



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE  
COMUNICACIÓN

" DISEÑO DE UNA RED GPON EN EL NODO CARANQUI  
PARA EL SECTOR 19 DE ENERO DE LA CIUDAD DE  
IBARRA, BASADO EN EL ESTÁNDAR ITU-T G.984, PARA  
CNT EP."

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

AUTOR: LUIS DANIEL VIZCAÍNO ARMAS

DIRECTOR: ING. ROBERTO MARCILLO

IBARRA- ECUADOR

JULIO 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, determinó 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:


<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	0401305370		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Vizcaíno Armas Luis Daniel		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Av. Juan Atabalipa y Hernán Gonzales		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:daniel7.vizcaino@gmail.com">daniel7.vizcaino@gmail.com</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062651872	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0994827548

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	“DISEÑO DE UNA RED GPON EN EL NODO CARANQUI PARA EL SECTOR 19 DE ENERO DE LA CIUDAD DE IBARRA, BASADO EN EL ESTÁNDAR ITU-T G.984, PARA CNT EP”
<b>AUTOR (ES):</b>	LUIS DANIEL VIZCAÍNO ARMAS
<b>FECHA:</b>	JULIO 2015
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> / <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	Ing. Roberto Marcillo

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Luis Daniel Vizcaíno Armas, con cédula de identidad Nro. 0401305370, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago 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 en 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.

**EL AUTOR:**



Luis Daniel Vizcaíno Armas.

C.C.: 0401305370

Ibarra, Julio 2015



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

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

Yo, Luis Daniel Vizcaíno Armas, con cédula de identidad Nro. 0401305370, 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 denominado: **“DISEÑO DE UNA RED GPON EN EL NODO CARANQUI PARA EL SECTOR 19 DE ENERO DE LA CIUDAD DE IBARRA, BASADO EN EL ESTÁNDAR ITU-T G.984, PARA CNT EP”**, que ha sido desarrollado para optar por el título 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 a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

**EL AUTOR:**

Luis Daniel Vizcaíno Armas.

C.C.: 0401305370

Ibarra, Julio – 2015



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**ACEPTACIÓN A LA DIRECCIÓN DE TESIS**

**CERTIFICO**

Luego de haber sido designado por el ilustre consejo directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra, he aceptado con mucha satisfacción participar como director de tesis: **“DISEÑO DE UNA RED GPON EN EL NODO CARANQUI PARA EL SECTOR 19 DE ENERO DE LA CIUDAD DE IBARRA, BASADO EN EL ESTÁNDAR ITU-T G.984, PARA CNT EP”**, trabajo de investigación realizado por la señor egresado Luis Daniel Vizcaíno Armas, previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación.

Que ha sido dirigido en todas sus partes, cumpliendo con todas las disposiciones emitidas por la Universidad Técnica del Norte en lo referente a la elaboración del Trabajo de Grado.

Por lo expuesto:

Autorizo su presentación ante los organismos competentes para sustentación del mismo.

Ibarra, Julio 2015

Ing. Roberto Marcillo

**DIRECTOR DE TESIS**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y 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

**EL AUTOR:**

Luis Daniel Vizcaíno Armas.

C.C.: 0401305370

Ibarra, Julio 2015



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**

**DECLARACIÓN**

Yo, Luis Daniel Vizcaíno Armas, 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.

.....  
Luis Daniel Vizcaíno Armas.

C.C.: 0401305370

Ibarra, Julio 2015

## AGRADECIMIENTO

*A mi director de tesis Ing. José Roberto Marcillo, porque nunca dudo de mis capacidades incentivándome a seguir adelante, por direccionarme, instruirme y guiarme, ya que sin su apoyo permanente no hubiese podido comenzar este proyecto y a la vez culminarlo.*

*A todos quienes que conforman la Corporación Nacional de Telecomunicaciones Imbabura por brindarme todas las facilidades y permitirme desarrollar el presente proyecto.*

*A la Universidad Técnica del Norte, especialmente a mis maestros Ing. Carlos Vázquez, Ing. Jaime Michilena quienes me enseñaron que sin esfuerzo y sacrificio no se consigue nada en la vida.*

*Daniel*

## DEDICATORIA

*El presente proyecto de tesis va dedicado de manera especial a mis padres, porque han sido sin duda el pilar fundamental y principales precursores de este logro, por ser los guías en el sendero de cada uno de los actos que realizo hoy, mañana y siempre.*

*Daniel*

## CONTENIDO

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	ii
AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD.....	iii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	iv
ACEPTACIÓN A LA DIRECCIÓN DE TESIS.....	v
CONSTANCIAS.....	vi
DECLARACIÓN.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xix
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xxii
RESUMEN.....	xxiii
ABSTRACT.....	xxiv
PRESENTACIÓN.....	xxv

<b>1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 MEDIOS DE PROPAGACIÓN .....</b>	<b>2</b>
1.2.1 REFLEXIÓN DE LA LUZ .....	2
1.2.2 REFRACCIÓN DE LA LUZ .....	3
<b>1.3 PRINCIPIO DE PROPAGACIÓN DE LA LUZ .....</b>	<b>3</b>
1.3.1 SISTEMA DE COMUNICACIÓN ÓPTICO .....	4
<b>1.4 COMPOSICIÓN DE UNA FIBRA ÓPTICA .....</b>	<b>5</b>
<b>1.5 PARÁMETROS ÓPTICOS .....</b>	<b>6</b>

