reglamento de seguridad del NEC, código eléctrico nacional CPE INEN 019:01, que aplica en el país, el mismo que menciona los requisitos generales y específicos para la puesta a tierra en instalaciones eléctricas.

- Todo sistema, circuitos y equipos se exige que estén puestos a tierra [33].
- Métodos de puesta a tierra y puentes de unión [33].
- Conductor que se debe poner a tierra en sistemas de corriente alterna [33].
- Sistema de electrodos de puesta a tierra [33].
- Puestas a tierra de instalaciones y circuitos de alta tensión (1kV o más). [33].w

Según las normas existentes de la empresa eléctrica quito publicadas en el año 1979 y actualizadas al 2014, donde se indican:

- Que los equipos de protección deberán cumplir con las corrientes mínimas establecidas en la sección A-20.08 [33].

- Para la puesta a tierra se utilizará de preferencia varillas de Copperwerld y conectores del mismo material, en áreas rurales podrán utilizarse varillas de acero galvanizado [33].
- El cable de puesta a tierra será un conductor de cobre desnudo, suave, #2 – 1/0 AWG. [33].
- La varilla de puesta a tierra tendrá un diámetro de 16mm y una longitud de 1.80m [33].

Por lo tanto para el presente proyecto se recomienda, utilizar sistemas de protección eléctrica de acuerdo a la normativa vigente en el país y a estándares internacionales para garantizar la correcta operación de los equipos, prolongar su vida útil de los mismos y evitar posibles fallas en la red.

### **3.18. Ubicación splitter primario.**

El splitter primario estará alojado en una manga o caja de empalme que provea las condiciones óptimas que lo protejan contra agentes externos, estarán ubicados en sitios estratégicos para optimizar el uso de los puertos de cada splitter facilitando la expansión de la red.

Se utilizará la arquitectura en cascada, puesto que presenta menores costos durante el despliegue por abonado y es más eficiente en zonas con alta penetración de mercado. En la Tabla 25, se detalla la ubicación de cada caja de empalme que albergará el splitter primario y la distancia que se deberá recorrer desde la OLT hasta llegar a la misma.

**Tabla 25**

Distancias entre la OLT y los splitter primarios

ZONAS	SPLITTER PRIMARIO	DISTANCIA OLT-SPLITTER PRIMARIO (m)	UBICACIÓN
<b>ZONA 1</b>	1:4	1045,05	Entre Calle Julio María Matovelle y Gonzáles Suárez Frente al Parque
<b>ZONA 2</b>	1:4	1555,20	Pasaje S/N
<b>ZONA 3</b>	1:4	445,15	Calle Guzmán a la altura del Colegio Nacional Urcuquí.
<b>ZONA 4</b>	1:16	111,38	Calle Elías Salvador y Calle Gonzáles Suárez

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia

### 3.19. Ubicación splitter secundario.

En la Figura 45, se observa la ubicación de los splitter y la distribución de los usuarios actuales por zonas. Cada splitter primario estará conectado a un puerto de la OLT mediante el cable FEEDER o de alimentación, por medio del ODF o FDH que facilita la conexión de los hilos del cable de alimentación a cada uno de los puertos del módulo OLT.

Mientras tanto el cable DISTRIBUTION, será el que interconecte al splitter primario con el splitter secundario, el splitter secundario estará alojado en una caja de derivación desde donde partirán los cables de DROP hacia el usuario final.

A continuación la Tabla 26, presenta las distancias recorridas desde el splitter primario hasta el splitter secundario (distancia del cable DISTRIBUTION) y la dirección exacta de ubicación.

**Tabla 26**

Distancias entre el splitter primarios y el splitter secundarios

ZONAS	SPLITTER SECUNDARIO	DISTANCIA SPLITTER PRIMARIO - SPLITTER SECUNDARIO (m)	UBICACIÓN
ZONA 1	1:8	314,16	Calle Eugenio Espejo y Gonzales Suarez
	1:8	513,87	Pasaje S/N
	1:8	161,47	Calle Flavio Noboa y Antonio Ante
ZONA 2	1:8	273,16	Calle Gonzales Suarez esquina
	1:8	85,53	Calle Antonio Ante
	1:8	476,69	Pasaje S/N
ZONA 3	1:8	269,18	Calle Guzmán a la altura del Estadio Urcuquí
	1:8	730,69	Pasaje S/N

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia

- En la Zona 1 y 2, tres de las salidas de cada splitter primario 1:4 estarán conectadas en cascada a un splitter secundario de división 1:8, dando la posibilidad de conectar 18 ONT's. No obstante quedará un puerto del splitter primario y seis puertos del tercer splitter secundario libres para futuro crecimiento de usuarios.
- En la Zona 3 sólo se tomó en cuenta, un splitter primario con capacidad de división de 1:4 puesto que sólo existen 9 usuarios, a dos salidas del splitter primario se conectarán dos splitter's de división 1:8 sin embargo, splitter de 1:4 o 1:8 pueden ser aumentados si se lo requiere.
- Puesto que en la Zona 4, existen 15 usuarios se planteó conectar dos splitter de 1:8 en dos de las salidas del splitter primario quedando dos salidas en el splitter primario de respaldo para futuro crecimiento.

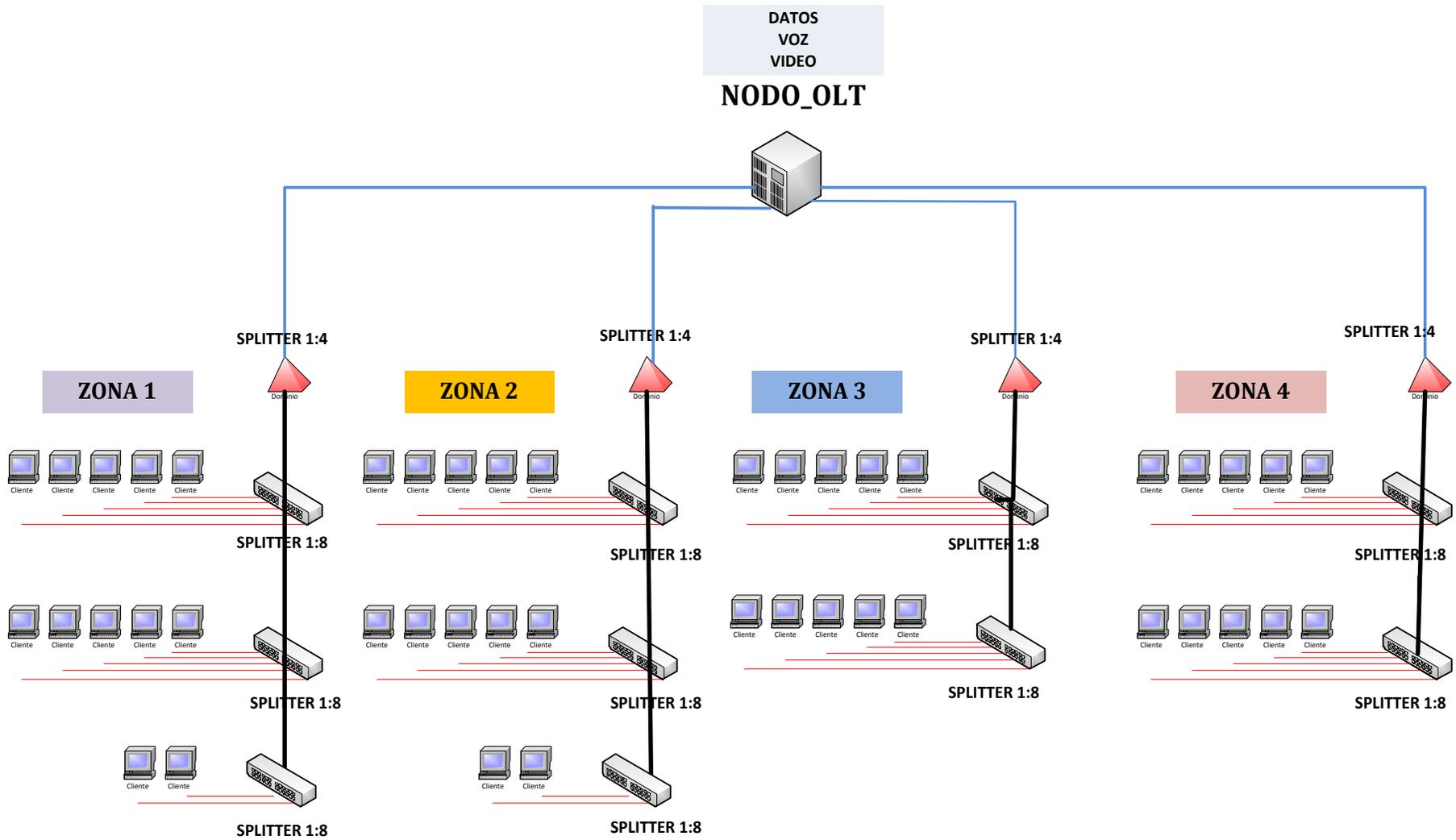
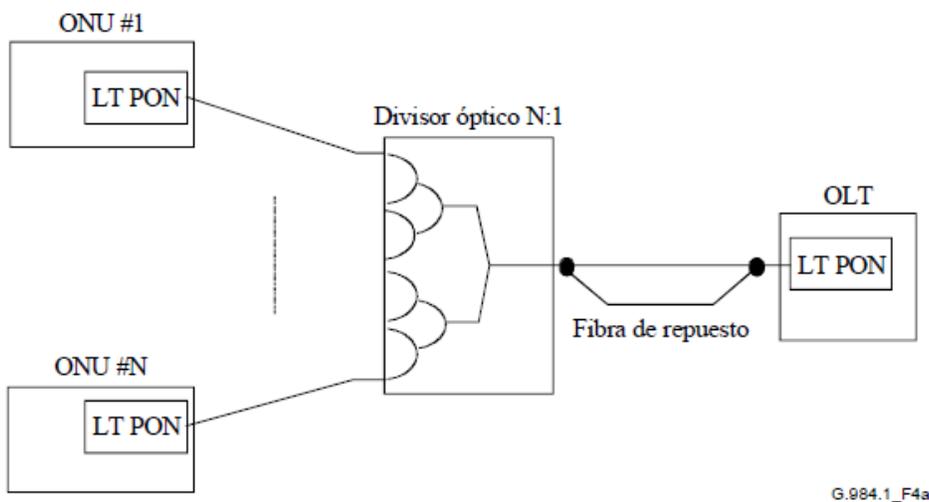


Figura 45: Topología de la red de acceso FTTH, Parroquia Urcuquí distribuida por zonas

Fuente: Propia

### 3.20. Configuración y características de la red GPON Dúplex.

Considerando la recomendación ITU-T G.984.1, que indica que una red GPON puede tener cuatro tipos de configuración, que varían desde el solo hecho de duplicar únicamente las fibras ópticas hasta que todos los elementos tanto a los extremos (OLT y ONU) como en la ODN (fibras ópticas y splitter) sean duplicados. Sin embargo para este proyecto se realizará una configuración de redundancia del tipo A, donde, se duplican únicamente las fibras ópticas del cable de FEEDER. En este caso, durante el tiempo de conmutación es inevitable la pérdida de señal o incluso de tramas. No obstante, después de la conmutación de la fibra se deben mantener todas las conexiones establecidas entre el nodo de servicio y el equipo terminal. (ITU-T Rec.G.984.1). Los tipos de configuraciones de una red GPON, se pueden apreciar en la sección de Anexos ilustradas claramente mediante figuras, Anexo F.



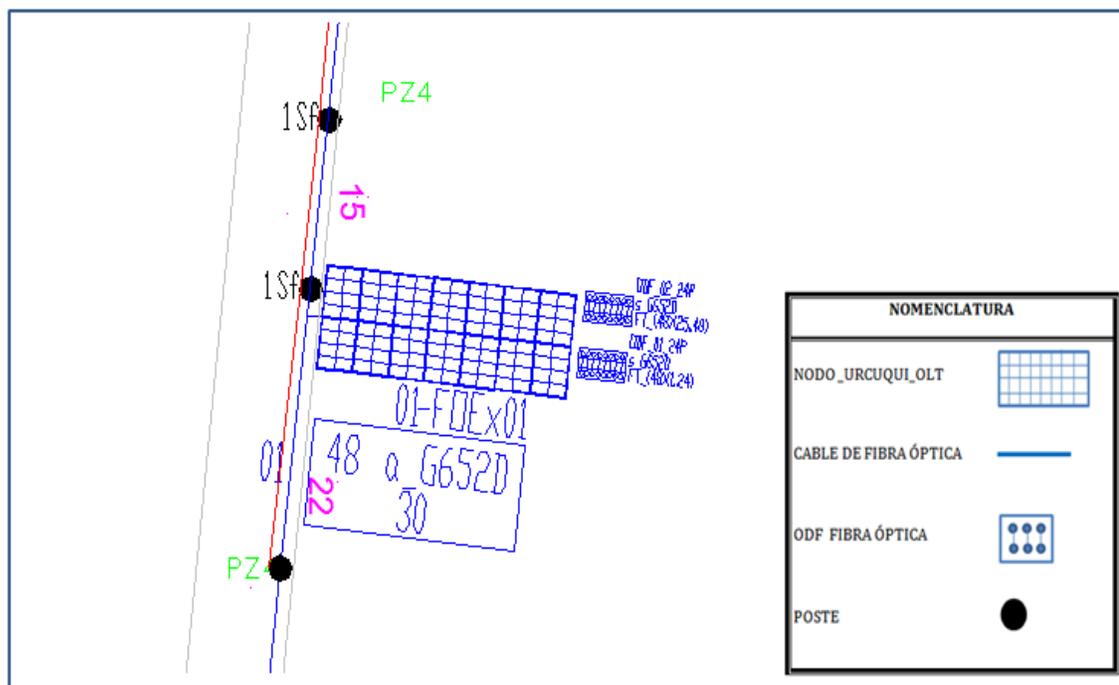
**Figura 4a/G.984.1 – Sistema GPON dúplex: sistema de fibras dúplex**

**Figura 46:** Sistema GPON Dúplex tipo A

**Fuente:** ITU-T Rec. G.984.1

### 3.21. Cálculo de reservas del cable de Fibra Óptica

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 que es de 15 metros, posteriormente a esto se sumará la distancia entre poste y poste hasta llegar a cada uno de los divisores ópticos primarios.



**Figura 47:** Ubicación del equipo OLT

**Fuente:** Propia

Para obtener la distancia total del cable de FEEDER (distancia desde OLT hacia splitter primario), apreciadas en la tabla anterior (Ver Tabla 25), se debe sumar las distancias de cada una de las zonas, 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 y el primer poste (valor de 15 metros).

**Tabla 27**

Distancia Total del cable de FEEDER.

ZONAS	DISTANCIA CABLE FEEDER POR ZONAS (metros)	UBICACIÓN
ZONA 1	1045,05	Entre Calle Julio María Matovelle y Gonzáles Suárez Frente al Parque
ZONA 2	1555,2	Pasaje S/N
ZONA 3	445,15	Calle Guzmán a la altura del Colegio Nacional Urcuquí.
ZONA 4	111,38	Calle Elías Salvador y Calle Gonzáles Suárez
<b>TOTAL</b>	<b>3156,78</b>	

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia

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 26, se deberá sacar el total de la distancia de cada zona, sumando todos los valores.

**Tabla 28**

Distancia Total del cable de DISTRIBUCIÓN.

ZONAS	DISTANCIA CABLE DISTRIBUCION POR ZONAS (metros)	UBICACIÓN
ZONA 1	989,5	Calle Eugenio Espejo y Gonzales Suarez Pasaje S/N
ZONA 2	835,38	Calle Flavio Noboa y Antonio Ante Calle Gonzales Suarez esquina Calle Antonio Ante Pasaje S/N
ZONA 3	999,87	Calle Guzmán a la altura del Estadio Urcuquí Pasaje S/N
<b>TOTAL</b>	<b>2824,75</b>	

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia

Por último para obtener el total de la distancia del cable DROP, se sumarán el total de las distancias de cada zona, tomando en consideración la distancia aproximada que se tiene, desde la última caja de distribución hasta el domicilio del usuario. A continuación en la Tabla 29, se observa muestra las distancias de cada usuario por zonas.

**Tabla 29**

Distancia Total del cable de DROP.

<b>USUARIO</b>	<b>DISTANCIA DESDE SPLITTER SECUNDARIO HACIA EL USUARIO ZONA 1 (metros)</b>	<b>DISTANCIA DESDE SPLITTER SECUNDARIO HACIA EL USUARIO ZONA 2 (metros)</b>	<b>DISTANCIA DESDE SPLITTER SECUNDARIO HACIA EL USUARIO ZONA 3 (metros)</b>	<b>DISTANCIA DESDE SPLITTER SECUNDARIO HACIA EL USUARIO ZONA 4 (metros)</b>
<b>1</b>	65,5	29,74	141,32	102,94
<b>2</b>	176,85	64,76	199,9	289,72
<b>3</b>	75,25	140,37	159,56	153,53
<b>4</b>	206,37	167,19	224,14	226,89
<b>6</b>	175,79	131,19	273,5	60,23
<b>7</b>	112,52	201,56	280,5	219,47
<b>8</b>	165,57	289,83	95,33	53,13
<b>9</b>	104,65	89,65	205,31	56,08
<b>10</b>	184,02	119,48	-	182,9
<b>11</b>	67,63	193,5	-	221,89
<b>12</b>	82,99	199,46	-	75,56
<b>13</b>	131,28	230,27	-	123,21
<b>14</b>	158,67	235,81	-	214,13
<b>15</b>	214,67	185,19	-	129,52
<b>16</b>	284,31	213,71	-	-
<b>17</b>	115,22	92,46	-	-
<b>18</b>	176,61	151,18	-	-
<b>Total/Zona</b>	<b>2765,84</b>	<b>2955,12</b>	<b>1847,85</b>	<b>2241,48</b>
<b>TOTAL DROP</b>		<b>9810,29</b>		

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia

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.

Según el manual elaborado para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones por (Soto C.R, 2009), acerca de procedimientos para proyectos de redes de fibra óptica, sugiere que se debe calcular un 10% de la cantidad de cable [28], 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 30, se detallan las distancias totales obtenidas tanto para el cable de alimentación FEEDER, Distribución y DROP (Ver Tabla 27, 28 y 29). Con lo expuesto

anteriormente, a las distancias totales se le adicionará el 10%, mismo que estará destinado como fibra óptica de reserva.

**Tabla 30**

Distancia Total para los cables FEEDER y DISTRIBUTION.

	<b>SUBTOTAL Distancia (m)</b>	<b>RESERVA %</b>	<b>Distancia Guarda (m)</b>	<b>TOTAL</b>
<b>FEEDER</b>	3156,78	10%	315.67	<b>3472</b>
<b>DISTRIBUTION</b>	2824,75	10%	282.47	<b>3107</b>

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia

Por lo que se concluye en que para el despliegue de la red de alimentación y el cable de distribución, se necesitará mínimo dos bobinas de 4Km (cada una) de cable de fibra óptica monomodo ADSS tipo G.652D.

El cálculo de las distancias del cable DROP, cable desde la caja terminal óptica hacia el domicilio del usuario, se las hicieron de manera independiente (Ver tabla 29), sin embargo, como recomendación este valor no debe superar los 300m.