1.5.1	VENTANAS DE TRANSMISIÓN ÓPTICAS .....	6
1.5.2	CONO DE ACEPTACIÓN .....	6
1.5.3	APERTURA NUMÉRICA .....	7
<b>1.6</b>	<b>ELEMENTOS DE LA FIBRA ÓPTICA .....</b>	<b>7</b>
1.6.1	NUCLEO .....	8
1.6.2	CLADDING .....	8
1.6.3	COATING .....	9
<b>1.7</b>	<b>TIPOS DE FIBRA ÓPTICA .....</b>	<b>9</b>
1.7.1	FIBRA ÓPTICA MULTIMODO .....	9
1.7.2	FIBRA ÓPTICA MONOMODO .....	12
<b>1.8</b>	<b>TIPOS DE FIBRA ÓPTICA DE ACUERDO AL ESTÁNDAR ITU-T.....</b>	<b>14</b>
1.8.1	ESTÁNDAR ITU-T G.651.....	14
1.8.2	ESTÁNDAR ITU-T G.652.A Y G.652.B.....	15
1.8.3	ESTÁNDAR ITU-T G.652.C Y G.652.D .....	15
1.8.4	ESTÁNDAR ITU-T G.653.....	16
1.8.5	ESTÁNDAR ITU-T G.654.....	16
1.8.6	ESTÁNDAR ITU-T G.656.....	17
1.8.7	ESTÁNDAR ITU-T G.657A/B.....	17
<b>1.9</b>	<b>VENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA.....</b>	<b>17</b>
<b>1.10</b>	<b>¿QUÉ ES GPON? .....</b>	<b>19</b>
1.10.1	OLT (OPTICAL LINE TERMINAL) .....	20
1.10.2	ODN (OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK) .....	20
1.10.3	SPLITTER.....	21
1.10.4	ONT (OPTICAL NETWORK TERMINAL).....	22
<b>1.11</b>	<b>NIVELES DE CLASIFICACIÓN DE POTENCIA .....</b>	<b>23</b>
<b>1.12</b>	<b>ARQUITECTURAS DE RED FTTx (Fiber To The x) .....</b>	<b>23</b>
1.12.1	FTTH (FIBER TO THE HOME) .....	23
1.12.2	FTTB (FIBER TO THE BUILDING).....	24
1.12.3	FTTC (FIBER TO THE CURB).....	24
1.12.4	FTTN (FIBER TO THE NODE) .....	24
<b>1.13</b>	<b>ATENUACIÓN EN LAS FIBRAS ÓPTICAS .....</b>	<b>25</b>
1.13.1	ATENUACIÓN INTRÍNSECA .....	25
1.13.2	ABSORCIÓN MATERIAL .....	25
1.13.3	DISPERSIÓN DE RAYLEIGH .....	25
1.13.4	ATENUACIÓN EXTRÍNSECA .....	26

1.13.5	DISPERSIÓN CROMÁTICA .....	26
1.13.6	DISPERSIÓN MODAL.....	27
<b>1.14</b>	<b>FUENTES ÓPTICAS .....</b>	<b>28</b>
1.14.1	LED.....	28
1.14.2	LASER (ILD) .....	28
1.14.3	VCSEL .....	28
<b>1.15</b>	<b>MODULACIÓN Y MULTIPLEXACION .....</b>	<b>29</b>
1.15.1	MODULACIÓN.....	29
1.15.2	MODULACIÓN NON RETURN TO ZERO (NRZ) .....	29
1.15.3	MULTIPLEXACION.....	30
1.15.4	MULTIPLEXACION POR DIVISIÓN DE ONDA (WDM).....	30
<b>1.16</b>	<b>TERMINACIONES ÓPTICAS.....</b>	<b>31</b>
1.16.1	CONECTORIZACIÓN.....	32
1.16.2	PÉRDIDA DE INSERCIÓN .....	32
1.16.3	PÉRDIDA DE RETORNO .....	33
1.16.4	TIPOS DE PULIMENTO .....	33
1.16.5	COMPATIBILIDAD ENTRE LOS CONECTORES.....	36
1.16.6	CONECTORES ÓPTICOS .....	36
1.16.7	ADAPTADORES ÓPTICOS .....	37
<b>1.17</b>	<b>DISTRIBUIDOR INTERNO ÓPTICO .....</b>	<b>38</b>
<b>1.18</b>	<b>CAJA DE EMPALME ÓPTICO EXTERNO .....</b>	<b>39</b>
<b>CAPÍTULO II</b> .....		<b>41</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIPCIÓN ACTUAL NODO CARANQUI.....</b>	<b>41</b>
2.1	ESTABLECIMIENTO DEL NODO CARANQUI.....	41
2.2	INFRAESTRUCTURA DEL NODO .....	43
2.3	EQUIPOS DEL NODO .....	44
2.3.1	SISTEMA DE ENERGÍA .....	45
2.3.2	SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.....	47
2.3.3	ESTRUCTURAS DE SUJECIÓN .....	48
2.4	PROYECCIÓN DE EQUIPOS.....	50
2.5	AREAS DE COBERTURA.....	51
2.6	DIVISIÓN DE LA ZONA.....	52
2.7	SITUACION ACTUAL DE ABONADOS.....	53
2.8	DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA.....	55
2.8.1	POBLACIÓN .....	56

2.8.2	MUESTRA .....	56
2.8.3	TABULACIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	57
<b>3</b>	<b>DISEÑO DE LA RED GPON</b> .....	<b>65</b>
3.1	INTRODUCCIÓN.....	65
3.2	COMPONENTES OLT .....	66
3.2.1	SELECCIÓN DE TARJETAS PARA OLT .....	67
3.3	INSTALACIÓN DE ODF EN RACK .....	74
3.4	UNIDADES ONT (OPTICAL NETWORK TERMINAL) .....	75
3.4.1	ONT HUAWEI HG8245 .....	75
3.5	CONSIDERACIONES DE DISEÑO GEOREFERNCIADO .....	78
3.5.1	LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN GEOREFERENCIADA....	78
3.5.2	CREACIÓN Y USO DE WAYPOINTS.....	79
3.5.3	EDICIÓN DE LA INFORMACIÓN GEORREFERENCIADA .....	80
3.5.4	CREACIÓN DE CAPAS .....	82
3.6	DISEÑO DE LA ODN (OPTICAL DISTRUBUTION NETWORK) .....	83
3.6.1	DISEÑO DE LA RED TRONCAL.....	86
3.6.2	DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	96
3.6.3	SANGRADO TRONCAL.....	100
3.6.4	SPLITTER EN ARMARIO .....	103
3.6.5	ESTABLECIMIENTO DE ARMARIOS .....	106
3.6.6	TRAYECTO AÉREO.....	107
3.6.7	CONSIDERACIONES TRAYECTO AÉREO .....	113
3.6.8	IDENTIFICADORES.....	114
3.6.9	DISEÑO RED DE DISPERSIÓN .....	115
3.7	PROCESO DE INSTALACIÓN DE UNA MANGA.....	117
3.7.1	APERTURA DE LA MANGA.....	118
3.7.2	ALMACENAMIENTO DE BUFFERS .....	119
3.7.3	ENRUTAMIENTO DE LA FIBRA A EMPALMAR .....	119
3.8	RESPALDO DE LA RED GPON.....	120
3.8.1	ELECCIÓN SISTEMA DE PROTECCIÓN .....	122
3.8.2	RUTA DE RESPALDO DE LA RED GPON .....	123
<b>4</b>	<b>PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO</b> .....	<b>125</b>
4.1	MARGEN DE PÉRDIDAS.....	125
4.2	PRESUPUESTO DE POTENCIA ÓPTICA.....	126
4.2.1	ATENUACIÓN FIBRA ÓPTICA VENTANA (1490 NM) .....	129

4.2.2	<i>ATENUACIÓN FIBRA ÓPTICA VENTANA (1310 NM)</i> .....	130
<b>4.3</b>	<b><i>PRESUPUESTO ÓPTICO DE RESPALDO DE LA RED GPON</i></b> .....	<b>132</b>
4.3.1	<i>ATENUACIÓN FIBRA ÓPTICA BACK-UP VENTANA (1490 NM)</i> .....	133
4.3.2	<i>ATENUACIÓN FIBRA ÓPTICA BACK-UP VENTANA (1310 NM)</i> .....	134
<b>4.4</b>	<b><i>DESCRIPCIÓN DEL SIMULADOR OPTISYSTEM</i></b> .....	<b>136</b>
<b>4.5</b>	<b><i>SIMULACIÓN DE LA RED GPON</i></b> .....	<b>137</b>
4.5.1	<i>CONFIGURACIÓN DE TRANSMISIÓN OLT</i> .....	139
4.5.2	<i>CONFIGURACIÓN DE LA FIBRA OPTICA</i> .....	140
4.5.3	<i>SPLITTER G-PON</i> .....	141
4.5.4	<i>PROPIEDADES DE LA ONT</i> .....	142
<b>4.6</b>	<b><i>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</i></b> .....	<b>143</b>
<b>4.7</b>	<b><i>MEDICIONES DE LINKS ÓPTICOS- POWER METER Y OTDR</i></b> .....	<b>145</b>
<b>4.8</b>	<b><i>CERTIFICACIÓN Y PRUEBAS EN FIBRAS ÓPTICAS</i></b> .....	<b>145</b>
<b>4.9</b>	<b><i>MEDICIONES REALIZADAS EN EL LABORATORIO</i></b> .....	<b>145</b>
4.9.1	<i>PRUEBAS DE CONTINUIDAD</i> .....	146
4.9.2	<i>PRUEBAS DE ATENUACIÓN</i> .....	146
4.9.3	<i>PRUEBAS DE ATENUACIÓN ABSOLUTA</i> .....	147
<b>4.10</b>	<b><i>PRUEBAS ANALÍTICAS</i></b> .....	<b>147</b>
4.10.1	<i>DETALLE DEL OTDR</i> .....	148
<b>5</b>	<b><i>ANÁLISIS COSTO BENEFICIO</i></b> .....	<b>149</b>
5.1	<i>INTRODUCCION</i> .....	149
5.2	<i>COSTOS DE INVERSIÓN</i> .....	149
5.3	<i>ESTUDIO FINANCIERO</i> .....	158
5.4	<i>VALOR ACTUAL NETO (VAN)</i> .....	161
5.5	<i>TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)</i> .....	162
5.6	<i>PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI)</i> .....	163
5.7	<i>RELACIÓN COSTO – BENEFICIO (B/C)</i> .....	165