Según datos obtenidos (Ver tabla 29), las distancias no superan este umbral puesto que estas distancias oscilan entre los 30 y 200 metros, cabe recalcar que las distancias fueron medidas en el programa ARCGIS 10, desde la última caja de distribución hacia cada usuario, por lo que se puede decir que las distancias del cable DROP son las adecuadas.

A continuación se presenta el total de cable DROP necesario para interconectar a cada uno de los clientes, los mismos que se han distribuido por zonas específicas, cabe resaltar que se ha tomado un 10% adicional de la longitud total del enlace para la distribución de la catenaria y reservas correspondientes.

**Tabla 31**

Distancia Total para el cable DROP.

CABLE DROP / ZONA	PANDEO	Distancia Guarda (m)	TOTAL	
<b>DROP</b>	9810,3	10%	981	<b>10791</b>

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia

Por lo que se concluye en que para el despliegue de la red de alimentación y el cable de distribución, se necesitará mínimo una bobina de 10Km (cada una) de cable de fibra óptica monomodo ADSS.

### 3.22. Balance Óptico de la red de acceso FTTH.

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. La recomendación UIT-T G.652, establece que la atenuación de un enlace está expresada por la ecuación.

$$A = \alpha L + \alpha_s X + \alpha_c Y \quad \text{Ec. (4)}$$

**Donde:**

$\alpha$ : Coeficiente típico de atenuación presente en diferentes tipos de cables.

$\alpha_s$ : Atenuación media por empalme.

$\alpha_c$ : Atenuación media por conector.

$L$ : Longitud del enlace

$X$ : Número de empalmes.

---

<sup>4</sup> **Ecuación 4.** Atenuación de un enlace de fibra óptica. Recomendación ITU-T G.652

Y: Número de conectores.

La atenuación en divisores ópticos depende del número de salidas o entradas que tengan los mismos, a continuación se presenta una tabla (Ver Tabla 32) en la que se muestra los valores máximos, mínimos y promedios de pérdidas en un splitter.

**Tabla 32**

Pérdidas en Divisores Ópticos – G.671.

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

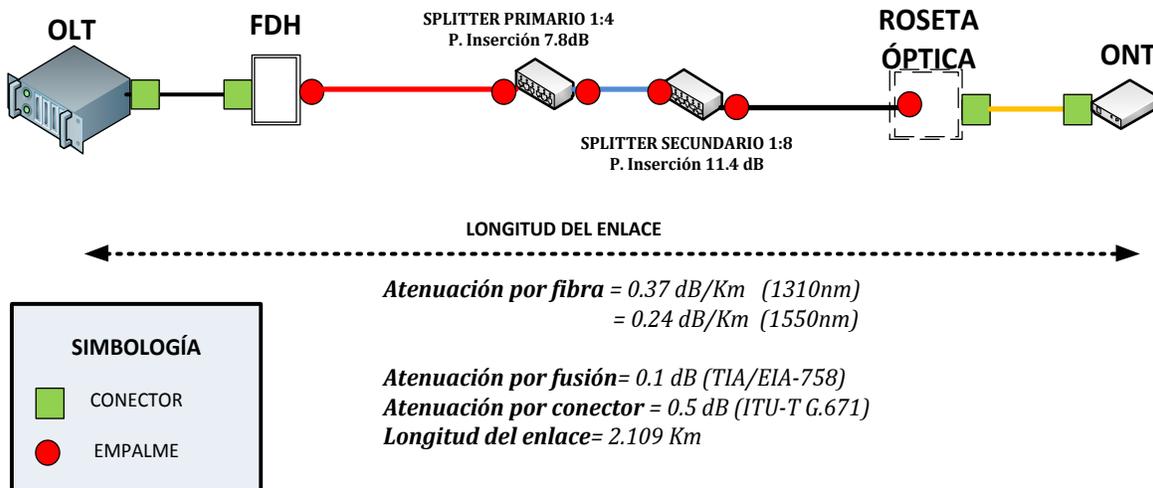
\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Recomendación G.671. Características de transmisión de los componentes y subsistemas ópticos.

### **3.23. Determinación del mejor y peor caso de 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 FTTH en la ciudad de Urucuquí. Para lo cual se toma en cuenta las longitudes de onda más importantes 1310nm y 1550nm, teniendo en consideración la atenuación que inserta la fibra óptica en dichas longitudes, especificado en la hoja de datos de la fibra óptica ANEXO A.

#### **3.23.1. Esquema físico para el peor caso de Enlace**

Mediante una revisión en los planos de la base georeferencial y según lo antes descrito en el desarrollo del diseño de la red FTTH, en la ciudad de Urucuquí se presenta el siguiente caso descrito, como el mejor.



**Figura 48:** Esquema de conexión de la red FTTH para el peor caso

**Fuente:** Propia

Por lo tanto reemplazando en la ecuación y asumiendo los valores descritos en la Figura 34, así como también la pérdida por splitter, se tiene:

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

Por lo tanto se obtiene lo siguiente:

$$A_f = 2.1098 \text{ Km} * 0.37 \frac{\text{dB}}{\text{km}} = 0.78 \text{ dB} \quad \text{Ec. (5)}$$

$$\alpha_c = 4 * 0.5 \text{ dB} = 2 \text{ dB} \quad \text{Ec. (6)}$$

$$\alpha_f = 6 * 0.1 \text{ dB} = 0.6 \text{ dB} \quad \text{Ec. (7)}$$

<sup>5</sup> **Ecuación 5.** Valor típico de atenuación presente en diferentes tipos de cables. Recomendación ITU-T G.652

<sup>6</sup> **Ecuación 6.** Atenuación media por conector. Recomendación ITU-T G.652

### Atenuación Total para el peor caso en 1310nm.

$$A_{total_{peor_{caso}}} = 0.78dB + 2dB + 0.6dB + 19.2dB$$

$$A_{total_{peor_{caso}}} = 22.98 \text{ dB}$$

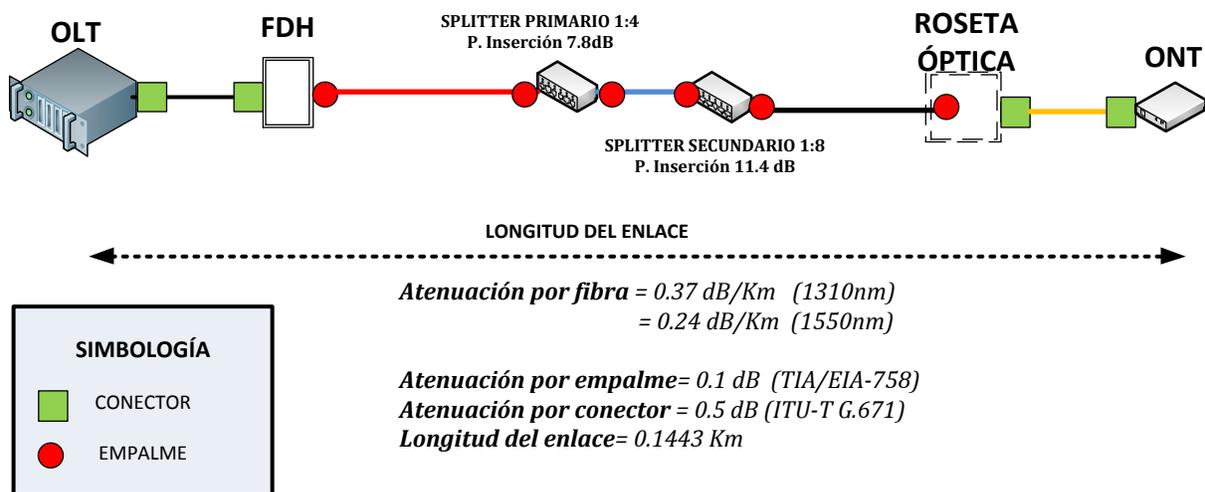
### Atenuación Total para el peor caso en 1550nm.

$$A_{total_{peor_{caso}}} = 0.5dB + 2.5dB + 0.5dB + 19.2dB$$

$$A_{total_{peor_{caso}}} = 22.7 \text{ dB}$$

#### 3.23.2. Esquema físico para el mejor caso de Enlace

El mejor caso para la red de acceso FTTH en la ciudad de Urququí, estará determinada por la ONT más cercana a la OLT, esto se logrará determinar mediante los planos levantados en la zona. De igual manera se prevé un margen de resguardo de 3dB y la suma de las pérdidas de inserción provocadas por divisores ópticos. (Ver Figura 42)



**Figura 49:** Esquema de conexión de la red FTTH para el mejor caso

**Fuente:** Propia

<sup>7</sup> **Ecuación 7.** Atenuación media por empalme. Recomendación ITU-T G.652

$$A_f = 0.1443 \text{Km} * 0.37 \frac{\text{dB}}{\text{km}} = 0.05 \text{dB}$$

$$A_f = 0.1443 \text{Km} * 0.24 \frac{\text{dB}}{\text{km}} = 0.03 \text{dB}$$

$$\alpha_c = 4 * 0.5 \text{dB} = 2 \text{ dB}$$

$$\alpha_s = 5 * 0.1 \text{dB} = 0.5 \text{dB}$$

### Atenuación Total para el mejor caso en 1310nm.

$$A_{total_{mejor\ caso}} = 21.75 \text{ dB}$$

### Atenuación Total para el mejor caso en 1550nm.

$$A_{total_{mejor\ caso}} = 21.73 \text{ dB}$$

**Tabla 33**

Presupuesto de pérdida, peor y mejor caso.

	Ventana	Distancia	Cable	# Split.	Split.	#	Empal.	#Conec.	Conec.	Total
	nm.	Km	dB/Km		dB	Empalme.	dB		dB	dB
ONT MAS ALEJADA	1310	2,1	0,37	2	19,2	6	0,6	4	2	22,58
	1550	2,1	0,24	2	19,2	6	0,6	4	2	22,31
ONT MÁS CERCANA	1310	0,144	0,37	2	19,2	6	0,6	4	2	21,85
	1550	0,144	0,24	2	19,2	6	0,6	4	2	21,83

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia

Para la atenuación en forma ascendente o pérdidas de retorno, se considerarán los parámetros determinados en la recomendación ITU-T G.984, la misma que define umbrales mínimos y máximos de potencia óptica.

Valores Umbral OLT:

- Potencia mínima de emisión: 1.5dBm

- Potencia máxima de emisión: 5dBm
- Sensibilidad mínima: -28dBm

Valores Umbral ONT:

- Potencia mínima de emisión: 0.5dBm
- Potencia máxima de emisión: 5dBm
- Sensibilidad mínima: -27dBm

Mediante la fórmula siguiente del balance energético:

$$P_m = P_t - P_r \geq A_t \quad \text{Ec. (9)}$$

Donde:  $P_t$  es la potencia de salida del transmisor en dBm y  $P_r$  es la sensibilidad del receptor en dBm y  $A_t$  es la atenuación total máxima permisible del enlace en dB.

Considerando los datos antes mencionados, aplicando la fórmula de la atenuación total se obtiene una atenuación total de 25,7dB para el cliente más alejado. Teniendo en cuenta los datos del fabricante del equipamiento OLT con respecto a la potencia del transmisor ( $P_t$ ) la cual fluctúa de 1,5dBm a 5dBm y la sensibilidad del receptor que es de -28dBm.

$$P_m = 1,5dBm - (-28dBm) \geq 25.7$$

$$P_m = 29.5dB \geq 25.7$$

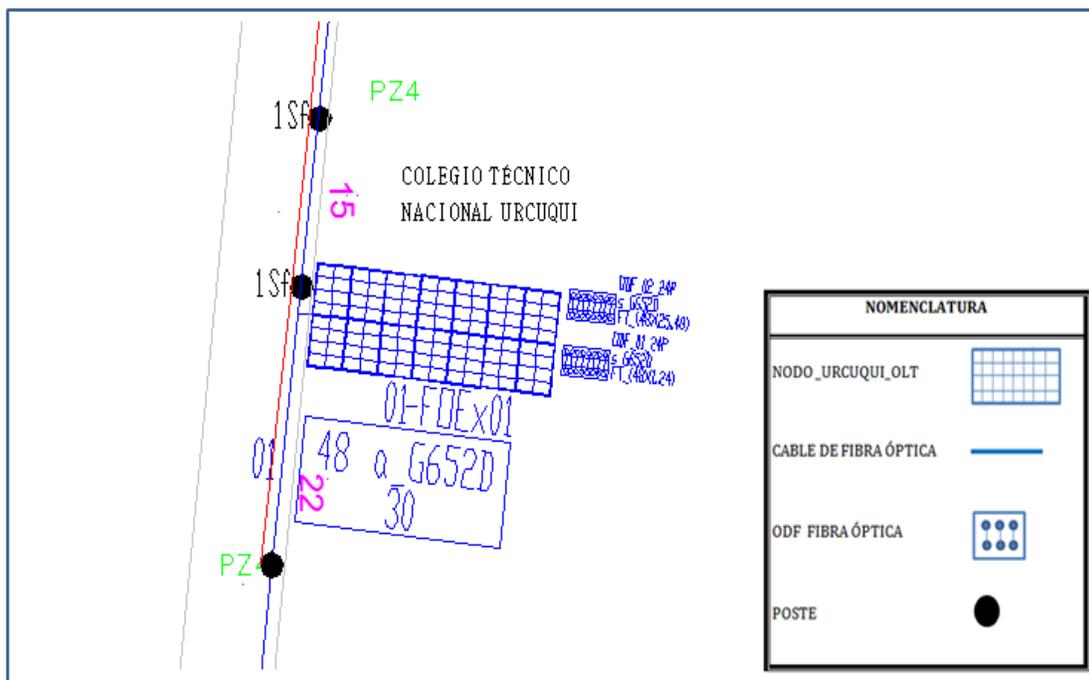
---

<sup>8</sup> **Ecuación 9.** Ecuación para determinar el balance energético. **Gómez M. & Morejón A. (2012).** Estudio y Diseño de una red de acceso GPON para los servicios de telecomunicaciones Triple Play en el sector oriental de Riobamba. (Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo)

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación del balance energético se obtendría un margen de potencia de 29,5 dB siendo superior al valor de atenuación total que va a tener el enlace por lo tanto se garantiza su implementación.

### 3.24. Levantamiento de planos de la red de acceso FTTH (fibra hasta el hogar), en la parroquia Urcuquí.

A continuación se presenta los planos de las zonas a servir con sus respectiva nomenclatura, para ello se utilizó la herramienta de diseño AutoCAD 2013, cabe resaltar que la información resultante está basada en la planimetría de la postería existente, facilitada por la Empresa Eléctrica EMELNORTE S.A. El plano El plano completo es anexado al final del documento.



**Figura 50:** Ubicación del equipo OLT- Red FTTH Urcuquí

Fuente: Propia.

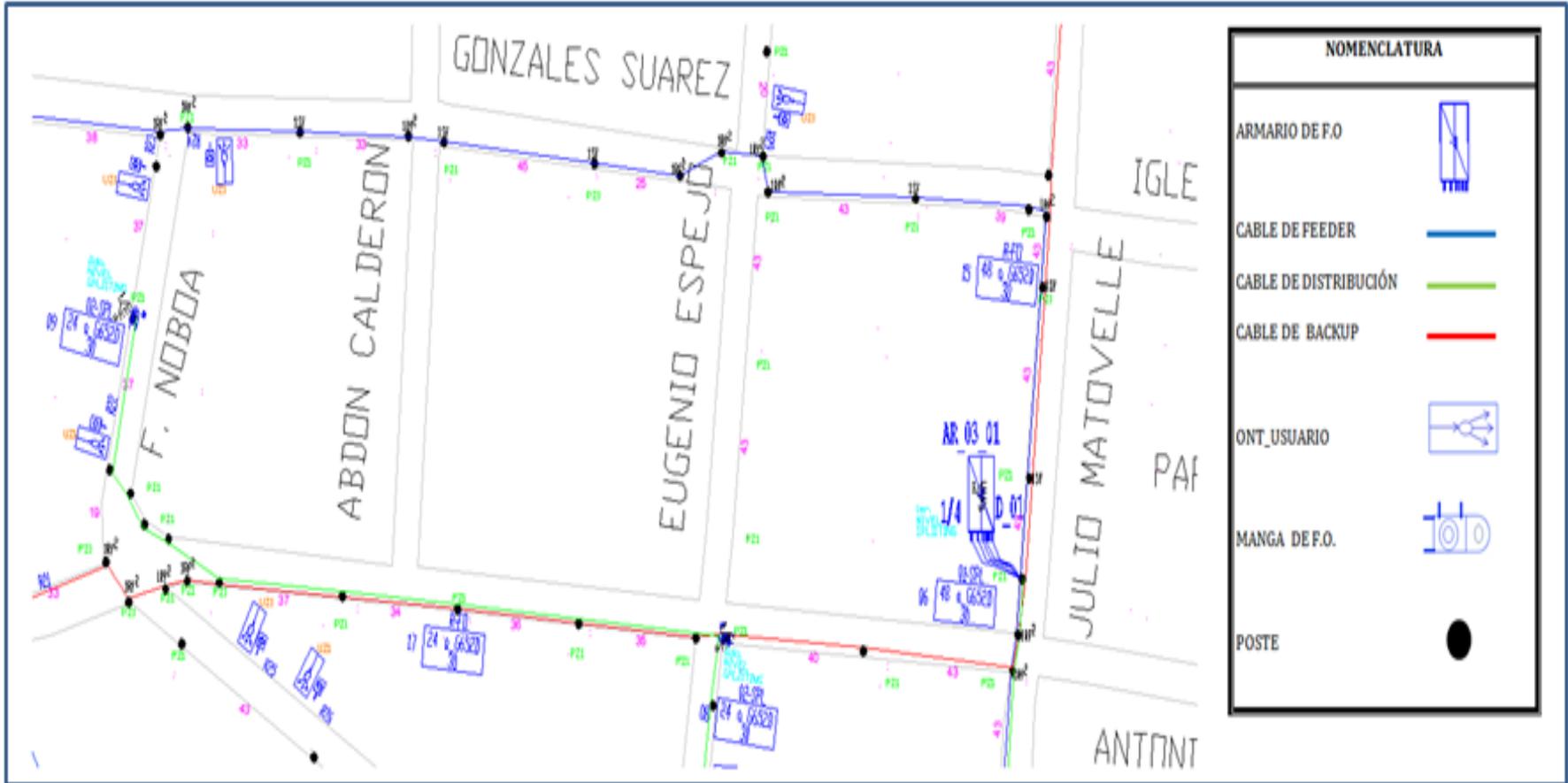


Figura 51: Zona 1- Red FTTH Urcuquí

Fuente: Propia.

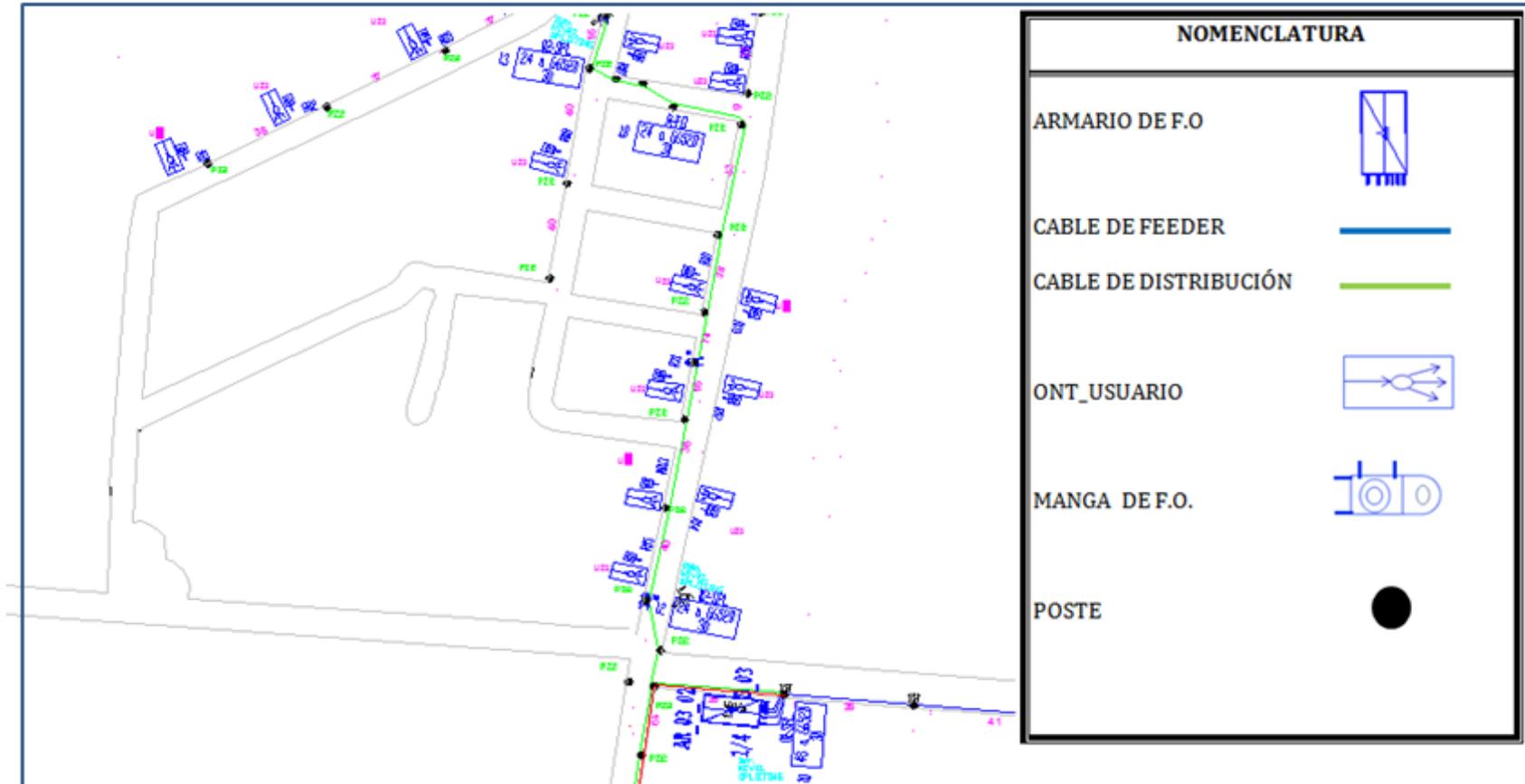


Figura 52: Zona 2- Red FTTH Urcuquí

Fuente: Propia.

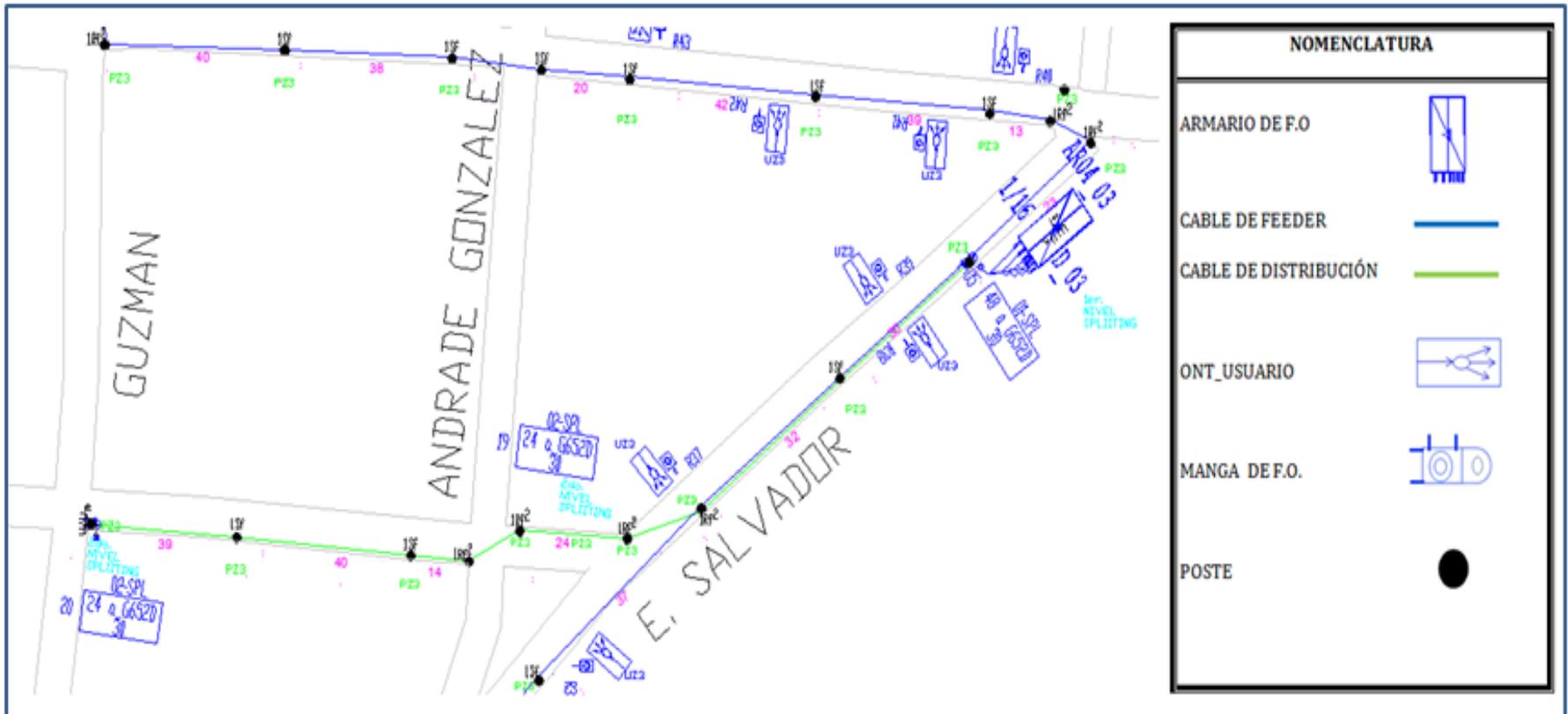


Figura 53: Zona 3- Red FTTH Urcuquí

Fuente: Propia.

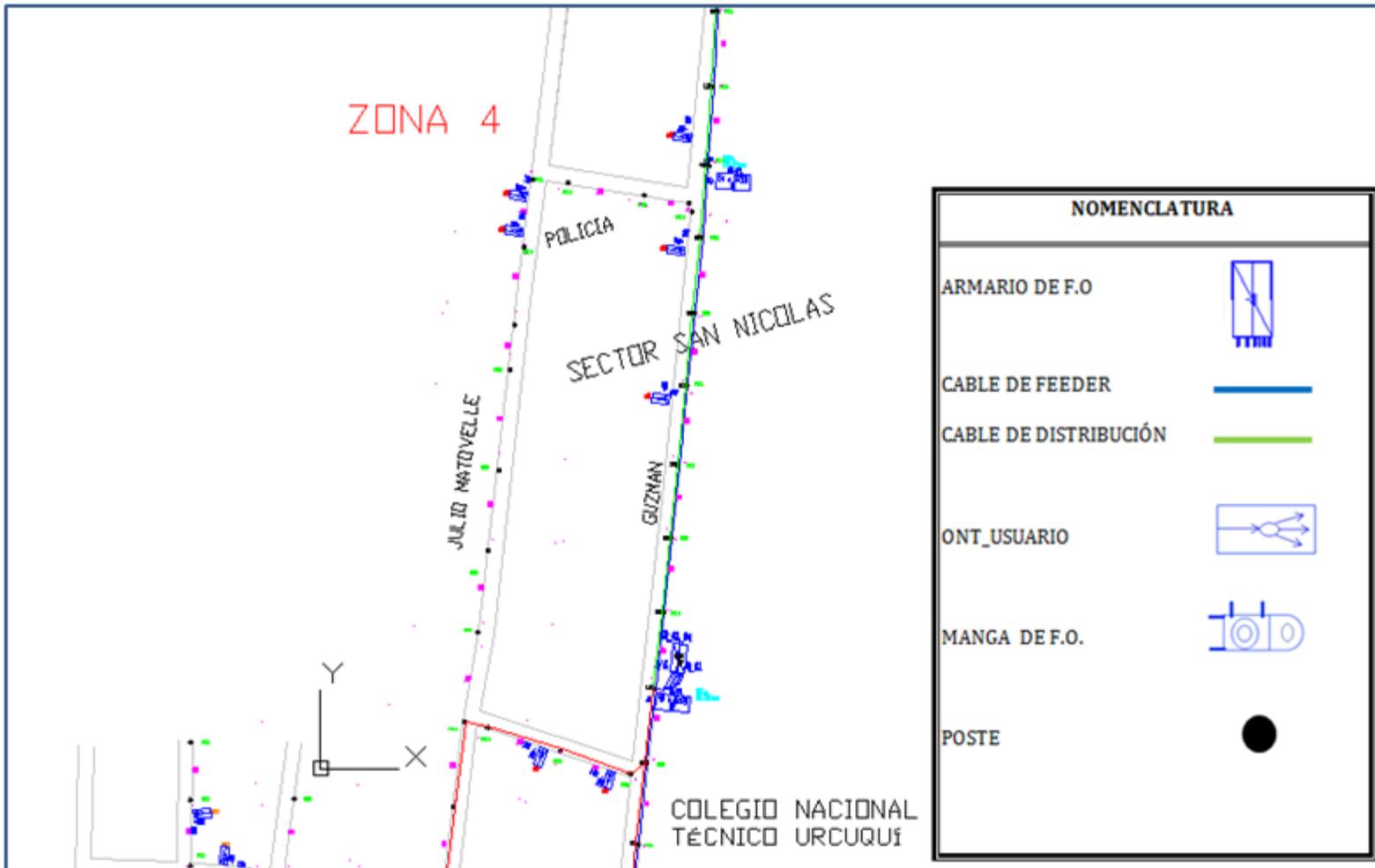
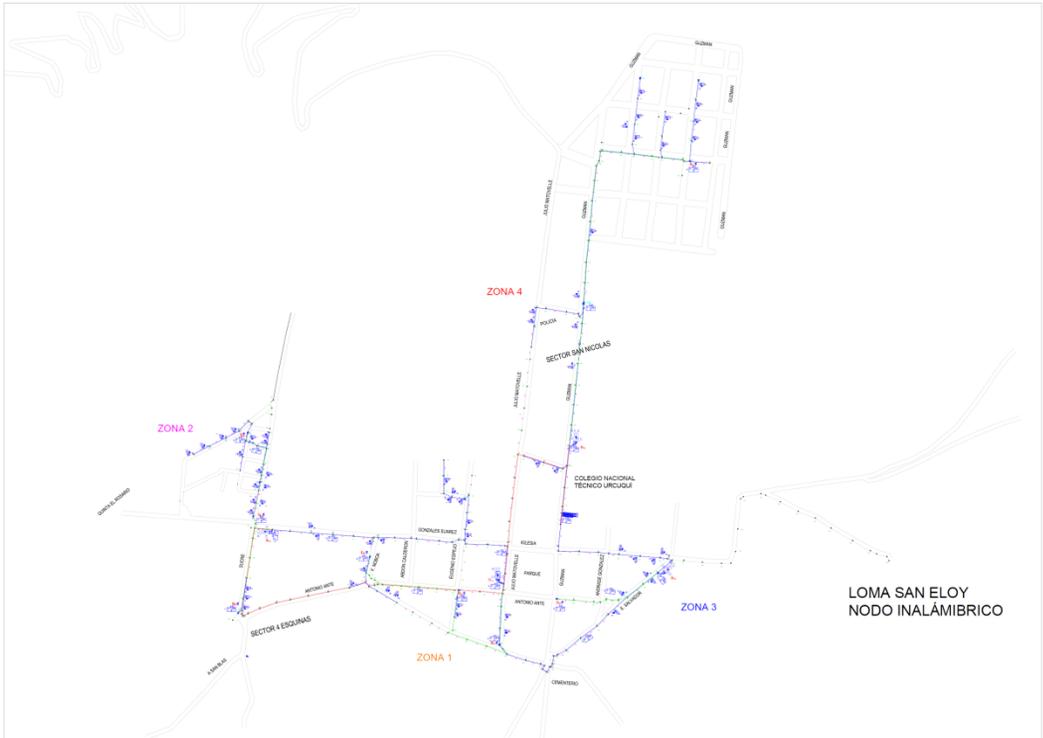
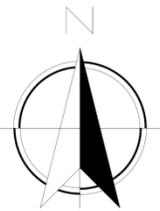


Figura 54: Zona 4- Red FTTH Urcuquí

Fuente: Propia.



SIMBOLOGIA	
	EQUIPO OLT_URQUQUÍ
	ODF DISTRIBUIDOR DE F.O 24 PUERTOS
	MANGA DE EMPALME
	EQUIPO ONT_USUARIO
	CAJA TERMINAL DE ABONADO
	RESERVA DE F.O
	FDH O CAJA DE DISTRIBUCIÓN
	HERRAJE TIPO A
	HERRAJE TIPO B O DE PASO
	POSTE HORMIGÓN
	CABLE DE F.O FEEDER 48 HILOS
	CABLE DE F.O DISTRIBUTION 24 HILOS
	CABLE DE F.O DROP
	CABLE DE F.O BACKUP 48 HILOS



UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE	
FACULTAD EN CIENCIAS APLICADAS	
Mapa de la Red de Acceso FTTH en la Parroquia de Urququí Provincia de Imbabura	
DIGITALIZACION: Jennyfer Soledad Arteaga Pinchao	CARRERA: Electrónica y Redes de Comunicación
FUENTE: Sistema Nacional de Informacion ( SNI ) Instituto Geografico Militar ( IGM )	FECHA: 26 de Febrero del 2015

### **3.25. Acerca de Títulos Habilitantes**

En el Ecuador existen entes reguladores como la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) que tiene como misión fomentar el desarrollo de las Telecomunicaciones en un marco regulatorio convergente, y administrar eficientemente los recursos estratégicos relacionados, a fin de garantizar a la sociedad el acceso a servicios con calidad, diversificados y a precios justos, en todo el territorio nacional. Por tal razón las operadoras que quieran poner a disposición de sus usuarios servicios tecnológicos deben seguir las normativas propuestas por dichos entes para contribuir a un buen desarrollo de las TICs. Por lo que en este inciso se describirá el trámite correspondiente para el registro de una infraestructura física para la prestación de servicio portador de telecomunicaciones, además del proceso a llevar a cabo en cuanto a planificación de despliegue del cable de Fibra Óptica se refiere este último por parte de la Empresa Eléctrica EMELNORTE S.A región norte.

Según el Instructivo SENATEL-2006-RRF, publicado en su página web, para el registro de una infraestructura física sea esta de fibra óptica o cobre, se deberá presentar lo siguiente:

1. Formulario SENATEL-2006-RTF (Red de Transporte Física).- Este formulario debe ser incluido en cualquier solicitud tendiente al registro de una red nueva, ampliación y/o modificación de las redes de transporte Físicas para la prestación del SERVICIO PORTADOR DE TELECOMUNICACIONES (Anexo C1).

2. Formulario SENATEL-2006-RAF (Red de Acceso Físicas).- Este formulario debe ser incluido en cualquier solicitud tendiente al registro de la ampliación y/o modificación de las redes de acceso físicas para la prestación del SERVICIO PORTADOR DE TELECOMUNICACIONES. El objetivo de estos formularios es; simplificar y agilizar el trámite

de registro de redes de transporte y acceso que utilicen medios de transmisión físicos para la prestación del SERVICIO PORTADOR DE TELECOMUNICACIONES<sup>9</sup> (Anexo C2).

Según el Artículo 2 que consta en la resolución No. SNT -2006. Las redes físicas de acceso, deben obtener un registro en la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones, para lo cual deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Solicitud dirigida al señor Secretario Nacional de Telecomunicaciones.
- Descripción de las ampliaciones y/o modificaciones de la red realizadas en el último mes, en el formulario SNT –P-000-A.

La información sobre las ampliaciones y/o modificaciones deberán ser reportadas mensualmente en el formulario SNT –P-000-A en los primeros quince (15) días del mes siguiente al que correspondan. Los derechos de registro de la red de acceso no tendrán costo (Anexo B)

Para el despliegue del cable de fibra óptica, se debe realizar una contratación de la postería existente en las zonas donde se encontrará la red de acceso para ello se investigó y a continuación se detalla el trámite a seguir con la Empresa Eléctrica S.A:

Se debe presentar una carta (ANEXO E), dirigida al Presidente Ejecutivo de EMELNORTE S.A, misma que será emitida desde la empresa interesada, en este caso AIRMAXTELECOM S.A, solicitando el arrendamiento de la postería existente en la zona de interés e indicando quien es el representante legal de la empresa misma que debe tener el nombramiento de Gerente General. Finalmente la Empresa interesada y EMELNORTE realizan un contrato de arrendamiento de postes indicando el valor, años de vigencia, etc., anexo a esto se adjunta la Razón Social (R.U.C)

---

<sup>9</sup> SENATEL, Servicios Portadores de Telecomunicaciones, Registro de Redes Físicas, Recuperado de: <http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/servicios-portadores-de-telecomunicaciones-registro-de-redes-fisicas/>

de la empresa Interesada con la copia respectiva de la cédula de ciudadanía del representante legal. Toda la documentación detallada anteriormente, ingresa al departamento de fiscalización, donde, se asigna a una persona encargada de fiscalizar dicho proyecto, es decir, el Ingeniero fiscalizador, levantará un informe indicando si existe algún tipo de obstrucción con las líneas de alimentación eléctrica u otras, caso contrario se indicará en el informe que se puede proseguir con el trámite de contratación llevada a cabo mediante una asesoría jurídica, para finalmente dar por concluido dicho trámite.

## CAPITULO IV

### ANÁLISIS FINANCIERO.

Este capítulo describirá de manera general el costo estimado o referencial de la red de acceso FTTH en la ciudad de Urcuquí, para ello se utiliza variables económicas tales como: VAN, TIR, PRI y B/C, que permiten determinar la factibilidad en el caso de implementación del presente proyecto. Todo esto se lo realiza en base a precios referenciales obtenidos gracias a un proveedor de equipos de Fibra Óptica, cabe resaltar que los valores que se presentan a continuación son aproximados, no reales, puesto que se debe tomar en consideración la influencia de la oferta y demanda en el mercado.

#### 4.1. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

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. Inversión Equipamiento Activo.