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sección transversal de la fibra óptica.....	8
Figura 2. Estructura red red GPON .....	20
Figura 3. Componentes del conector óptico .....	31
Figura 4. Conector Óptico SC/APC .....	37
Figura 5. Odf con patch lateral .....	38
Figura 6. Caja de empalme tipo domo.....	39
Figura 7. Fachada frontal nodo Caranqui .....	41
Figura 8. Ubicación geográfica del Nodo.....	42
Figura 9. Área de cobertura nodo Caranqui .....	43
Figura 10. Dimensionamiento actual del nodo Caranqui .....	44
Figura 11. Sistema de Baterías .....	45
Figura 12. Equipo rectificador TP48300B .....	46
Figura 13. Barras de puesta a tierra .....	47
Figura 14. Sistema de Aire acondicionado.....	48
Figura 15. Fiber Runner existente .....	49
Figura 16. Escalerilla porta cables.....	49
Figura 17. OLT y fiber runner proyectados.....	51
Figura 18. Delimitación de las zonas de cobertura.....	52
Figura 19. Plano censal de la capital provincial .....	53
Figura 20. Crecimiento ciudad de Ibarra .....	56
Figura 21. Porcentaje servicios de telecomunicaciones .....	58
Figura 22. Porcentaje de telefonía fija.....	59
Figura 23. Porcentaje de televisión por cable o satelital .....	60
Figura 24. Porcentaje de Internet.....	60
Figura 25. Porcentaje calificación de proveedores de servicio .....	61
Figura 26. Porcentaje de la negociación empresa proveedora .....	62
Figura 27. Consecuencia de la quinta pregunta .....	63

Figura 28. Porcentaje pago por pago de empaquetado de servicios .....	63
Figura 29. Porcentaje de empaquetado de servicios.....	64
Figura 30. OLT MA5600T .....	67
Figura 31. Tarjeta de poder PRTE (DC Power Board) .....	68
Figura 32. Tarjeta de control SCUN (Super Control Board).....	69
Figura 33. Tarjeta de servicios GPBD.....	70
Figura 34. Tarjeta de uplink modelo GICK.....	72
Figura 35. Consolidado de tarjetas .....	73
Figura 36. Racks para ODF y OLT .....	74
Figura 37. Posicionamiento en rack de ODF y OLT.....	75
Figura 38. ONT Huawei HG8245 .....	76
Figura 39. Puertos / Botones parte posterior ONT HG8245 .....	77
Figura 40. Puertos / Botones parte lateral ONT HG8245.....	77
Figura 41. Puertos / Botones parte lateral ONT HG8245.....	78
Figura 42 Toma de puntos georreferenciados .....	80
Figura 43 Puntos georreferenciados sin editar .....	81
Figura 44. Diagrama de bloques red GPON.....	83
Figura 45. Esquema red GPON .....	85
Figura 46 Cable óptico para ductos .....	87
Figura 47. Recorrido fibra óptica 96 hilos canalizados .....	89
Figura 48. Fusión de 7 hilos feeder canalizado continuidad a feeder aéreo .....	91
Figura 49. Recorrido canalización existente.....	92
Figura 50. Recorrido canalización proyectada .....	94
Figura 51. Canalización proyectada 2 vías 1 un triducto .....	95
Figura 52. Subida a poste .....	96
Figura 53. Descripción general fibra ADSS .....	97
Figura 54. Descripción detallada fibra ADSS .....	97
Figura 55. Flecha y vano de la fibra óptica .....	98
Figura 56. Estructura herraje de retención.....	99

Figura 57. Herrajes de suspensión.....	100
Figura 58. Sangrado de fibra óptica.....	100
Figura 59. Unión fibra óptica 96 h con fibra óptica 24 h .....	101
Figura 60. Sangrado tres primero hilos para la zona 1 .....	101
Figura 61. Continuidad de hilos 4 5 6 y 7 para la zona 2 .....	102
Figura 62. Armario 144 puertos .....	103
Figura 63. Conexión de hilos de feeder e hilos de respaldo (Armario N°1).....	104
Figura 64. Conexión de hilos de feeder e hilos de respaldo (Armario N°2).....	105
Figura 65. Plano 3D ubicación de armarios GPON.....	107
Figura 66. Fragmento red de distribución serie A (Armario 2).....	108
Figura 67. Caja de distribución óptica 8 puertos .....	109
Figura 68. Caja de distribución óptica 12 puertos .....	112
Figura 69. Fragmento red de distribución serie D (Armario 1).....	112
Figura 70. Identificador aéreo para fibra ADSS.....	115
Figura 71. Cable de red de dispersión G.657A.....	116
Figura 72. Fragmento red de dispersión caja (B2 Armario N°1).....	117
Figura 73. Manga tipo domo vista frontal .....	118
Figura 74. Protección tipo A duplicidad fibra óptica .....	120
Figura 75. Protección tipo B duplicidad de OLT .....	121
Figura 76. Protección tipo C duplicidad OLT y ONT .....	122
Figura 77. Ruta de respaldo color (magenta) y ruta trocal color (azul).....	124
Figura 78. Elemento que intervienen en el presupuesto óptico .....	128
Figura 79. Presupuesto óptico back up .....	133
Figura 80. Presentación del software optisystem .....	136
Figura 81. Simulación de la red GPON .....	138
Figura 82. Configuración ventana de transmisión y potencia de salida .....	139
Figura 83. Configuración código de línea .....	140
Figura 84. Configuración propiedades fibra óptica .....	141
Figura 85. Splitter 1x32.....	142

Figura 86. Módulo fotodetector PIN .....	142
Figura 87. Módulo 3R Regenerator .....	143
Figura 88. Diagrama del ojo .....	144
Figura 89. Señal de advertencia fuente óptica .....	146

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Ventanas Ópticas.</i> .....	6
<i>Tabla 2. Dimensiones de una Fibra Óptica Multimodo</i> .....	10
<i>Tabla 3. Dimensiones de una Fibra Óptica Monomodo</i> .....	13
<i>Tabla 4. Pérdidas de splitters</i> .....	22
<i>Tabla 5. Niveles de potencia</i> .....	23
<i>Tabla 6. Capacidad de banda ancha nodo Caranqui</i> .....	42
<i>Tabla 7. Capacidad telefónica Nodo Caranqui</i> .....	42
<i>Tabla 8. Equipos existentes en el Nodo Caranqui</i> .....	45
<i>Tabla 9. Cajas del armario D-103 del sector 19 de Enero.</i> .....	54
<i>Tabla 10. Consecuencia de la primera pregunta/</i> .....	58
<i>Tabla 11. Consecuencia de la segunda pregunta de telefonía fija</i> .....	59
<i>Tabla 12. Consecuencia de la segunda pregunta televisión por cable o satelital</i> .....	59
<i>Tabla 13. Consecuencia de la segunda pregunta internet</i> .....	60
<i>Tabla 14. Consecuencia de la tercera pregunta</i> .....	61
<i>Tabla 15. Consecuencia de la cuarta pregunta</i> .....	62
<i>Tabla 16. Consecuencia de la cuarta pregunta</i> .....	64
<i>Tabla 17. Características tarjeta de poder</i> .....	68
<i>Tabla 18. Descripción de puertos</i> .....	69
<i>Tabla 19. Características tarjeta de servicio</i> .....	70
<i>Tabla 20. Especificaciones módulo SFP</i> .....	71
<i>Tabla 21. Descripción de alarmas</i> .....	71
<i>Tabla 22. Capacidad de una tarjeta de servicio GPBD</i> .....	73
<i>Tabla 23. Descripción de puertos/botones posteriores ONT Huawei HG8447</i> .....	76
<i>Tabla 24. Puntos georreferenciados para canalización</i> .....	82
<i>Tabla 25. Características constructivas</i> .....	87
<i>Tabla 26. Código de colores fibra óptica</i> .....	88
<i>Tabla 27. Vinculo de hilos entre cables ópticos</i> .....	90

<i>Tabla 28. Dimensiones y propiedades fibra ADSS vano 80m</i> .....	97
<i>Tabla 29. Condiciones ambientales y mecánicas</i> .....	98
<i>Tabla 30. Consolidado capacidad de splitters en cada armario</i> .....	106
<i>Tabla 31. Descripción de elementos para lectura de planos</i> .....	108
<i>Tabla 32. Fusión de hilos de cajas de distribución y número de clientes (Serie A)</i> .....	110
<i>Tabla 33. Consolidado cajas de distribución armario 144</i> .....	111
<i>Tabla 34. Fusión de hilos de cajas de distribución y número de clientes (Serie D)</i> ....	113
<i>Tabla 35. Acumulación de pérdidas ventana (1490nm) caja A1 Armario N°2</i> .....	130
<i>Tabla 36. Acumulación de pérdidas ventana (1310nm) caja A1 Armario N°2</i> .....	131
<i>Tabla 37. Acumulación de pérdidas ventana (1490nm) caja D3 Armario N°2</i> .....	134
<i>Tabla 38. Acumulación de pérdidas ventana (1310nm) caja D3 Armario N°2</i> .....	135
<i>Tabla 39. Costo equipo activo OLT</i> .....	150
<i>Tabla 40. Costos Red Feeder</i> .....	151
<i>Tabla 41. Costos red distribución</i> .....	152
<i>Tabla 42. Costos red dispersión</i> .....	153
<i>Tabla 43. Costos canalización</i> .....	154
<i>Tabla 44. Costos red Back-up</i> .....	155
<i>Tabla 45. Costos totales</i> .....	156
<i>Tabla 46. Planes tarifarios</i> .....	156
<i>Tabla 47. Flujo de caja</i> .....	160
<i>Tabla 48. Costo acumulado</i> .....	164
<i>Tabla 49. Tiempo de recuperación</i> .....	164
<i>Tabla 50. Fusión de hilos de cajas de distribución y número de clientes (Serie A)</i> .....	173
<i>Tabla 51. Fusión de hilos de cajas de distribución y número de clientes (Serie B)</i> .....	173
<i>Tabla 52. Fusión de hilos de cajas de distribución y número de clientes (Serie C)</i> ....	174
<i>Tabla 53. Fusión de hilos de cajas de distribución y número de clientes (Serie D)</i> ....	174
<i>Tabla 54. Fusión de hilos de cajas de distribución y número de clientes (Serie A)</i> .....	175
<i>Tabla 55. Fusión de hilos de cajas de distribución y número de clientes (Serie B)</i> .....	175
<i>Tabla 56. Fusión de hilos de cajas de distribución y número de clientes (Serie C)</i> ....	176