Este ítem consta de los equipos necesarios para la implementación de la red de acceso FTTH, mismos que permiten que la comunicación sea posible. La Tabla 34 refleja el costo total de la inversión en equipamiento activo, bienes que se utilizan para garantizar la operación del proyecto.

**Tabla 34**

Inversión equipamiento activo

ITEM	UNIDAD DE PLANTA	CANTIDAD	PRECIO	
			UNITARIO	TOTAL
F01	OLT MARCA HUAWEI SERIE MA5603T	1,00	\$ 43.953,26	\$ 43.953,26
F02	ONT MARCA HUAWEI SERIE HG8247	60,00	\$ 224,00	\$ 13.440,00
F03	LICENCIAMIENTO DE MA5600T	1,00	\$ 3.549,16	\$ 3.549,16
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 60.942,42</b>

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia. La tabla fue llenada en función de las cotizaciones proporcionadas por Huawei Co. Ltda. (Véase Anexo H)

#### 4.1.2. Inversión Equipamiento Pasivo Infraestructura.

A continuación en la Tabla 35, se presentan 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.

Cabe resaltar que los valores que se muestran a continuación incluyen el elemento FTTH y el costo de mano de obra para la colocación de dichos elementos.

**Tabla 35**

Costo equipamiento pasivo

ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	CANTIDAD	PRECIO	
				UNITARIO	TOTAL
FO257	FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	u	24,00	\$ 8,60	\$ 206,40
FO258	FUSION DE HILO DE FIBRA OPTICA CON PIGTAIL	u	4,00	\$ 15,08	\$ 60,32
FO255	PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA Y SUJECION DE CABLES DE 6 - 96 HILOS	u	4,00	\$ 7,29	\$ 29,16
FO260	SANGRADO DE CABLE FIBRA OPTICA ADSS DE 6 - 48	u	4,00	\$ 9,44	\$ 37,76
FO314	HERRAJE TIPO B (CÓNICO) PARA CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS	u	150,00	\$ 10,00	\$ 1.500,00
FO156	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN MURAL DE 8 PUERTOS SC/APC	u	11,00	\$ 123,92	\$ 1.363,12
FO4	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 8 cm X 4 cm	u	8,00	\$ 5,10	\$ 40,80
FO187	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA AÉREA PORTA SPLITTER DE 48, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	u	4,00	\$ 346,65	\$ 1.386,60

ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	CANTIDAD	PRECIO	
				UNITARIO	TOTAL
FO289	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE PATCH CORD DUPLEX FC/APC-SC/APC de 3mts. G.652D	u	60,00	\$ 11,78	\$ 706,80
FO210	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ROSETA ÓPTICA 2 HILOS DE FIBRA, INCLUYE: 2 ADAPTADORES SC/APC; 2 MANGUITOS DE PROTECCIÓN DE EMPALME.	u	60,00	\$ 24,98	\$ 1.498,80
FO232	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SPLITTER PLC PARA FUSIÓN (1X8)	u	12,00	\$ 55,86	\$ 670,32
FO231	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SPLITTER PLC PARA FUSIÓN (1X4)	u	24,00	\$ 42,75	\$ 1.026,00
FO58	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 12 HILOS G.652.D VANO 80 METROS	m	3107,00	\$ 1,94	\$ 6.027,58
FO74	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 48 HILOS G.652.D VANO 80 METROS	m	3472,00	\$ 3,97	\$ 13.783,84
FO142	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO DE 2 FIBRAS ÓPTICAS G.657A1 (DROP) 3mm	m	10791,00	\$ 1,54	\$ 16.618,14
					<b>\$ 44.955,64</b>

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia. La tabla fue llenada con valores de rubros proporcionados por C.N.T, para hacer posible la presente investigación y que el presente estudio tenga validez.

#### 4.1.3. Inversión Total en Equipamiento para la Red.

A continuación la Tabla 36, presenta el costo total en equipamiento para la red de acceso FTTH, que indica la sumatoria del equipamiento pasivo y el equipamiento activo.

**Tabla 36**

Costo Total de equipamiento red de acceso FTTH

UNIDAD DE PLANTA	U	CANTIDAD	TOTAL
VOLUMEN DE OBRA - RED DE DISPERSIÓN - ELEMENTOS PASIVOS	u	1	\$ 44.955,64
EQUIPO ACTIVO FTTH-GPON	u	1	\$ 60.942,42
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 105.898,06</b>

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia

#### 4.2. Gastos Operacionales.

Los Gatos operacionales pueden deducirse a todos esos gastos ordinarios y que están ligados con la puesta en marcha de un proyecto, mismos, que la empresa debe afrontar con la finalidad de obtener beneficios. A continuación la Tabla 37 refleja los gastos característicos que

la empresa deberá enfrentar en el transcurso de los años de operación de la red. Dentro de estos gastos tenemos el costo por el arrendamiento de postiería existente en la zona a servir, puesto que el despliegue de la red será vía aérea, el costo por contratación mensual de la salida internacional. Finalmente para el mantenimiento de la red se ha estimado como el 10% del costo total de la implementación de la misma (costo de red pasiva).

**Tabla 37**

Gastos Operativos y Administrativos

DESCRIPCIÓN	INICIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<b>PAGO A CARRIER</b>	\$ 10.500,00	\$ 42.000,00	\$ 42.000,00	\$ 42.000,00	\$ 42.000,00	\$ 42.000,00
<b>ARRENDAMIENTO DE POSTERÍA</b>	**	\$ 13.200,00	\$ 13.200,00	\$ 13.200,00	\$ 13.200,00	\$ 13.200,00
<b>MANTENIMIENTO DE LA RED 10% RED PASIVA</b>	**	\$ 4.495,56	\$ 4.495,56	\$ 4.495,56	\$ 4.495,56	\$ 4.495,56

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia

La tabla ha sido llenada con valores fijos para los siguientes cinco años a excepción del año en el que se inicia la implementación del proyecto, puesto que se estimó, que la instalación de la red dure alrededor de tres meses según el cronograma de implementación (ANEXO I), entonces el valor del pago por contratación de salida al exterior en donde se ha hecho una prórroga de tres meses por lo cual el valor total de pago al Carrier (\$ 42.000,00) ha sido dividido para 12 meses y este valor multiplicado por tres dando un total de (\$ 10 500,00), para el inicio de la ejecución del proyecto.

### 4.3. Costo Ingeniería & Instalación

Para este ítem se incrementaría los siguientes costos: el diseño de la red FTTH: 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.

**Tabla 38**

Costo de Ingeniería & Instalación

ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	CANTIDAD	PRECIO	
				UNITARIO	TOTAL
CI01	DISEÑO DE LA RED FTTH: 2% DEL COSTO TOTAL	u	1	\$ 105.898,06	\$ 2.117,96
CI02	INGENIERÍA, INSTALACIÓN, CAPACITACION AL PERSONAL: 5% DEL COSTO TOTAL	u	1	\$ 105.898,06	\$ 5.294,90
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 7.412,86</b>

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia

#### 4.4. Depreciaciones.

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.

Los elementos que conforman la red pasiva, es decir, el sistema de cableado de fibra, la planta externa y otros elementos que conformen la ODN (red de dispersión pasiva), tienen un tiempo de vida útil superior a diez años, por lo que no se ha considerado como elementos de depreciación en este análisis.

La Tabla 39 muestra los costos por depreciación anual, los mismos que se considerarán como un valor igual para los años siguientes, entre ellos el equipo OLT que tiene un valor de \$43.953,26 (precio del fabricante ANEXO H) y que depreciado al 20% da como resultado un valor de \$8.729,00.

**Tabla 39**

Costos de depreciación de equipos activos

DESCRIPCIÓN	DEPRECIACIÓN	
	VALOR DEL EQUIPO	DEPRECIACIÓN ANUAL AL 20%
OLT MARCA HUAWEI SERIE MA5603T	\$ 43.953,26	\$ 8.790,65
ONT MARCA HUAWEI SERIE HG8247	\$ 13.440,00	\$ 2.688,00
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 11.478,65</b>

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia

#### 4.5. Oferta de Planes Triple Play - HOME

En este ítem se detalla el costo aproximado con los posibles precios por suscripción y pago mensual, dependiendo de los planes que pueden ser Home o Residencial, en el que se ofrece ancho de banda suficiente para aplicaciones y tareas del hogar y PYMES. Además cabe resaltar que los valores mostrados a continuación son referenciales, pues estos dependerán de las políticas de la empresa y podrían estar sujetos a cambios.

**Tabla 40**

Valores por prestación del servicio planes residenciales o HOME.

PLANES HOME	Precio +I.V.A	Suscrip. +I.V.A	COMPARTICIÓN
<b>3Mbps</b>	\$ 41,22	\$ 112,00	2:1
<b>6Mbps</b>	\$ 69,79	\$ 112,00	2:1
<b>9Mbps</b>	\$ 88,60	\$ 112,00	2:1
<b>15Mbps</b>	\$ 142,54	\$ 112,00	2:1
<b>18Mbps</b>	\$ 173,90	\$ 112,00	2:1

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia. La Tabla fue llenada con valores aproximados, en función de empresas que ofrecen este servicio en la provincia de Imbabura.

**Tabla 41**

Valores por prestación del servicio planes residenciales o PYMES

<b>ARRIENDO DE RED POR FIBRA ÓPTICA - PYMES</b>			
<b>PLANES HOME</b>	<b>Precio +I.V.A</b>	<b>Sus. +I.V.A</b>	<b>COMPARTICIÓN</b>
<b>2/2Mbps</b>	\$ 94,58	\$ 112,00	2:1
<b>3/3Mbps</b>	\$ 128,45	\$ 112,00	2:1
<b>5/5Mbps</b>	\$ 152,29	\$ 112,00	2:1
<b>9/9Mbps</b>	\$ 196,46	\$ 112,00	2:1
<b>16/16Mbps</b>	\$ 316,61	\$ 112,00	2:1

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia. La Tabla fue llenada con valores aproximados, en función de empresas que ofrecen este servicio en la provincia de Imbabura.

#### **4.6. Financiamiento**

Para el financiamiento de este proyecto, la empresa deberá considerar, obtener un crédito bancario puesto que no dispone del presupuesto necesario, para lo cual es importante conocer el valor de la cuota mensual que la empresa tendrá que cancelar. Según la página web del Banco Central del Ecuador en la que se muestran las tasas de interés vigente a Enero de 2015, la tasa de Interés referencial para un préstamo productivo empresarial es del 9.53%, tasa que será considerada durante el lapso de cinco años (60 meses).

La Tabla 42, muestra el monto del crédito bancario por \$105.898,06, valor total de inversión entre el equipo activo y de la inversión de la red pasiva. Dando como resultado \$2.225,61, valor que deberá ser cancelado mensualmente durante cinco años.

**Tabla 42**

Datos de crédito Bancario

<b>Monto del crédito (USD):</b>	<b>\$ 105.898,06</b>
<b>Tasa de Interés (anual):</b>	9,53%
<b>Número de pagos:</b>	60
<b>Pago (mensual USD):</b>	<b>\$ 2.225,61</b>

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia

**Tabla 43**

Tabla de amortización por crédito financiero

#Pago	Pago Interés (USD)	Pago Capital (USD)	Saldo (USD)
1	\$ 841,01	\$ 1.384,60	\$ 104.513,46
2	\$ 830,01	\$ 1.395,60	\$ 103.117,86
3	\$ 818,93	\$ 1.406,68	\$ 101.711,18
4	\$ 807,76	\$ 1.417,85	\$ 100.293,33
5	\$ 796,50	\$ 1.429,11	\$ 98.864,21
6	\$ 785,15	\$ 1.440,46	\$ 97.423,75
7	\$ 773,71	\$ 1.451,90	\$ 95.971,85
8	\$ 762,18	\$ 1.463,43	\$ 94.508,41
9	\$ 750,55	\$ 1.475,05	\$ 93.033,36
10	\$ 738,84	\$ 1.486,77	\$ 91.546,59
11	\$ 727,03	\$ 1.498,58	\$ 90.048,01
12	\$ 715,13	\$ 1.510,48	\$ 88.537,54
13	\$ 703,14	\$ 1.522,47	\$ 87.015,06
14	\$ 691,04	\$ 1.534,56	\$ 85.480,50
15	\$ 678,86	\$ 1.546,75	\$ 83.933,75
16	\$ 666,57	\$ 1.559,04	\$ 82.374,71
17	\$ 654,19	\$ 1.571,42	\$ 80.803,29
18	\$ 641,71	\$ 1.583,90	\$ 79.219,40
19	\$ 629,13	\$ 1.596,48	\$ 77.622,92
20	\$ 616,46	\$ 1.609,15	\$ 76.013,77
21	\$ 603,68	\$ 1.621,93	\$ 74.391,83
22	\$ 590,80	\$ 1.634,81	\$ 72.757,02
23	\$ 577,81	\$ 1.647,80	\$ 71.109,22
24	\$ 564,73	\$ 1.660,88	\$ 69.448,34
25	\$ 551,54	\$ 1.674,07	\$ 67.774,27
26	\$ 538,24	\$ 1.687,37	\$ 66.086,90
27	\$ 524,84	\$ 1.700,77	\$ 64.386,13
28	\$ 511,33	\$ 1.714,28	\$ 62.671,85
29	\$ 497,72	\$ 1.727,89	\$ 60.943,96
30	\$ 484,00	\$ 1.741,61	\$ 59.202,35
31	\$ 470,17	\$ 1.755,44	\$ 57.446,91
32	\$ 456,22	\$ 1.769,39	\$ 55.677,52
33	\$ 442,17	\$ 1.783,44	\$ 53.894,08
34	\$ 428,01	\$ 1.797,60	\$ 52.096,48
35	\$ 413,73	\$ 1.811,88	\$ 50.284,61
36	\$ 399,34	\$ 1.826,27	\$ 48.458,34
37	\$ 384,84	\$ 1.840,77	\$ 46.617,57
38	\$ 370,22	\$ 1.855,39	\$ 44.762,18
39	\$ 355,49	\$ 1.870,12	\$ 42.892,06
40	\$ 340,63	\$ 1.884,97	\$ 41.007,09

#Pago	Pago Interés (USD)	Pago Capital (USD)	Saldo (USD)
41	\$ 325,66	\$ 1.899,94	\$ 39.107,14
42	\$ 310,58	\$ 1.915,03	\$ 37.192,11
43	\$ 295,37	\$ 1.930,24	\$ 35.261,87
44	\$ 280,04	\$ 1.945,57	\$ 33.316,30
45	\$ 264,59	\$ 1.961,02	\$ 31.355,27
46	\$ 249,01	\$ 1.976,60	\$ 29.378,68
47	\$ 233,32	\$ 1.992,29	\$ 27.386,38
48	\$ 217,49	\$ 2.008,12	\$ 25.378,27
49	\$ 201,55	\$ 2.024,06	\$ 23.354,20
50	\$ 185,47	\$ 2.040,14	\$ 21.314,07
51	\$ 169,27	\$ 2.056,34	\$ 19.257,73
52	\$ 152,94	\$ 2.072,67	\$ 17.185,06
53	\$ 136,48	\$ 2.089,13	\$ 15.095,92
54	\$ 119,89	\$ 2.105,72	\$ 12.990,20
55	\$ 103,16	\$ 2.122,45	\$ 10.867,76
56	\$ 86,31	\$ 2.139,30	\$ 8.728,46
57	\$ 69,32	\$ 2.156,29	\$ 6.572,16
58	\$ 52,19	\$ 2.173,42	\$ 4.398,75
59	\$ 34,93	\$ 2.190,68	\$ 2.208,07
60	\$ 17,54	\$ 2.208,07	\$ -

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia

#### 4.1. Ingresos Flujo de Caja

Para este proyecto se ha considerado un porcentaje de crecimiento del 75% de acuerdo al apartado 3.9.1, con estos datos se puede estimar los nuevos usuarios y el flujo de caja que generarán en los próximos cinco años, esto se podrá evidenciar a continuación en la siguiente tabla (Ver Tabla 44), que muestra el ingreso que se obtendrá por concepto de instalación para lo cual se tomará únicamente los nuevos usuarios por año.

Para obtener los ingresos por suscripción los 60 usuarios actuales serán tomados en cuenta en el primer año y se les hará el descuento del 50% del costo de instalación \$56,00 (precio incluye I.V.A) y la suscripción a nuevos usuarios tendrá un costo de \$112,00 (precio incluye I.V.A), esto se refleja en la Tabla 40, apartado 4.5.

Para obtener el valor de ingreso mensual por la prestación del servicio, se consideró el costo que tiene un plan Residencial o Home básico de 3Mbps, que es de \$41,22 (precio incluye I.V.A), este valor será multiplicado por el total de usuarios al año y por 12 meses puesto que dará como resultado el valor de ingresos anuales.

**Tabla 44**

Flujo de Ingresos

INGRESOS	USUARIOS TOTALES	USUARIOS NUEVOS	SUSCRIPCIÓN	INGRESO MENSUAL	INGRESO ANUAL
INICIO	60	60	\$ 3.360,00		
AÑO 1	105	45	\$ 5.040,00	\$ 4.327,68	\$ 51.932,16
AÑO 2	184	79	\$ 8.848,00	\$ 7.583,74	\$ 91.004,93
AÑO 3	322	138	\$ 15.456,00	\$ 13.271,55	\$ 159.258,62
AÑO 4	463	101	\$ 11.312,00	\$ 19.083,01	\$ 228.996,10
AÑO 5	740	317	\$ 35.504,00	\$ 30.499,84	\$ 365.998,08

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia

#### 4.2. Egresos Flujo de Caja

Como egresos se consideran los valores por concepto de todos los equipos involucrados durante la implementación del proyecto. Inicialmente se plantea un traslado total de los usuarios actualmente inalámbricos (60 usuarios) hacia la red de fibra óptica puesto que están interesados en tener acceso a servicios de telecomunicaciones con la tecnología FTTH, adicional a esto, se consideran los nuevos usuarios proyectados en el mismo año.

A continuación se muestra el costo de implementación por usuario para ello se consideró, que cada vez que se integre un nuevo cliente a la red, el costo de implementación unitario estimado será de \$ 260,76. Puesto que los usuarios se incrementarán cada año, el costo de implementación anual se calculará multiplicando el número de usuarios nuevos, por el valor del costo de implementación, reflejado a continuación en la Tabla 45.

**Tabla 45**

Costo de Implementación por usuario

DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO
ONT MARCA HUAWEI SERIE HG8247	u	1,00	\$ 224,00
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE PATCH CORD DUPLEX FC/APC-SC/APC de 3mts. G.652D	u	1,00	\$ 11,78
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ROSETA ÓPTICA 2 HILOS DE F.O, INCLUYE: 2 ADAPTADORES SC/APC; 2 MANGUITOS DE PROTECCIÓN DE EMPALME DE 40MM	u	1,00	\$ 24,98
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 260,76</b>

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia

### 4.3. Estado de pérdidas y Ganancias

*“Tener en cuenta cómo funciona el proceso contable de su empresa es una fortaleza para saber cómo actuar frente a las amenazas o riesgos que puedan presentarse en el día a día de su negocio.”<sup>10</sup>*

El estado de pérdidas y ganancias, es un documento contable que mide la actividad de una empresa a lo largo de un período, indica los ingresos, egresos, gastos operacionales y los flujos netos anuales. Como ingresos se tiene los valores obtenidos por la suscripción y mensualidades que cancelan los usuarios por los servicios esto es medido anualmente. Como egresos son considerados los valores por concepto de equipos, fibra óptica y todos los valores involucrados en la implementación del proyecto.