<i>Tabla 57. Fusión de hilos de cajas de distribución y número de clientes (Serie D) ....</i>	176
<i>Tabla 58. Fusión de hilos de cajas de distribución y número de clientes (Serie E).....</i>	177
<i>Tabla 59. Resultado de pérdidas caja A1 .....</i>	178
<i>Tabla 60. Resultado de perdidas caja A2 .....</i>	178
<i>Tabla 61. Resultado de perdidas caja A3 .....</i>	178
<i>Tabla 62. Resultado de perdidas caja B1 .....</i>	178
<i>Tabla 63. Resultado de perdidas caja B2 .....</i>	179
<i>Tabla 64. Resultado de perdidas caja B3 .....</i>	179
<i>Tabla 65. Resultado de perdidas caja C1 .....</i>	179
<i>Tabla 66. Resultado de perdidas caja D1 .....</i>	179
<i>Tabla 67. Resultado de perdidas caja D2 .....</i>	180
<i>Tabla 68. Resultado de pérdidas caja A1 .....</i>	180
<i>Tabla 69. Resultado de pérdidas caja A2 .....</i>	180
<i>Tabla 70. Resultado de pérdidas caja A3 .....</i>	180
<i>Tabla 71. Resultado de pérdidas caja B1 .....</i>	181
<i>Tabla 72. Resultado de pérdidas caja B2 .....</i>	181
<i>Tabla 73. Resultado de pérdidas caja B3 .....</i>	181
<i>Tabla 74. Resultado de pérdidas caja C1 .....</i>	181
<i>Tabla 75. Resultado de pérdidas caja C2 .....</i>	182
<i>Tabla 76. Resultado de pérdidas caja C3 .....</i>	182
<i>Tabla 77. Resultado de pérdidas caja D1 .....</i>	182
<i>Tabla 78. Resultado de pérdidas caja D2 .....</i>	182
<i>Tabla 79. Resultado de pérdidas caja D3 .....</i>	183
<i>Tabla 80. Resultado de pérdidas caja E1 .....</i>	183
<i>Tabla 81. Resultado de pérdidas caja E2 .....</i>	183
<i>Tabla 82. Resultado de pérdidas caja E3 .....</i>	183

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo de la muestra.....	56
Ecuación 2. Fórmula valor actual neto .....	161
Ecuación 3. Fórmula tasa interna de retorno .....	162
Ecuación 4. Fórmula periodo de la recuperación de la inversión.....	163
Ecuación 5. Fórmula costo beneficio .....	165

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo fundamental realizar un diseño de una red G-PON (Gigabit-Red Óptica Pasiva) para el sector 19 de Enero de la ciudad de Ibarra, para que esta infraestructura brinde servicios integrados de telefonía, IPTV, internet de alta velocidad, esto basado en el estándar ITU-T G.984.

En primera instancia se realiza el levantamiento de información del nodo Caranqui lugar donde se proyecta la instalación de la OLT (Optical Line Terminal) del fabricante HUAWEI modelo MA5600T, conjuntamente se determina el número y áreas de servicio, además se establece la demandada que existe en el sector de los posibles suscriptores la cual se consigue realizando las respectivas encuestas.

El diseño de la red GPON empieza por escoger el tipo de tarjetas que conforman la unidad OLT la cual está basada en la densidad de la población del sector 19 de Enero, posteriormente se realiza el diseño de la ODN (Optical Distribution Network), la cual considera 3 partes: una red troncal que utiliza una fibra óptica de 96 hilos canalizada tipo G.652D, una red de distribución que manipula fibras ópticas de 8, 12, 24 y 48 hilos aérea tipo G.652D y una red de dispersión que opera con una fibra drop de dos hilos tipo G.657A en esta sección también intervienen elementos pasivos como mangas, cajas de distribución, armarios ópticos los cuales albergan un splitter 2:32, finalmente se realiza el diseño de una nueva ruta que parte desde el nodo San Antonio para brindar redundancia a la red G-PON .

Las pruebas para el funcionamiento de la red se realizan mediante el presupuesto óptico la cual considera las pérdidas originadas en todo el diseño G-PON complementariamente se ejecuta una simulación con el software Optisystem, finalmente se realiza el análisis costo beneficio el cual muestra la factibilidad del proyecto.

## ABSTRACT

The present Project has a main purpose to make a design of a G-PON (Gigabit-Passive Optical Network) for the “19 de Enero” sector of Ibarra city, for this infrastructure provides integrated services of telephony, IPTV, high speed Internet, all this based on the ITU-T G.984 standard.

In the first instance the information’s lifting of the Caranqui node is done, this is the place where the OLT (Optical Line Terminal) installation manufacturer HUAWEI model MA5600T is projected, jointly the number and areas of services are determined, also the demand that exists in the sector of the possible subscribers is established which is achieved doing the respective surveys.

The design of the GPON network begins by choosing the type of cards that conform the OLT unit which is based on the population density of the “19 de Enero” sector, then the ODN (Optical Distribution Network) design is done, which considers 3 parts: a backbone network using a channeled optical fiber of 96 strands type G.652D, a distribution network that manipulates air optical fibers of 8, 12, 24 and 48 strands type G.652D and a dispersion network that works with a drop fiber of two strands type G.657A in this section are also involves passive elements such as sleeves, distribution boxes, optical cabinets which shelter a 2:32 splitter, finally the design of a new route that starts since the San Antonio node is done to provide redundancy to the G-PON network.

The network’s performance testing are done by the optical budget which considers the losses throughout the G-PON design, complementarily a simulation is run with the Optisystem software, finally the cost benefit analysis is done, which shows the project feasibility.

# PRESENTACIÓN

## 1. Tema

Diseño de una red GPON en el nodo Caranqui para el sector 19 de Enero, de la ciudad de Ibarra, basado en el estándar ITU-T G.984, para CNT EP.

## 2. Problema

Actualmente la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP.) carece de un diseño de red GPON en el sector 19 de Enero de la ciudad de Ibarra, en mencionado sector todavía no se ha podido incurrir con una opción tecnológica para brindar los servicios de voz datos y video.