Además se consideran los valores a cancelar anualmente por razón de un préstamo financiero que realizará la empresa para llevar a cabo la implementación del proyecto.

<sup>10</sup> Empresamía. Recuperado el 02-marzo-2015 de : <http://empresamia.com/crear-empresa/crear/item/913-que-es-un-estado-de-perdidas-y-ganancias>

Tabla 46

Estado de Pérdidas &amp; Ganancias

INGRESOS	INICIO	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018	AÑO 2019
USUARIOS		105	184	322	463	740
USUARIOS / NUEVOS	60	45	79	138	101	317
SUSCRIPCIÓN (Residencial)		\$ 8.400,00	\$ 8.848,00	\$ 15.456,00	\$ 11.312,00	\$ 35.504,00
SERVICIO (Residencial)		\$ 51.932,16	\$ 91.004,93	\$ 159.258,62	\$ 228.996,10	\$ 365.998,08
<b>TOTAL INGRESOS</b>	\$ -	\$ 60.332,16	\$ 99.852,93	\$ 174.714,62	\$ 240.308,10	\$ 401.502,08
<b>EGRESOS</b>						
EQUIPO ACTIVO - IMPLEMENTACIÓN	\$ 60.942,42	\$ 11.734,20	\$ 20.600,04	\$ 35.984,88	\$ 26.336,76	\$ 82.660,92
RED DE DISPERSIÓN - PASIVO	\$ 44.955,64	**	**	**	**	**
ARRENDAMIENTO POSTERIA	**	\$ 13.200,00	\$ 13.200,00	\$ 13.200,00	\$ 13.200,00	\$ 13.200,00
PAGO A CARRIER	\$ 10.500,00	\$ 42.000,00	\$ 42.000,00	\$ 42.000,00	\$ 42.000,00	\$ 42.000,00
INGENIERIA & INSTALACIÓN	\$ 7.412,86	**	**	**	**	**
MANTENIMIENTO DE LA RED	**	\$ 4.495,56	\$ 4.495,56	\$ 4.495,56	\$ 4.495,56	\$ 4.495,56
PAGO PRESTAMO BANCARIO	**	\$ 26.707,31	\$ 26.707,31	\$ 26.707,31	\$ 26.707,31	\$ 26.707,31
DEPRECIACIÓN DE EQUIPOS ACTIVOS	**	\$ 11.478,65	\$ 11.478,65	\$ 11.478,65	\$ 11.478,65	\$ 11.478,65
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>\$ 123.810,92</b>	<b>\$ 109.615,73</b>	<b>\$ 118.481,57</b>	<b>\$ 133.866,41</b>	<b>\$ 124.218,29</b>	<b>\$ 180.542,45</b>
<b>FLUJO NETO(USD)</b>	<b>-123810,92</b>	<b>\$ -49.283,57</b>	<b>\$ -18.628,64</b>	<b>\$ 40.848,22</b>	<b>\$ 116.089,81</b>	<b>\$ 220.959,63</b>

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia

#### 4.4. RENTABILIDAD DEL PROYECTO

Para conocer si el proyecto es rentable, se requiere identificar ciertos parámetros que harán esto posible los mismos que serán los siguientes:

- Valor Actual Neto (VAN)
- Tasa de Retorno (TIR)
- Relación Costo Beneficio (C/B)
- Período de recuperación de Inversión (PRI)

#### 4.4.1. Valor Actual Neto (VAN)

Este parámetro, permite evaluar la rentabilidad del proyecto, puesto que es la diferencia entre el valor actual de los ingresos esperados de una inversión y el valor actual de los egresos. Se dice que un proyecto es rentable si el resultado del VAN es positivo, cuando el VAN tiene un valor de cero es indiferente si se acepta o no dicho proyecto, pero, si el VAN resulta menor a cero el proyecto no es viable. Para calcular el VAN en el presente proyecto se utilizará la siguiente fórmula:

$$VAN = -I_o + \sum_{n=1}^m \frac{Fn}{(1+i)^n} \quad \text{Ec. (10)}$$

Donde:

$I_o =$  Inversión Inicial

$Fn =$  Flujos Netos

$m =$  Número de períodos considerados

$i =$  Tasa de Interés

Según la página web del Banco Central del Ecuador a enero de 2015, la tasa de interés vigente del mercado es de  $i=10,21\%$  anual [24], el tiempo para el que se realizar el proyecto es de cinco años, cabe recalcar que la tasa de interés puede variar en el transcurso de los años.

$$VAN = -123.810,92 - \frac{49283,57}{(1 + 0,1021)^1} - \frac{18628,64}{(1 + 0,1021)^2} + \frac{40848,22}{(1 + 0,1021)^3} + \frac{116089,81}{(1 + 0,1021)^4} + \frac{220959,63}{(1 + 0,1021)^5}$$

$$VAN = 61\ 235,02 \text{ dólares}$$

---

<sup>11</sup> **Ecuación 10.** Calculo del TIR. Recuperado de: <http://www.slideshare.net/elizmaragreda/calculo-del-van-y-el-tir>

Según el valor obtenido y observando que el mismo, es mayor a cero se puede concluir que la implementación del proyecto es rentable.

#### 4.4.2. Tasa de Retorno (TIR)

La tasa de retorno nos indica que el proyecto es rentable cuando este valor es mayor que la tasa de interés mínima vigente en el mercado. Para ello se utilizará la siguiente fórmula:

$$-I_o + \sum_{n=1}^m \frac{Fn}{(1+r)^n} = 0 \quad \text{Ec. (11)}$$

Donde:

$I_o =$  Inversión Inicial

$Fn =$  Flujos Netos

$m =$  Número de períodos considerados

$r =$  Tasa de Interés

$$-123.810,92 - \frac{49283,57}{(1+r)^1} - \frac{18628,64}{(1+r)^2} + \frac{40848,22}{(1+r)^3} + \frac{116089,81}{(1+r)^4} + \frac{220959,63}{(1+r)^5}$$

$$TIR = 18\%$$

Mediante el empleo del software Excel, se obtiene el siguiente valor de TIR de un 18%. El valor del TIR es mayor a la tasa de interés vigente en el mercado (10,21%), puesto que se concluye que el proyecto es rentable para su implementación.

#### 4.4.3. Período de Recuperación de la Inversión (PRI)

Este parámetro indica el tiempo necesario para recuperar el capital invertido. Entre más corto sea este tiempo el proyecto resultará más viable. Para calcular el PRI es necesario ir

---

<sup>12</sup> **Ecuación 11.** Calculo del VAN. Recuperado de: <http://www.slideshare.net/elizmaragreda/calculo-del-van-y-el-tir>

acumulando los flujos netos obtenidos en cada año hasta llegar a cubrir la inversión para ello a continuación se presenta una tabla en la que se detallan los flujos acumulados durante el período estimado del proyecto.

Como se observa en la siguiente Tabla 47 el valor de flujos netos acumulados en el quinto año es mayor que la inversión. Por lo tanto el período de recuperación de la inversión se daría aproximadamente en cinco años.

**Tabla 47**

Tabla de Flujos Netos

PRI		
AÑOS	FLUJOS NETOS (USD)	FLUJOS NETOS ACUMULADOS(USD)
1	\$ -49.283,57	\$ -49.283,57
2	\$ -18.628,64	\$ -67.912,21
3	\$ 40.848,22	\$ -27.063,99
4	\$116.089,81	\$ 89.025,82
5	\$220.959,63	\$ 309.985,45

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia

#### 4.4.4. Relación Costo Beneficio (C/B)

Este parámetro determina la rentabilidad del proyecto en términos generales, es decir, el resultado expresa el dinero ganado en cada dólar invertido en el proyecto. Para ello utilizaremos la siguiente fórmula:

$$B/C = \frac{I}{C+I_0} \quad \text{Ec. (14)}$$

$I_0 = \text{Inversión Inicial}$

$I = \text{Ingresos Totales actuales}$

$C = \text{Costo Totales actuales}$

**Tabla 48**

Ingresos anuales y Costos por usuarios

TIEMPO	INVERSIÓN (USD)	COSTO NUEVOS USUARIOS	INGRESO MENSUAL	INGRESO ANUAL
<b>INICIO</b>	<b>\$ 123.810,92</b>	\$ 60.942,42		
<b>AÑO 1</b>		\$ 11.734,20	\$ 4.327,68	\$ 51.932,16
<b>AÑO 2</b>		\$ 20.600,04	\$ 7.583,74	\$ 91.004,93
<b>AÑO 3</b>		\$ 35.984,88	\$ 13.271,55	\$ 159.258,62
<b>AÑO 4</b>		\$ 26.336,76	\$ 19.083,01	\$ 228.996,10
<b>AÑO 5</b>		\$ 82.660,92	\$ 30.499,84	\$ 365.998,08
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 123.810,92</b>	\$ 238.259,22	\$ 74.765,82	\$ 897.189,89

\*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia

Reemplazando los valores de la Tabla 43 en la ecuación 10 se tiene lo siguiente:

$$BC = \frac{897.189,89}{238.259,22 + 123.810,92} = \mathbf{2,4 \text{ Dólares}}$$

El valor Costo-Beneficio es de 2,4 dólares significa que por cada dólar invertido se gana 2.4 dólares al año.

Con los datos obtenidos en este capítulo se concluye que el proyecto es rentable puesto que el período de recuperación de inversión es de cinco años, la tasa de retorno de inversión es del 18% y el valor que la empresa obtendrá será de 2,4 dólares lo que implica que cada dólar que invertido, este será duplicado, por lo que se recomienda que el proyecto sea implementado.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 5.1. Conclusiones

- La fibra óptica G.652D monomodo al ser una mejora de la anterior G.652, se ajusta mayoritariamente a las características requeridas para el presente proyecto, puesto que ha sido optimizada para transmitir en la banda E, además de soportar futuras aplicaciones WDM.
- La evolución de las redes PON ha permitido, que servicios de telecomunicaciones hasta el hogar (FTTx) mejoren, puesto que velocidades que van desde 1,24/2,4 Gbps de bajada y subida, beneficia a servicios tales como; VOIP, IPTV, aplicaciones de internet entre otros.
- El cambio de tecnología en la ciudad de Urququí, sin duda alguna permitirá ofrecer mayores servicios de excelente calidad en cuanto a velocidad, cubriendo las expectativas de los clientes que diariamente requieren de servicios y aplicaciones de telecomunicaciones de mayor ancho de banda, puesto que se ha vuelto una necesidad básica.
- Se ha diseñado la red de acceso FTTH (Fibra hasta el hogar) en la parroquia de Urququí mediante el empleo de la tecnología GPON, desplegada desde el nodo (OLT), ubicado en la zona a servir hasta el domicilio del usuario final (ONT).
- La cobertura que plantea este estudio cubre las zonas más importantes de la parroquia de Urququí, para ello se dividió en cuatro zonas las mismas que darán escalabilidad a la red según sea el incremento de usuarios.

- Del estudio realizado se concluye que el proyecto es rentable puesto que se cuenta con el medio físico para el despliegue de la red, que será mediante postera existente, además de contar con empresas que proveen equipamiento requerido para la implementación de este diseño.

## **5.2. Recomendaciones**

- Se recomienda el uso de la tecnología GPON para la implementación de este proyecto, puesto que el gran ancho de banda, la seguridad y su ahorro en costos se vuelve una elección muy interesante que permitirá cubrir las necesidades actuales y futuras de los usuarios finales.
- Con respecto a la obtención de datos reales acerca de la demanda es importante que se ramifique a la población de acuerdo a características habituales, para ello será indispensable elaborar encuestas que no sean demasiado largas y fáciles de entender.
- Para garantizar la calidad de los servicios prestados hacia los usuarios, es indispensable realizar un mantenimiento continuo al equipamiento activo y pasivo, puesto que al mantenerlos en buen estado, se garantizará el buen funcionamiento del mismo aprovechando al máximo, su rendimiento evitando posibles fallas en la red.
- Para futuras aplicaciones de TV digital, se recomienda que la empresa obtenga un módulo VPON, dispositivo que permite transportar TV de manera transparente sobre la longitud de onda de 1550.
- En la implementación de la red óptica, es necesario que los empalmes ópticos deben ser realizados con precisión, puesto que una desalineación en los núcleos pueden generar pérdidas exageradas, de igual manera antes de empalmar dos fibras se debe considerar las hojas técnicas de cada una de ellas, para asegurar la compatibilidad de las mismas.

- Se ha realizado el estudio de factibilidad económica durante el diseño, por lo que se recomienda la implementación del diseño proyectado, puesto que se han obtenido los siguientes resultados Valor Actual Neto (VAN) mayor a cero, que representa que el proyecto es viable y la Tasa Interna de Retorno (TIR) que indica que la recuperación de la inversión sería en un periodo menor a tres años.

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**ATM:** Asynchronous Transfer Mode, Modo de Transferencia Asíncrono.

**FTTX:** Fibra hasta X(Cualquier Lugar).

**IP:** Internet Protocol, Protocolo de Internet.

**PON:** Passive Optical Network, Redes Ópticas Pasivas.

**GPON:** Gigabit Passive Optical Network, Redes Ópticas Pasivas con capacidad de Gigabit.

**LAN:** Local Area Network, Redes de Area Local.

**OLT:** Optical Line Terminal, Terminal de Línea Óptica.

**ONT:** Optical Network Terminal, Terminal de Red Óptica.

**ONU:** Optical Network Unit, Unidad de Red Óptica.

**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.

**EPON:** Ethernet Passive Optical Network, Redes Ópticas Pasivas Ethernet.

**SIN:** interfaz nodo-servicio

**SN:** nodo de servicio

**UNI:** interfaz usuario-red

**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

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1]* Redes Ópticas, José Capmany Francoy, Beatriz Ortega Tamarit, 2006.
- [2]* Sistema de comunicaciones ópticas, Daniel Pastor, Francisco Ramos, José Capmany, 2007.
- [3]* Redes y Servicios de Telecomunicaciones, José Manuel Huidobro Moya, 2006.
- [4]* Sistemas y Redes de Comunicaciones, José A. Martín Pereda, 2005.
- [5]* HERRERA, Enrique. Introducción a las telecomunicaciones modernas. Madrid, España, Edisofer, 2002, 224p.
- [6]* Jiménez, M. S. (2008). “Comunicaciones Ópticas”. En Comunicaciones Ópticas.
- [7]* Leonberger. (2002). Revealing the small range of radio-microwave frequencies. Phys. Educ. September 2002 (Vol. 37).
- [8]* Martínez Abadía, J. (2004). Manual básico de tecnología audiovisual y técnicas de creación emisión y difusión de contenidos.
- [9]* Beltrán Juan P. (2014). Manual de Redes de Fibra Óptica.

## **Bibliografía de Internet**

[10] Juan Sebastián Guevara Henao, Tecnologías de Redes PON, Publicado en 2010, Recuperado el 04-10-2014 a partir de:

[http://www.todotecnologia.net/wpcontent/uploads/2010/06/Definicion\\_caracteristicas\\_PON\\_AP  
On\\_BPON\\_GEPON\\_GPON\\_EPON.pdf](http://www.todotecnologia.net/wpcontent/uploads/2010/06/Definicion_caracteristicas_PON_AP_On_BPON_GEPON_GPON_EPON.pdf)

[11] La Guía FTTH PON Realización de redes ópticas pasivas, EXFO Publicado en 2013, Recuperado 22 de octubre de 2014 a partir de:  
<http://www.c3comunicaciones.es/Documentacion/Guia%20FTTH%20PON%20de%20EXFO%202013.pdf>

[12] FIBREMEX, Conectores de Fibra Óptica. Recuperado de:  
<http://fibremex.com/fibraoptica/index.php?mod=contenido&id=3&t=3&st=11>

[13] ThunderCache - Distribuidor Autorizado para América Latina. (s. f.). Recuperado 30 de octubre de 2014, a partir de <http://thundercache.es/>

[14] RouterBoard.com : CCR1036-12G-4S. (s. f.). Recuperado 4 de noviembre de 2014, a partir de <http://routerboard.com/CCR1036-12G-4S>

[15] RouterBoard.com : CRS125-24G-1S-RM. (s. f.). Recuperado 4 de noviembre de 2014, a partir de <http://routerboard.com/CRS125-24G-1S-RM>

[16] Ubiquiti Networks - TOUGHSwitchTM. (s. f.). Recuperado 4 de noviembre de 2014, a partir de <http://www.ubnt.com/accessories/toughswitch/>

[17] RouterBoard.com : RB433AH. (s. f.). Recuperado 8 de noviembre de 2014, a partir de <http://routerboard.com/RB433AH>

[18] Telnet - Redes Inteligentes: Fibra óptica para redes de nueva generación (NGN). (s. f.). Recuperado 13 de noviembre de 2014, a partir de <http://www.telnet-ri.es/soluciones/cable-fibra-optica-y-componentes-pasivos/fibra-optica-para-redes-de-nueva-generacion-ngn/>

[19] RouterBoard.com: R52Hn. (s. f.). Recuperado 8 de noviembre de 2014, a partir de <http://routerboard.com/R52Hn>

[20] RouterBoard.com: BaseBox 5. (s. f.). Recuperado 12 de noviembre de 2014, a partir de <http://routerboard.com/RB912UAG-5HPnD-OUT>

[21] EXFO Telecom Test and Service Assurance, FTTx / Access, Recuperado el 18 de noviembre de 2014 a partir de: <http://www.exfo.com/>

[22] Huawei MA5600T series aggregation Optical Line Terminal (OLT). (s. f.). Recuperado 13 de enero de 2015, a partir de: <http://e.huawei.com/en/products/fixed-network/access/olt/ma5680t>

[23] Telnet - Redes Inteligentes: Smart OLT. (s. f.). Recuperado 13 de enero de 2015, a partir de <http://www.telnet-ri.es/productos/transporte-y-acceso-de-banda-ancha/gpon/smart-olt/>

[24] HG8245A GPON Terminal: Huanetwork.com. (s. f.). Recuperado 13 de enero de 2015, a partir de [http://www.huanetwork.com/huawei-hg8245a-gpon-terminal-price\\_p3853.html](http://www.huanetwork.com/huawei-hg8245a-gpon-terminal-price_p3853.html)

[25] Banco Central del Ecuador (2015). Tasas de Interés Vigentes. Recuperado de: <http://contenido.bce.fin.ec/docs.php?path=/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Indice.htm>

[26] PLP Argentina, Retención Preformada de Distribución, Recuperado de: <http://www.plp.com.br/ar/operaciones-internacionales/item/122-retenci%C3%B3n-preformada-de-distribuci%C3%B3n-dg>

## **Bibliografía Tesis**

[27] Gómez M. & Morejón A. (2012). Estudio y Diseño de una red de acceso GPON para los servicios de telecomunicaciones Triple Play en el sector oriental de Riobamba. (Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo)

[28] Soto LaLangui, C. R. (2009). Elaboración de un manual de procedimiento para la presentación de proyectos de redes de Fibra Óptica en planta externa para la CNT S.A. (Tesis de Grado, Universidad Politécnica Nacional).

[29] Vallejo R. (2013). Diseño de una red de última milla con tecnología GPON para la parroquia Cumbayá en el Distrito Metropolitano de Quito. (Tesis de Grado, Universidad Internacional SEK)

[30] Sanipatín B. (2014). DISEÑO DE UNA RED CON FIBRA ÓPTICA PARA MIGRAR LAS ÚLTIMAS MILLAS INALÁMBRICAS DE LA EMPRESA EQUYSUM EN LA CIUDAD DE OTAVALO. (Trabajo de Titulación, Universidad Técnica del Norte).

[31] Andrango D. (2014). ESTUDIO, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA PARA REPOTENCIAR EL LABORATORIO DE REDES Y COMUNICACIONES DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL. (Trabajo de Titulación, Universidad Tecnológica Israel)

[32] Alulima E. & Paladines C. (2014). Diseño de una red GPON para la localidad de Vilcabamba. (Trabajo de Titulación, Universidad Técnica Particular de Loja).

[33] Mogollón M. (2006). Diseño del sistema de puesta a tierra y pararrayos para el edificio “Bloque de aulas A y B” de la Escuela Politécnica del Ejercito. (Proyecto de Grado, ESPE)

# ANEXOS

**ANEXO A**

**ESPECIFICACIONES FIBRA**

**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 está formado por dos capas de acrilato curado mediante UV.

### Características ópticas y geométricas

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

### Características mecánicas y ambientales

Características mecánicas	
Proofstress 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	≤ 0,50 dB
100 vueltas sobre 50 mm a 1310 nm	≤ 0,05 dB
100 vuelta sobre 50 mm a 1550 nm	≤ 0,10 dB
100 vuelta sobre 60 mm a 1625 nm	≤ 0,50 dB
Fuerza de pelado (F) (valor de pico)	1,3 N ≤ F ≤ 8,9
Fuerza de pelado (F) (valor medio)	1 N ≤ F ≤ 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	≤ 0,05 dE/Km
-10°C ~ +85°C/ hasta 98% RH. Ciclo temperatura y humedad	≤ 0,05 dE/Km
+85°C +/- 2° C. Calor seco	≤ 0,05 dB/Km
+23°C +/- 2° C. Inmersión en agua	≤ 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 B**

**FORMULARIO DE REGISTRO DE**

**INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE TODA LA RED**

<b>SNT-P-000A REGISTRO DE INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE TODA LA RED</b>	
<b>REDES FÍSICAS</b>	
LLENAR LOS SIGUIENTES CUADROS CON LAS ESPECIFICACIONES DE LA F.O. Y/O DEL CABLE DE COBRE	
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA ÓPTICA (F.O.) A UTILIZARSE</b>	
TIPO DE FIBRA (MONOMODO/MULTIMODO)	
MATERIAL DE LA FIBRA (VIDRIO/PLASTICO)	
DIÁMETRO DEL NÚCLEO Y DEL REVESTIMIENTO (MULTIMODO)	
TIPO DE FIBRA MULTIMODO (ÍNDICE DE PASO / ÍNDICE GRADUAL)	
DIÁMETRO DEL CAMPO MODAL (MONOMODO) - MFD: mode field diameter.	
PERFIL DEL ÍNDICE REFRACTIVO (MONOMODO)	
ATENUACIÓN TOTAL, COEFICIENTE DE ATENUACIÓN (perdidas en la fibra) (dB/Km)	
ATENUACIÓN POR EMPALME ( pérdida por empalme) (dB)	
NUMERO DE EMPALMES DEL ENLACE	
LONGITUD DE ONDA DE OPERACIÓN (primera ventana-825 nm, segunda ventana-1310 nm y tercera ventana 1550 nm).	
ANCHO DE BANDA (Hz/Km)	
RECOMENDACIÓN DE LA U.I.T. QUE CUMPLE LA F.O.	
<b>CARACTERÍSTICAS DEL CABLE DE F.O. A UTILIZARSE</b>	
NUMERO DE FIBRAS QUE CONTIENE EL CABLE.	
TIPO DEL CABLE (PARA INSTALACIÓN AÉREA, SUBTERRÁNEA, SUBMARINA, ETC)	
CARACTERÍSTICAS DEL CABLE DE F.O. (DEPENDE DEL FABRICANTE)	
<b>CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO TERMINAL DE LÍNEA DE TX / RX</b>	
DISPOSITIVO EMISOR DE LUZ (DIODO EMISOR DE LUZ - LED / DIODO LÁSER - LD)	
POTENCIA MEDIA DEL EMISOR (dBm)	
CARACTERÍSTICAS DEL EMISOR (DEPENDE DEL FABRICANTE)	
DISPOSITIVO DETECTOR DE LUZ (FOTODIODO PIN - FOTODIODO DE AVALANCHA APD - COMBINACIÓN DE UN APD Y UN FET (TRANSISTOR DE EFECTO DE CAMPO))	
SENSIBILIDAD DEL DETECTOR (dBm a una VTx)	
CARACTERÍSTICAS DEL DETECTOR (DEPENDE DEL FABRICANTE)	
<b>CARACTERÍSTICAS DEL ENLACE DE F.O.</b>	
FORMATO DE TRANSMISIÓN DIGITAL (PDH, SDH,etc)	
PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN	
CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN (kbps)	
DISPONIBILIDAD	
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS TERMINALES A Y B. (DIRECCIONES Y COORDENADAS)	
LONGITUD DEL ENLACE (m)	
TIPO DE RESTAURACIÓN (BACK UP)	
<b>CARACTERÍSTICAS DEL CABLE DE COBRE A UTILIZARSE</b>	
TIPO DE CABLE	
CARACTERÍSTICAS DEL CABLE (DEPENDE DEL FABRICANTE)	
ANCHO DE BANDA	
CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN	
ATENUACIÓN (pérdidas en el cable)	
TIPO DE INSTALACIÓN (AÉREA, SUBTERRÁNEA, SUBMARINA).	
DISPOSITIVOS O COMPONENTES DE TX/RX	
POTENCIA TRANSMITIDA	
SENSIBILIDAD EN LA RECEPCION	
DISPONIBILIDAD	
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS TERMINALES A Y B. (DIRECCIONES Y COORDENADAS)	
LONGITUD DEL ENLACE (m)	
TIPO DE RESTAURACIÓN (BACK UP)	
NORMA PARA LA FABRICACIÓN DEL CABLE.	

## **ANEXO C**

# **FORMULARIOS REGISTRO DE REDES DESTINADAS A LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS PORTADORES DE TELECOMUNICACIONES**

**C1: RED DE TRANSPORTE FÍSICA**

**C2: RED DE ACCESO FÍSICA**



**ANEXO D**

**INSTRUCTIVO SENATEL-2006-RRF**

**FORMULARIOS REGISTRO DE REDES DESTINADAS  
A LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS PORTADORES DE  
TELECOMUNICACIONES**



## INSTRUCTIVO SENATEL-2006-RRF

### FORMULARIOS REGISTRO DE REDES DESTINADAS A LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS PORTADORES DE TELECOMUNICACIONES

#### INTRODUCCION

La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones ha establecido los formularios necesarios para el trámite correspondiente al registro de redes de transporte y acceso que utilicen medios de transmisión físico (fibra óptica y/o cobre) y radioeléctricos para la prestación del SERVICIO PORTADOR DE TELECOMUNICACIONES. Estos están organizados de la siguiente forma:

1. Formulario SENATEL-2006-RTF (Red de Transporte Física).- Este formulario debe ser incluido en cualquier solicitud tendiente al registro de una red nueva, ampliación y/o modificación de las redes de transporte Físicas para la prestación del SERVICIO PORTADOR DE TELECOMUNICACIONES.
2. Formulario SENATEL-2006-RAF (Red de Acceso Físicas).- Este formulario debe ser incluido en cualquier solicitud tendiente al registro de la ampliación y/o modificación de las redes de acceso físicas para la prestación del SERVICIO PORTADOR DE TELECOMUNICACIONES.

#### OBJETIVO DE LOS FORMULARIOS.

Simplificar y agilizar el trámite de registro de redes de transporte y acceso que utilicen medios de transmisión físicos para la prestación del SERVICIO PORTADOR DE TELECOMUNICACIONES.

#### SENATEL-2006-RTF (RED DE TRANSPORTE FÍSICAS)

NODO A			NODO B		
Código	Dirección		Código	Dirección	
Xxyzzz	Urbano	Rural	xyzzz	Urbano	Rural
	Calles y número y Coordenadas geográficas	Calles y número y Coordenadas geográficas		Calles y número y Coordenadas geográficas	Calles y número y Coordenadas geográficas

**CIUDAD.** Ciudad donde está cada nodo.

**MEDIO DE TRANSMISIÓN.** Físico.

**TECNOLOGÍA.** Tecnología de multiplexación.

**VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN.** Velocidad / Capacidad de enlace.



**OBSERVACIONES.** Detalle del cambio de características técnicas.

#### SENATEL-2006-RAF (RED DE ACCESO FÍSICO)

NODO	ABONADO		
	Código	Dirección	
Xyzzz	Nombre_01	Urbano	Rural
		Calles y número y Coordenadas geográficas	Calles y número y Coordenadas geográficas

**CIUDAD.** Ciudad donde está el terminal de abonado.

**MEDIO DE TRANSMISIÓN.** Físico.

**SERVICIO.** Tipo de servicios que presta.

**VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN.** Velocidad asignada al enlace.

**OBSERVACIONES.** Fecha de inicio de operaciones / Detalle del cambio de características técnicas.

#### ASIGNACIÓN DE CÓDIGOS A LOS NODOS

El código será único para cada nodo y lo asignará el concesionario; estará compuesto por seis (6) dígitos **xyzzz**. Los dos (2) primeros corresponden a la operadora (ver tabla 1), el tercero al tipo de nodo, principal (1) o secundario (2), finalmente los tres (3) últimos serán asignados de forma secuencial iniciando con el 001. **El concesionario deberá mantener dicha codificación de referencia para los trámites de ampliaciones y/o modificaciones de la red que involucren nodos previamente registrados.**



## ANEXO 1: CÓDIGOS DE OPERADOR

**CÓDIGOS**  $xyzzz$

$XX$  Operador  
 $y = 1$  Nodo Primario  
 $y = 2$  Nodo Secundario  
 $Zzz$  Número secuencial

n	OPERADOR	CODIGOS		
		Xx	y	zzz
1	CNT EP	11	"1" o "2"	Asignado secuencialmente por la Operadora
2	CONECEL S.A.	12	"1" o "2"	
3	ECUADORTELECOM S.A.	13	"1" o "2"	
4	ETAPATELECOM	14	"1" o "2"	
5	GILAUCO S.A.	15	"1" o "2"	
6	GRUPO BRAVCO CIA. LTDA.	16	"1" o "2"	
7	GLOBAL CROSSING COMUNICACIONES ECUADOR S.A. (ex IMPSATTEL DEL ECUADOR S.A.)	17	"1" o "2"	
8	MEGADATOS S.A.	18	"1" o "2"	
9	NEDETEL S.A.	19	"1" o "2"	
10	OTECEL S.A.	20	"1" o "2"	
11	PUNTO NET S.A.	22	"1" o "2"	
12	SETEL S.A.	23	"1" o "2"	
13	SURATEL S.A.	24	"1" o "2"	
14	TELCONET S.A.	25	"1" o "2"	
15	TELEHOLDING S.A.	26	"1" o "2"	
16	TRANSELECTRIC S.A.	27	"1" o "2"	
17	TRANSNEXA S A	28	"1" o "2"	
18	EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR C.A.	29	"1" o "2"	
19	EL ROSADO S.A.	30	"1" o "2"	
20	ZENIX S.A. SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES SATELITAL	31	"1" o "2"	
21	UNIVISA S.A.	33	"1" o "2"	

Tabla 1.

Nota.- En el caso que ingresare un nuevo operador, los dos primeros dígitos (xx) será asignado automáticamente mediante la siguiente formula:

$$XX_{\text{nuevo operador}} = n+1;$$

Donde

$n$  = último número asignado

Ejemplo

$$XX_{\text{nuevo operador}} = n+1$$

$$XX_{\text{nuevo operador}} = 18+1$$

$$XX_{\text{nuevo operador}} = 19$$

## **ANEXO E**

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

Las cartas deberán estar formuladas de la siguiente manera:

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

---

**Firma: Gerente General**

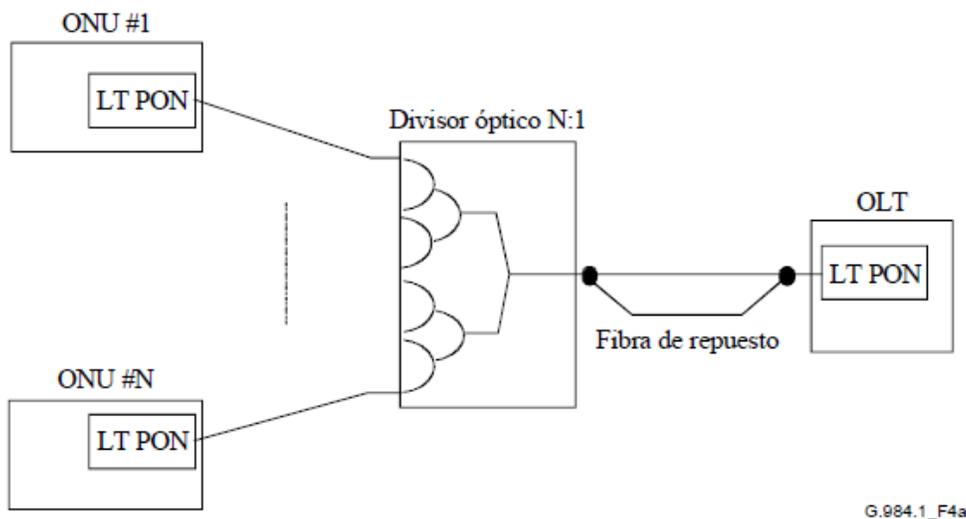
**C.I.**

## **ANEXO F**

### **CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA GPON DÚPLEX**

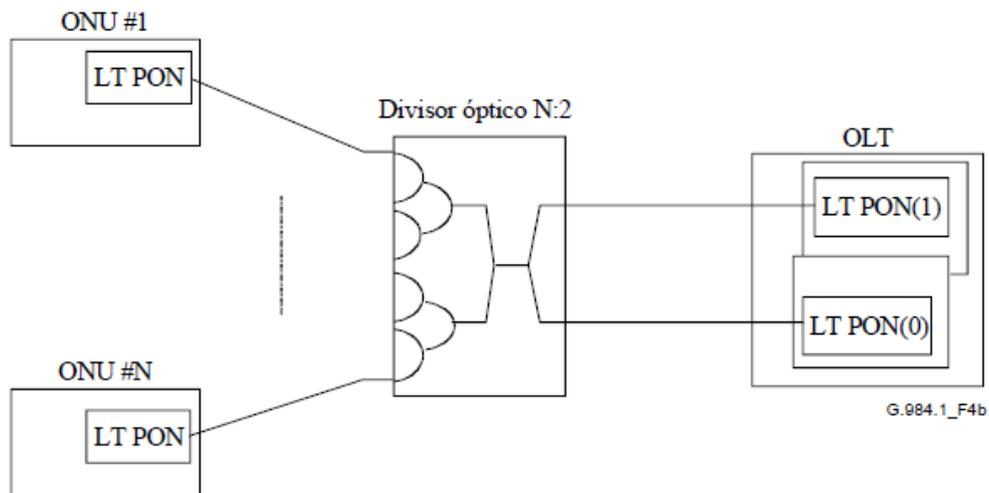
**Recomendación UIT-T-Rec. G.984.1**

**CONFIGURACIÓN TIPO A: Sistema GPON dúplex: Sistema de Fibras dúplex**



**Figura 4a/G.984.1 – Sistema GPON dúplex: sistema de fibras dúplex**

**CONFIGURACIÓN TIPO B: Sistema GPON dúplex: Sistema dúplex únicamente en la OLT**



**Figura 4b/G.984.1 – Sistema GPON dúplex: sistema dúplex únicamente en la OLT**

### CONFIGURACIÓN TIPO C: Sistema GPON dúplex: Sistema dúplex completo

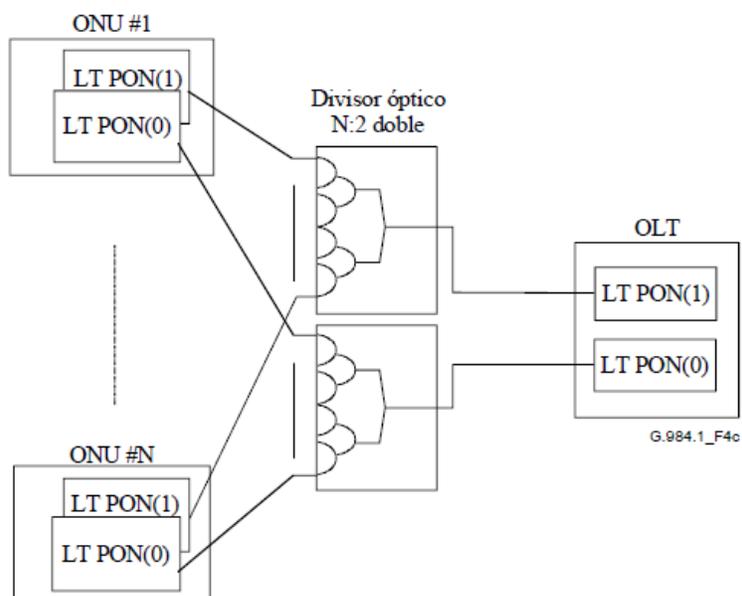


Figura 4c/G.984.1 – Sistema GPON dúplex: sistema dúplex completo

### CONFIGURACIÓN TIPO D: Sistema GPON dúplex: Configuración dúplex parcial

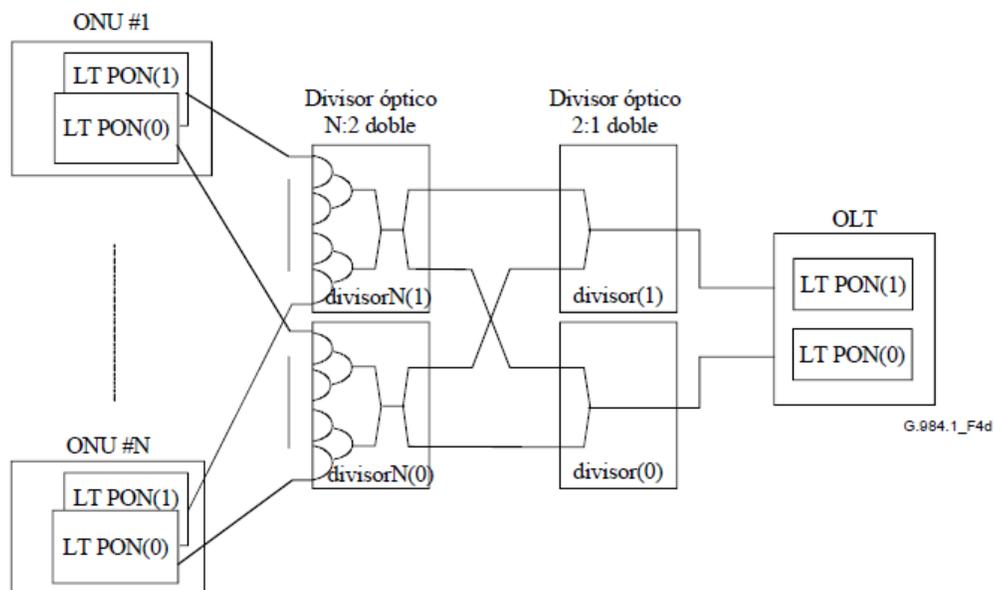


Figura 4d/G.984.1 – Sistema GPON dúplex: configuración dúplex parcial

## **ANEXO G**

### **RECOMENDACIÓN ITU-T G.984.1**



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**G.984.1**

(03/2003)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,  
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Secciones digitales y sistemas digitales de línea –  
Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes  
locales

---

**Redes ópticas pasivas con capacidad de  
Gigabits: Características generales**

Recomendación UIT-T G.984.1

---

## 5 Arquitectura de la red de acceso óptico

### 5.1 Arquitectura de red

La sección óptica de un sistema de red de acceso local puede ser activa o pasiva y su arquitectura puede ser punto a punto o punto a multipunto. La figura 1 muestra las arquitecturas disponibles, que van de la fibra hasta la vivienda (FTTH, *fibre to the home*), pasando por la fibra hasta el edificio/a la acometida (FTTB/C, *fibre to the building/curb*), hasta la fibra hasta el armario (FTTCab, *fibre to the cabinet*). La OAN (red de acceso óptico) es común a todas las arquitecturas presentadas en la figura 1; por consiguiente, la uniformidad de este sistema ofrece la posibilidad de generar grandes volúmenes a escala mundial.