El crecimiento de la población especialmente en los últimos años en el sector 19 de Enero y la demanda de las nuevas aplicaciones multimedia como son: IPTV, Video on Demand, VoIP, Video HD hace que una red mediante ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) no satisfaga las necesidades del usuario ya que ADSL permite ofrecer velocidades de transmisión desde 512 Kbps hasta 3 Mbps, en donde el servicio es compartido de 8:1, para el usuario de mencionado sector adquirir servicios de voz, video y datos de forma separada aumenta el pago de los costos por servicio produciendo niveles insatisfacción.

Una transmisión eficiente depende de componentes externos, se puede evidenciar claramente una saturación de todo tipo de cables como: eléctricos, telefónicos y de televisión por cable incidiendo con interferencias electromagnéticas sobre el medio de transmisión ADSL, también se considera que este lugar se encuentra apartado del centro de la ciudad por lo que se toma en cuenta la atenuación que sufre la señal al viajar grandes distancias afectando directamente las velocidades de transmisión entre el nodo y el usuario.

- **Objetivos**

### **Objetivo General**

- Diseñar una solución GPON en el nodo Caranqui para el sector 19 de Enero, basado en el estándar ITU-T G.984, para que esta infraestructura de red pueda soportar servicios tales como voz, video y datos.

### **Objetivos Específicos**

- Recopilar información acerca de la tecnología GPON (Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit),
- Realizar el levantamiento de información del nodo Caranqui.
- Diseñar la red GPON fundamentada en el estándar ITU-T G.984.
- Plantear las pruebas para el correcto funcionamiento de la red GPON.
- Efectuar un análisis costo beneficio.

### **3. Alcance**

Se realizará un estudio teórico de la tecnología GPON (Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit), en donde se contemplará una tecnología de telecomunicaciones para que esa arquitectura pueda soportar servicios integrados en el sector 19 de Enero de la ciudad de Ibarra.

Se levantará la información de la situación actual en la que se encuentra el nodo Caranqui, además se determinará el tamaño y número de áreas de servicio así como también se realizará un estudio de la demanda de usuarios del sector la cual se conseguirá realizando las respectivas encuestas.

Posteriormente al haber realizado el estudio teórico y el levantamiento de la información se procederá a realizar el diseño de la red el cual comienza con determinar el tipo de tarjetas GPON que irán ubicadas en la OLT del nodo Caranqui, estas tarjetas se establecerán dependiendo de la capacidad en la que actualmente se encuentre el nodo y de la demanda que exista en la cooperativa 19 de Enero, luego se realizará el diseño de la ODN (Optical Distribution Network) en esta sección se contemplará toda la parte pasiva que existe entre los equipos activos de la red GPON como: splitters ópticos, cables de F.O. y mangas a continuación se seleccionará del tipo de fibra óptica con lo cual ya se podrá establecer la mejor ruta y también se determinará las opciones para que la fibra óptica vaya de forma canalizada o tenga un perfil de forma aérea teniendo en cuenta que la posible implementación canalizada es mucho más costosa que la aérea, finalmente se procederá a seleccionar los equipos terminales ONT (Optical Network Termination).

Luego se efectuará un diseño de redundancia para evitar que el servicio se interrumpa, es decir se realizará un backup para poseer una nueva ruta de la fibra óptica para esto se planteará que la nueva senda para el backup salga desde el nodo San Antonio hacia el sector de la cooperativa 19 de Enero

Se realizará las pruebas para garantizar el funcionamiento de la red GPON, esto se conseguirá utilizando el software, OPTISYSTEM, que permitirá realizar una simulación de la red en la cual se podrá visualizar los parámetros que se dan en un enlace real con fibra. Luego se planificará un estudio del enlace óptico en donde se considera las pérdidas que son originadas por empalmes, conectores, pigtails, splitters para obtener la potencia necesaria en el diseño del enlace.

Finalmente se realizará el análisis Costo-Beneficio, que va a poder permitir la factibilidad del proyecto a ser desarrollado.

#### **4. Justificación**

Según el Plan de Desarrollo de Telecomunicaciones 2013-2015 de CNT EP los objetivos que se destacan son el aseguramiento de la infraestructura, el mejoramiento en la calidad de los servicios y el cambio de la red de cobre por fibra óptica, en el cual con este diseño de red GPON se pretende que dicha infraestructura pueda soportar servicios integrados y así vayan en beneficio del sector 19 de Enero de la ciudad de Ibarra.

Para la CNT EP hablar de sostenibilidad significa contribuir a la creación de valor en los ámbitos social, ambiental y económico a través del cumplimiento de compromisos empresariales y los lineamientos del Plan Nacional del Buen Vivir, la CNT EP es una empresa que se preocupa por brindar servicios de calidad a todas las zonas de nuestro país, sin embargo existen sectores que por sus condiciones económicas y geográficas se les dificulta tener acceso a las nuevas tecnologías, por ello desde la visión de CNT es compromiso mejorar la calidad de vida de poblaciones vulnerables a través de la inclusión digital.

Adquirir servicios por separado hace que los pagos por los servicios prestados sean altos ya que cada proveedor realiza el mantenimiento de su línea; en cambio con la integración de los servicios mediante GPON los costos se verán reducidos ya que la administración, gestión y mantenimiento se realizarán a una sola infraestructura de red.