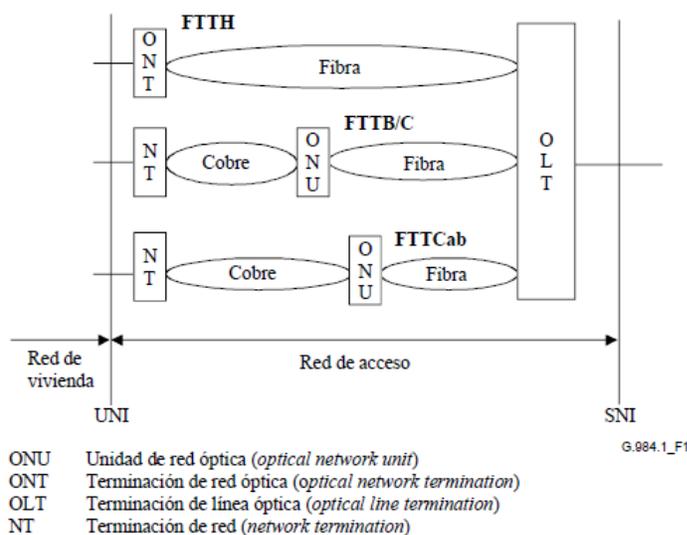


Figura 1/G.984.1 – Arquitectura de red

Las diferencias entre las opciones de red fibra al edificio (FTTB, *fibre to the building*), fibra a la acometida (FTTC, *fibre to the curb*), fibra al armario (FTTCab, *fibre to the cabinet*) y FTTH estriban principalmente en los distintos servicios que ofrecen, y por lo tanto pueden tratarse como equivalentes en esta Recomendación.

#### 5.1.1 Escenario FTTB

Este escenario se divide a su vez en dos escenarios, uno para las unidades multivivienda (MDU, *multi-dwelling unit*), y el otro para las empresas. Cada escenario tiene las siguientes categorías de servicio:

##### 5.1.1.1 FTTB para MDU

- Servicios de banda ancha asimétricos (por ejemplo, servicios de difusión digital, video por demanda (VOD, *video on demand*), descarga de ficheros, etc.).
- Servicios de banda ancha simétricos (por ejemplo, difusión de contenidos, correo electrónico, intercambio de ficheros, cursos a distancia, telemedicina, juegos en línea, etc.).
- Servicio telefónico ordinario (POTS, *plain old telephone service*) y red digital de servicios integrados (RDSI). La red de acceso ha de ofrecer, de una manera flexible, servicios telefónicos de banda estrecha con la temporización adecuada para el acceso.

### 5.1.1.2 FTTB para empresas

- Servicios de banda ancha simétricos (por ejemplo, programas informáticos de grupo, difusión de contenidos, correo electrónico, intercambio de ficheros, etc.).
- Servicio telefónico ordinario (POTS) y red digital de servicios integrados (RDSI). La red de acceso ha de ofrecer, de una manera flexible, servicios telefónicos de banda estrecha con la temporización adecuada para el acceso.
- Línea privada. La red de acceso ha de proporcionar, de una manera flexible, servicios de línea privada con distintas velocidades.

### 5.1.2 Escenarios FTTC y FTTCab

En estos escenarios se incluyen las siguientes categorías de servicio:

- Servicios de banda ancha asimétricos (por ejemplo, servicios de difusión digital, vídeo por demanda, descarga de ficheros, juegos en línea, etc.).
- Servicios de banda ancha simétricos (por ejemplo, difusión de contenido, correo electrónico, intercambio de ficheros, cursos a distancia, telemedicina, etc.).
- Servicio telefónico ordinario (POTS) y red digital de servicios integrados (RDSI). La red de acceso ha de ofrecer, de una manera flexible, servicios telefónicos de banda estrecha con la temporización adecuada para el acceso.
- Red de retroceso xDSL.

### 5.1.3 Escenario FTTH

En este escenario se incluyen las siguientes categorías de servicio:

- Servicios de banda asimétricos (por ejemplo, servicios de difusión digital, vídeo por demanda, telecarga de ficheros, etc.).
- Servicios de banda ancha simétricos (por ejemplo, difusión de contenidos, correo electrónico, intercambio de ficheros, cursos a distancia, telemedicina, juegos en línea, etc.).
- Servicio telefónico ordinario (POTS) y red digital de servicios integrados (RDSI). La red de acceso ha de ofrecer, de una manera flexible, servicios telefónicos de banda estrecha con la temporización adecuada para el acceso.

## 5.2 Configuración de referencia

La configuración de referencia se ilustra en la figura 2.

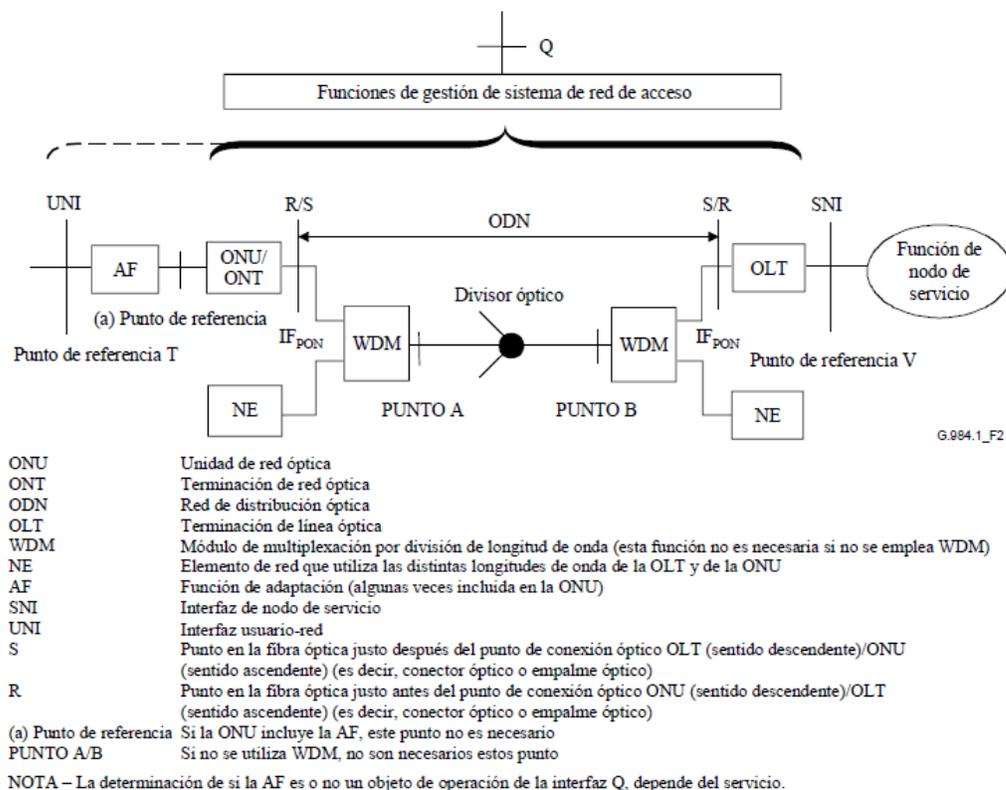


Figura 2/G.984.1 – Configuración de referencia para GPON

### 5.2.1 Interfaz de nodo de servicio

Véase la Rec. UIT-T G.902 [2].

### 5.2.2 Interfaz en los puntos de referencia S/R y R/S

Esta interfaz en los puntos de referencia S/R y R/S se define como IF<sub>PON</sub>. Se trata de una interfaz específica de la PON que soporta todos los elementos de protocolo necesarios para permitir la transmisión entre la OLT y las ONU.

## 6 Servicios, interfaz usuario-red e interfaz de nodo de servicio

### 6.1 Servicios

Es necesario que la GPON, dada su capacidad de banda ancha, soporte todos los servicios existentes y además los nuevos servicios en desarrollo para los abonados particulares y empresas.

Algunos operadores tienen más claro que otros el tipo de servicios específicos que deben ofrecer, aunque esto dependerá en gran medida de las condiciones reglamentarias particulares de los mercados de cada operador, y de las posibilidades que ofrece su propio mercado. La forma de ofrecer estos servicios de manera rentable depende de las condiciones jurídicas y además de otros factores, en particular la infraestructura de telecomunicaciones existente, la distribución de las viviendas y la proporción de clientes particulares y empresas.

En la cláusula I.1 se presentan algunos ejemplos de los servicios.

## 6.2 Interfaz usuario-red (UNI) e interfaz de nodo de servicio (SNI)

Como se ilustra en la figura 2 la ONU/ONT tiene una UNI, así como la OLT tiene una SNI. La interfaz UNI/SNI depende de los servicios ofrecidos por el operador de servicio.

En la cláusula I.2 se describen ejemplos de UNI. Además, en la cláusula I.3 se presentan ejemplos de SNI.

## 7 Velocidad binaria

Básicamente, la GPON está prevista para velocidades de transmisión mayores o iguales a 1,2 Gbit/s. Sin embargo, en el caso de FTTH o FTTC con línea de abonado digital (xDSL, *digital subscriber line*) asimétrica, es posible que no sea necesaria alta velocidad en sentido ascendente. Por consiguiente la GPON identifica las 7 combinaciones de velocidades de transmisión siguientes:

- 155 Mbit/s sentido ascendente, 1,2 Gbit/s sentido descendente
- 622 Mbit/s sentido ascendente, 1,2 Gbit/s sentido descendente
- 1,2 Gbit/s sentido ascendente, 1,2 Gbit/s sentido descendente
- 155 Mbit/s sentido ascendente, 2,4 Gbit/s sentido descendente
- 622 Mbit/s sentido ascendente, 2,4 Gbit/s sentido descendente
- 1,2 Gbit/s sentido ascendente, 2,4 Gbit/s sentido descendente
- 2,4 Gbit/s sentido ascendente, 2,4 Gbit/s sentido descendente

## 8 Alcance lógico

Se define como la distancia máxima entre ONU/ONT y OLT salvo el límite de la capa física. En GPON, el alcance lógico máximo es de 60 km.

## 9 Alcance físico

Se define como la distancia física máxima entre la ONU/ONT y la OLT. En GPON, se definen dos opciones para el alcance físico: 10 km y 20 km. Se supone que la ONU puede utilizar el diodo láser Fabry-Perot (FP-LD, *Fabry-Perot laser diode*) en una distancia máxima de 10 km para altas velocidades tales como 1,25 Gbit/s o superiores.

## 10 Distancia de fibra diferencial

En GPON, la distancia máxima diferencia de fibra es de 20 km. Esto afecta el tamaño de la ventana de determinación de distancia y es conforme con la Rec. UIT-T G.983.1.

## 11 Retardo medio máximo de transferencia de la señal

La GPON debe dar cabida a servicios que requieren un valor medio máximo de retardo de transferencia de la señal de 1,5 ms.

Específicamente, el sistema GPON debe tener un valor medio máximo de retardo de transferencia de la señal menor de 1,5 ms entre T-V (o (a)-V, según la preferencia del operador). Véase la cláusula 12/G.982 [3].

No obstante que en la Rec. UIT-T G.982 una sección de la medición de retardo es T-V para el sistema FTTH o (a)-V para la otra aplicación, en el sistema GPON los puntos de referencia no están restringidos por la configuración del sistema.

## 12 Relación de división

En principio, cuanto más grande sea la relación de división de la GPON, más atrayente resultará para los operadores. Sin embargo, una relación de división más grande implica un divisor óptico más grande, lo cual significa un aumento de la potencia total para soportar el alcance físico.

Con la tecnología actual, una relación de división hasta de 1:64 para la capa física es realista. No obstante, dada la continua evolución de los módulos ópticos, en la capa TC se debería prever la utilizar de relaciones de división hasta de 1:128.

## 13 Superposición de servicios

Se puede utilizar una superposición de longitudes de onda para ofrecer servicios mejorados al abonado. Por consiguiente, la GPON debe dejar libre la banda de mejora definida en la Rec. UIT-T G.983.3.

## 14 Protección en la sección PON

Desde el punto de vista de la gestión de la red de acceso, se considera que la arquitectura de protección de la GPON mejora la fiabilidad de las redes de acceso. Sin embargo, la protección se debe considerar como un mecanismo facultativo ya que su implementación está en función de la realización de los sistemas económicos.

En esta cláusula se presentan algunas posibles configuraciones dúplex y los requisitos correspondientes como ejemplos de sistemas GPON protegidos. Además, se trata el mensaje de operaciones, administración y mantenimiento (OAM) destinado a la protección.

### 14.1 Posibles tipos de conmutación

Hay dos tipos de conmutación de protección análogos a los de los sistemas de la jerarquía digital síncrona (SDH, *synchronous digital hierarchy*):

- i) conmutación automática; y
- ii) conmutación forzada.

El primer tipo se activa cuando se detecta una avería tal como pérdida de señal, pérdida de trama, degradación de señal (cuando la proporción de bits erróneos (BER, *bit error ratio*) es mayor que el umbral predeterminado), etc. El segundo tipo se activa mediante eventos administrativos, tales como el reencaminamiento de fibra, sustitución de fibra, etc. El sistema GPON debería soportar ambos tipos, si fuese necesario, aunque se trate de funciones facultativas. Por lo general, la función OAM se encarga del mecanismo de conmutación, por lo tanto se debería reservar en la trama OAM el campo de información OAM necesario.

En la figura 3 se ilustra el modelo del sistema dúplex de la red de acceso. La parte sobresaliente de la protección en el sistema GPON debería ser una parte de la protección entre la interfaz ODN en la OLT y la interfaz ODN en la ONU a través de la ODN, excluida la redundancia de SNI en la OLT.

## **ANEXO H**

# **PROFORMAS DE EQUIPO ACTIVO DE LA RED DE ACCESO FTTH**

# PRICE SCHEDULE

Cotización GPON Huawei

Quotation Number:0000Hc00749878201503100005



Huawei Technologies Co., Ltd.

2015-03-10



Quotation Number: 0000Hc00749878201503100005

## PRICE LIST: L1-SUMMARY

NO.	Item	Cant.	Total Price (USD)
1	Equipo OLT MA5603T con 8 puertos GPON	1	\$ 43,953.26
2	Licenciamiento de MA5600T	1	\$ 3,549.16
3	Equipos ONT HG8247H	60	\$ 13,464.60
<b>DDP Quito EQUIPMENT TOTAL PRICE</b>			<b>\$ 60,967.02</b>

**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**

**CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN Y**

**FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE ACCESO FTTH EN**

**URUCUQÍ, PROVINCIA DE IMBABURA POR CINCO**

**AÑOS**

**CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE ACCESO FTTH EN LA PARROQUIA DE URCUQUÍ**

ACTIVIDAD	Duración	MES 1			MES 2			MES 3			MES 4			MES 5			MES 6			MES 7			MES 8			MES 9			MES 10			MES 11			MES 12		
		1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30
Campaña Publicitaria arranque	5 meses	█																																			
Construcción de planta externa	6 meses	█																																			
Instalación y configuración de equipos	1 mes																█																				
Contratos con los primero 105 usuarios	3 meses																█																				
Puesta en marcha inicial	2 meses																						█														
Arranque de la operación de la red	3 meses																									█											

**CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE ACCESO FTTH EN LA PARROQUIA DE URCUQUÍ**

ACTIVIDAD	Duración	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Campaña Publicitaria arranque	5 meses	█				
Construcción de planta externa	6 meses	█				
Instalación y configuración de equipos	1 mes		█			
Contratos con los primero 105 usuarios	3 meses		█			
Puesta en marcha inicial	2 meses		█			
Arranque de la operación de la red	3 meses		█			
Operación de la red durante los cinco años	5 años	█				

**ANEXO J**

**HOJAS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE**

**ELEMENTOS FTTH**

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



## 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.

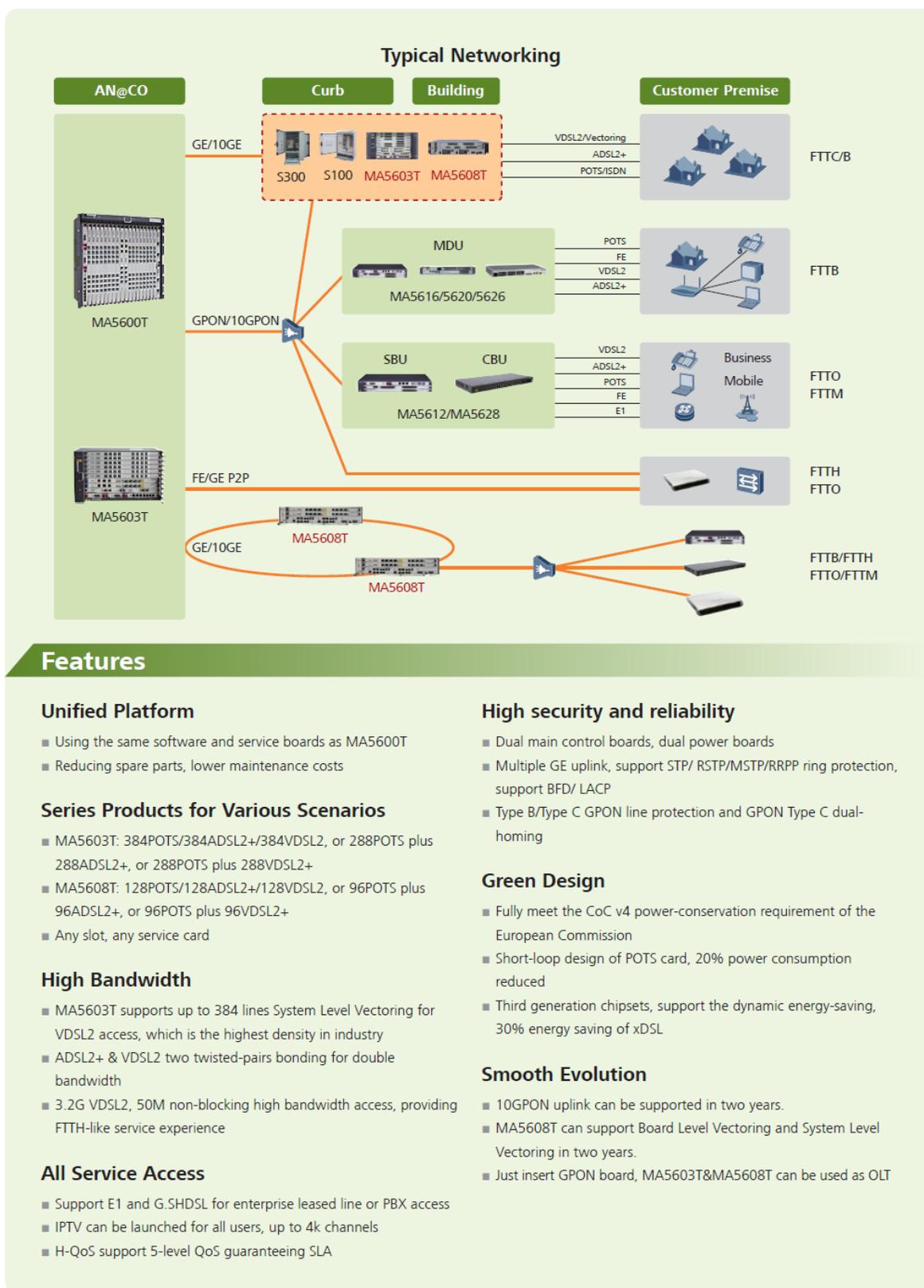
These outdoor cabinets have sealing, heat-dissipation, and dust-proof features for flexible deployment. The integrated outdoor cabinet can realize one-stop installation, quick service provision.



F01S300



F01S100



## 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 1588v2/1PPS+TOD

### POTS Line Card

- 64\*port per card with G.711/G.723/G.729 coding/decoding
- One card with Analog, Polarity Reversal and 12/16KC 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

(Width × Depth × Height)

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

### Running Environment

- Working environment temperature: -40°C to +65°C

### 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.

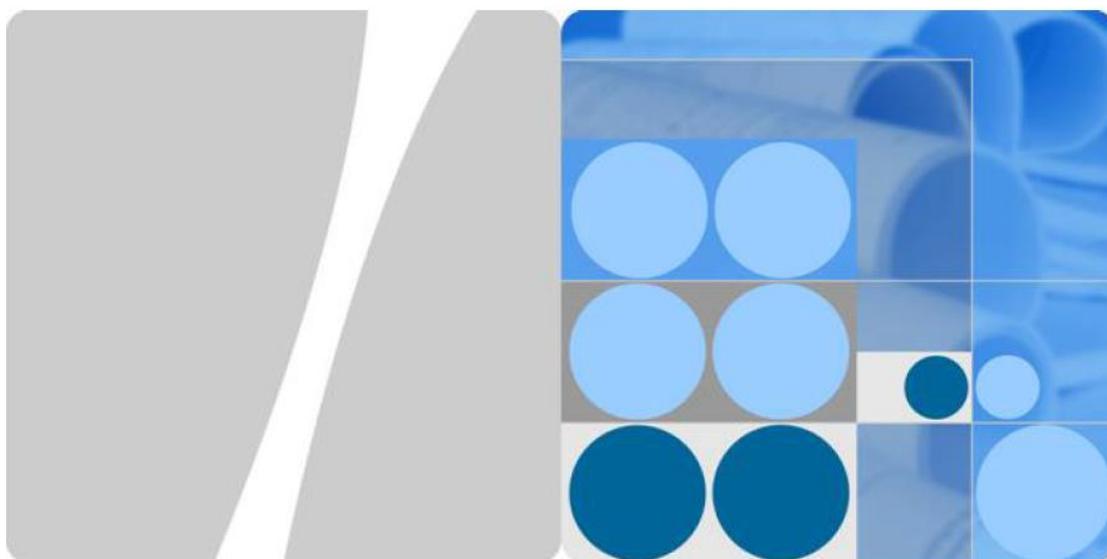
#### General Disclaimer

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](http://www.huawei.com)



**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](mailto: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.



## 3M™ Planar Light Circuit (PLC) Optical Splitters

3M™ Planar Light Circuit (PLC) Splitters are fully passive optical branching devices that exhibit uniform signal splitting for the most advanced optical networks. These planar silica waveguide devices are packaged in small form factor housings to offer compact management into 3M modules and splice trays.

Bend insensitive, reduced water peak singlemode fiber is used to provide low bending loss in applications which require tight radius or significant handling by the technician. These splitters are manufactured and tested to GR-1209/1221 to provide the high performance and reliability needed in the outside plant environment.

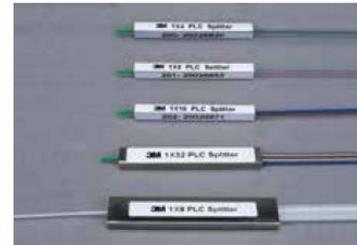
Applications for the PLC splitters include all FTTH network architectures (GPON, BPON, EPON), Passive Optical LAN and CATV.

### Operating Conditions

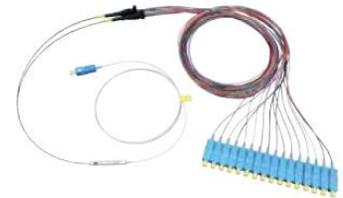
Wavelength	1260 ~ 1360 nm & 1450 ~ 1650 nm
Temperature range	-40°C to 85°C
Humidity range	5% to 85% RH
Telecordia GR-1209 & GR-1221 compliant	

### Features

Low insertion loss	
High uniformity	
Fiber input & output	Bend insensitive SM fiber meets (ITU G.652D and G.657A)
Outputs color coded per TIA/EIA 598-B	Blue, Orange, Green, Brown, Slate, White, Red, Black



3M™ Planar Light Circuit (PLC) Optical Splitter Family



Available with factory terminated fanouts



Available in various splice trays to fit 3M™ Fiber Splice Closures

### 3M™ Planar Light Circuit (PLC) Optical Splitters

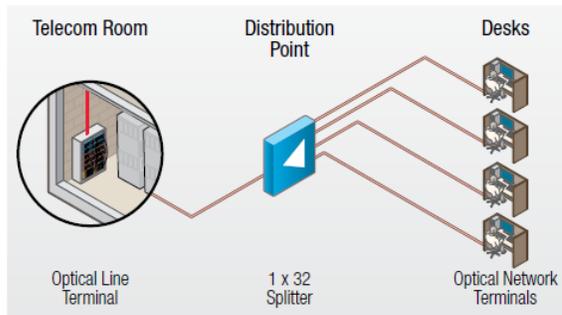
Specifications										
Parameters	1x2	1x4	1x8	1x16	1x32	2x2	2x4	2x8	2x16	2x32
Insertion loss (dB)	3.7	7.2	10.5	13.5	16.5	3.9	7.5	10.8	14.1	17.4
Uniformity (dB)	≤0.6	≤0.6	≤0.8	≤1.2	≤1.7	≤0.8	≤1.2	≤1.5	≤2.0	≤2.5
PDL (dB)	≤0.2	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.2	≤0.3	≤0.4	≤0.4	≤0.4
Return loss (dB)	≥55	≥55	≥55	≥55	≥55	≥55	≥55	≥55	≥55	≥55
Directivity (dB)	≥55	≥55	≥55	≥55	≥55	≥55	≥55	≥55	≥55	≥55

Configuration Guide										ADD FOR FANOUT:				
PLC	-	XXX	-	XX	-	XX	-	XX	-	X	-	X	-	XXX
Splitter Type	Ports	Fiber Type (Input/Output)	Connectors (Input/Output)	Pigtail Length** (Input & Output)	Grade	Tray or Cassette	Length Ribbon (L1)/ Breakout (L2)							
	102 = 1x2													
PLC = Planar Light Circuit	104 = 1x4	2 = 250 μm	0 = none	15 = 1.5 meter	S = Standard	0 = none	0312 = .03 m/1.2 m							
	108 = 1x8	R = 250 μm Ribbon	1 = SC/UPC											
	116 = 1x16	9 = 900 μm loose tube	2 = SC/APC											
	132 = 1x32													
	202 = 2x2													
	204 = 2x4													
	208 = 2x8													
	216 = 2x16													
	232 = 2x32													

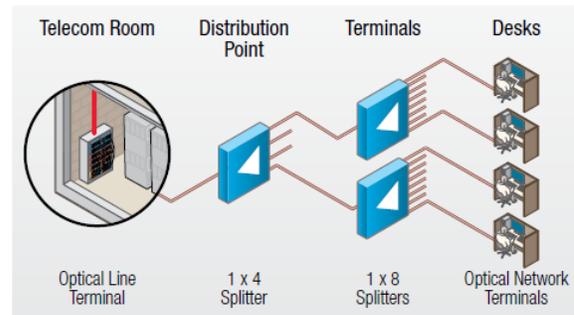
**Example:** PLC-104-29-22-15-S-0-0312  
 (1x4, 250 μm input, 900 μm loose tube output, SC/APC to SC/APC, 1.5 m legs, standard grade, no tray, with fanout of .3m ribbon and 1.2m of 900 μm loose tube)

\*\* Inputs & outputs equal length

### Passive Optical LAN Architectures Utilizing PLC Splitters



**Centralized Splitting with 1x32 3M™ Planar Light Circuit (PLC) Optical Splitters**



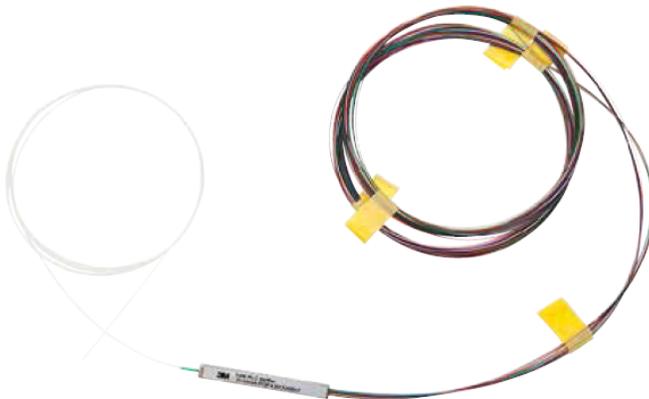
**Distributed Splitting with combination of 1x4 and 1x8 3M™ Planar Light Circuit (PLC) Optical Splitters**

### 3M™ Planar Light Circuit (PLC) Splitters Ordering Information

Product Number	Description	3M ID	Minimum Order
PLC-102-22-00-15-S-0	PLC singlemode optical splitter 1X2, 250 $\mu$ m discrete output	80-6113-2660-6	1
PLC-104-22-00-15-S-0	PLC singlemode optical splitter 1X4, 250 $\mu$ m discrete output	80-6113-2661-4	1
PLC-104-2R-00-15-S-0	PLC singlemode optical splitter 1X4, ribbon output	80-6113-2448-6	1
PLC-104-99-11-15-S-0	PLC singlemode optical splitter 1X4, 900 $\mu$ m loose tube, SC/UPC	80-6113-2514-5	1
PLC-104-99-22-15-S-0	PLC singlemode optical splitter 1X4, 900 $\mu$ m loose tube, SC/APC	80-6113-2516-0	1
PLC-108-22-00-15-S-0	PLC singlemode optical splitter 1X8, 250 $\mu$ m discrete output	80-6113-2662-2	1
PLC-108-2R-00-15-S-0	PLC singlemode optical splitter 1X8, ribbon output	80-6113-2449-4	1
PLC-108-99-11-15-S-0	PLC singlemode optical splitter 1X8, 900 $\mu$ m loose tube, SC/UPC	80-6113-2515-2	1
PLC-108-99-22-15-S-0	PLC singlemode optical splitter 1X8, 900 $\mu$ m loose tube, SC/APC	80-6113-2517-8	1
PLC-116-22-00-15-S-0	PLC singlemode optical splitter 1X16, 250 $\mu$ m discrete output	80-6113-2663-0	1
PLC-116-2R-00-15-S-0	PLC singlemode optical splitter 1X16, ribbon output	80-6113-2450-2	1
PLC-116-99-22-15-S-0	PLC singlemode optical splitter 1X16, 900 $\mu$ m loose tube, SC/APC	80-6113-9834-0	1
PLC-132-22-00-15-S-0	PLC singlemode optical splitter 1X32, 250 $\mu$ m discrete output	80-6113-2664-8	1
PLC-132-2R-00-15-S-0	PLC singlemode optical splitter 1X32, ribbon output	80-6113-2451-0	1
PLC-132-99-22-15-S-0	PLC singlemode optical splitter 1X32, 900 $\mu$ m loose tube, SC/APC	80-6114-7901-7	1
PLC-164-22-00-15-S-0	PLC singlemode optical splitter 1X64, 250 $\mu$ m discrete output	80-6113-2984-0	1
PLC-202-22-00-15-S-0	PLC singlemode optical splitter 2X2, 250 $\mu$ m discrete output	80-6113-2717-4	1
PLC-204-22-00-15-S-0	PLC singlemode optical splitter 2X4, 250 $\mu$ m discrete output	80-6113-2718-2	1
PLC-204-99-22-15-S-0	PLC singlemode optical splitter 2X4, 900 $\mu$ m loose tube, SC/APC	80-6113-9835-7	1
PLC-208-99-22-15-S-0	PLC singlemode optical splitter 2X8, 900 $\mu$ m loose tube, SC/APC	80-6113-9836-5	1
PLC-216-99-22-15-S-0	PLC singlemode optical splitter 2X16, 900 $\mu$ m loose tube, SC/APC	80-6113-9837-3	1
PLC-232-99-22-15-S-0	PLC singlemode optical splitter 2X32, 900 $\mu$ m loose tube, SC/APC	80-6113-9838-1	1

### 3M™ Planar Light Circuit (PLC) Splitters Fanout Ordering Information

Product Number	Description	3M ID	Minimum Order
PLC-104-29-11-15-S-0-0312	PLC singlemode optical splitter 1X4, 900 $\mu$ m fanout, SC/UPC	80-6113-2455-1	1
PLC-108-29-11-15-S-0-0312	PLC singlemode optical splitter 1X8, 900 $\mu$ m fanout, SC/UPC	80-6113-2456-9	1
PLC-108-29-22-15-S-0-0312	PLC singlemode optical splitter 1X8, 900 $\mu$ m fanout, SC/APC	80-6113-2463-5	1
PLC-116-29-11-15-S-0-0312	PLC singlemode optical splitter 1X16, 900 $\mu$ m fanout, SC/UPC	80-6113-2457-7	1
PLC-116-29-22-15-S-0-0312	PLC singlemode optical splitter 1X16, 900 $\mu$ m fanout, SC/APC	80-6113-2464-3	1
PLC-132-29-11-15-S-0-0312	PLC singlemode optical splitter 1X32, 900 $\mu$ m fanout, SC/UPC	80-6113-2458-5	1



3M™ Planar Light Circuit (PLC) Splitter, 250  $\mu$ m discrete

### 3M™ Planar Light Circuit (PLC) Splitters in Trays Ordering Information

Product Number	Description	3M ID	Minimum Order
2527-1x2PLC-01-SF2-BA-S	2527 tray with one 1x2 PLC splitter, splitter input/output splicing for 12 3.0x60 mm SF	80-6113-3481-6	1
2527-1x4PLC-01-SF2-BA	2527 tray with one 1x4 PLC splitter, splitter input/output splicing for 12 3.0x60 mm SF	80-6113-3087-1	1
2527-1x8PLC-01-SF2-BA	2527 tray with one 1x8 PLC splitter, splitter input/output splicing for 12 3.0x60 mm SF	80-6113-3480-8	1
2527-1x16PLC-1-SF2-AA-S	2527 tray with one 1x16 PLC splitter, splitter input splicing for 12 3.0x60 mm SF	80-6113-3482-4	1
2527-1x32PLC-1-SF2-AA	2527 tray with one 1x32 PLC splitter, splitter input splicing for 12 3.0x60 mm SF	80-6113-3088-9	1
2532-1x4PLC-01-SF2-BA	2532 tray with one 1x4 PLC splitter, splitter input/output splicing for 12 3.0x60 mm SF	80-6113-3089-7	1
2532-1x8PLC-01-SF2-BA	2532 tray with one 1x8 PLC splitter, splitter input/output splicing for 12 3.0x60 mm SF	80-6113-3090-5	1
2532-1x32PLC-01-SF2-AA-M	2532 tray with one 1x32 PLC splitter, splitter input for 12 3.0x60 mm SF	80-6113-8092-6	1
2538-1x4PLC-01-SF2-BA	2538 tray with one 1x4 PLC splitter, splitter input/output splicing for 12 3.0x60 mm SF	80-6113-3091-3	1
2538-1x8PLC-01-SF2-BA	2538 tray with one 1x8 PLC splitter, splitter input/output splicing for 12 3.0x60 mm SF	80-6113-3092-1	1
2538-1x32PLC-01-SF2-AA-M	2538 tray with one 1x32 PLC splitter, splitter input for 12 3.0x60 mm SF	80-6113-3512-8	1

Tray Type	3M Closure Compatibility
2527	All 3M™ Fiber Optic Splice Closures 2178 and 3M™ SLiC™ Fiber Aerial Closures 533 and 733
2532	3M™ Fiber Optic Splice Closure 2178-XSB
2538	3M™ Closures Fiber Dome

3M and SLiC are trademarks of 3M Company.

"RoHS 2011/65/EU" means that the product or part does not contain any of the substances in excess of the maximum concentration values ("MCV's") in EU RoHS Directive 2011/65/EU. The MCV's are by weight in homogeneous materials. This information represents 3M's knowledge and belief, which may be based in whole or in part on information provided by third party suppliers to 3M.

#### Important Notice

All statements, technical information, and recommendations related to 3M's products are based on information believed to be reliable, but the accuracy or completeness is not guaranteed. Before using this product, you must evaluate it and determine if it is suitable for your intended application. You assume all risks and liability associated with such use. Any statements related to the product which are not contained in 3M's current publications, or any contrary statements contained on your purchase order shall have no force or effect unless expressly agreed upon, in writing, by an authorized officer of 3M.

#### Warranty; Limited Remedy; Limited Liability.

This product will be free from defects in material and manufacture for a period of 12 months from the time of purchase. 3M MAKES NO OTHER WARRANTIES INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. If this product is defective within the warranty period stated above, your exclusive remedy shall be, at 3M's option, to replace or repair the 3M product or refund the purchase price of the 3M product. Except where prohibited by law, 3M will not be liable for any loss or damage arising from this 3M product, whether indirect, special, incidental or consequential regardless of the legal theory asserted.



#### Communication Markets Division

6801 River Place Blvd.  
Austin, TX 78726-9000  
800/426 8688  
Fax 800/626 0329  
www.3M.com/Telecom

Please recycle. Printed in USA.  
© 3M 2013. All rights reserved.  
80-6113-8655-0

**ANEXO K**

**PLANOS DEL DISEÑO DE LA**

**RED DE ACCESO FTTH**