#### **5. Contexto**

Actualmente en la Universidad Técnica del Norte no se ha realizado un proyecto similar al presente tema planteado,

## **6. Contenidos**

### **Capítulo I: Fundamentos teóricos.**

-En este capítulo se presenta la fundamentación teórica necesaria para la elaboración del proyecto propuesto, se desarrollará un estudio teórico de la tecnología GPON estándar ITU-T G.984, y todos los aspectos que contempla fibra óptica

### **Capítulo II: Descripción actual nodo Caranqui.**

-En este capítulo se realizará una investigación de la situación actual en la que se encuentra el nodo Caranqui, además se establecerá la capacidad del nodo para brindar servicios y así determinar los posibles usuarios

### **Capítulo III: Diseño de la red GPON.**

- En este capítulo se realizará el diseño de la red GPON la misma que empieza con la selección de equipos activos de la OLT y ONT, luego se pasa a la selección de elementos pasivos es decir la parte de la ODN, seguidamente se establecerá la mejor ruta del medio de transmisión, y finalmente se realizará un sistema de redundancia.

### **Capítulo IV: Pruebas de funcionamiento.**

-En este capítulo se efectuará las pruebas para garantizar el funcionamiento de la red GPON, esto se alcanzará utilizando el software OPTISYSTEM que permitirá realizar una simulación, luego se planificará un estudio del enlace óptico para lograr la potencia necesaria en el diseño del enlace.

### **Capítulo V: Análisis Costo beneficio**

-En este capítulo se realizará el análisis Costo-Beneficio, que va a poder permitir la factibilidad del proyecto a ser desarrollado.

# **CAPÍTULO I**

## **FUNDAMENTOS TEÓRICOS.**

En este capítulo se presenta la fundamentación teórica necesaria para la elaboración del proyecto propuesto, se desarrollará un estudio teórico de la tecnología GPON estándar ITU-T G.984, y todos los aspectos que contempla fibra óptica.

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

El desarrollo tecnológico de los últimos años se debe al uso del medio de transmisión como es la fibra óptica la que fue aplicada para conectar varios puntos que se encuentran a grandes distancias y así realizar transmisiones de gran volumen de datos.

Las fibras ópticas son elementos compuestas ya sea por vidrio o plástico las cuales presentan varias ventajas ante los cables metálicos entre las ventajas más importantes esta la mayor eficiencia a la hora de transmitir grandes cantidades de datos, los filamentos de fibra son sumamente delgados y flexibles; el sílice o la arena pura es la base con la que se compone las fibras ópticas.

Las aplicaciones de las fibras ópticas son sumamente atractivas al momento de la transmisión voz, datos de alta velocidad, IP TV, y además la fibra cuenta con ser versátil enfocada a los modelos de comunicación

## 1.2 MEDIOS DE PROPAGACIÓN

Cuando la densidad del medio ( $n$ ) es homogénea, la luz recorre este medio en línea recta al igual y cualquier curvatura de un rayo de luz, en la mayoría de los casos es ignorada por las mediciones de luz debido a que es muy suave, viajando por la atmosfera. Por este motivo, la propiedad de propagación de la luz viene dada como recta cuando viaja en un medio uniforme.

Si la luz recorre de un medio a otro concurre una modificación en su trayectoria pero lo importante en esto es resaltar que luego de insertarse en el nuevo medio, su propagación en el nuevo medio sigue siendo recta. Hay que tomar en cuenta que los medios pueden clasificarse en transparentes, translucidos u opacos, todo depende de la cantidad de la luz que puede penetrar o pasar por dichos medios.

Cuando la luz pasa causando poco a casi ningún efecto se lo denomina material transparente como se lo conoce al vidrio, el agua y en algunos casos ciertos tipos de plásticos, mientras que un material opaco es aquel que no permite el paso de la luz, teniendo en cuenta que incluso los materiales transparentes pueden comportarse como opacos dependiendo de la espesura o las varias capas que tenga, como ejemplo se puede notar el agua de un lago debido a que hay lugares en los que se observa su fondo y en otros no debido a que no ingresa la luz. (Tripler Paul, 2005)

### 1.2.1 REFLEXIÓN DE LA LUZ

Cuando el haz de luz sufre algunas desviaciones al mismo medio de donde vino al momento de encontrar la superficie, todo depende de si la superficie es pulida o lisa, por lo que la reflexión puede tornarse regular o caso contrario se reflejara en varias direcciones.

Mediante la ley de reflexión de la física, se considera una recta perpendicular a la superficie, a la cual se la llama recta normal. El ángulo de incidencia ( $i$ ) es el que se forma entre el rayo incidente y la recta normal mientras que el rayo de luz reflejado forma el ángulo de reflexión ( $r$ ) con la recta normal. Es por eso que en el fenómeno de la reflexión, el rayo incidente y el rayo reflejado están siempre en el mismo plano y sus ángulos son iguales ( $i=r$ ). (Tripler Paul, 2005)

### 1.2.2 REFRACCIÓN DE LA LUZ

Cuando un rayo de luz está en una superficie y pasa de un medio al otro con una densidad diferente se lo conoce como refracción, si ocurre esto es porque el medio puede transmitir luz, como se puede observar en el siguiente gráfico.

Hay que tener en cuenta que cuando hay una refracción de la luz, también se tiene una reflexión, pero menor intensidad la cual se la considera solo para un efecto práctico. La dirección del rayo refractado tiene un cambio de dirección tomando en cuenta que la relación al rayo incidente ocurre debido a la alteración de velocidad en función del cambio de densidad del medio, en otras palabras, si el nuevo medio es más denso la velocidad del rayo refractado será menor.

El ángulo refracción ( $r$ ) es el que se forma entre la normal y el rayo refractado esto ocurre siempre y cuando el ángulo de incidencia ( $i$ ) está entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$ . (Tripler Paul, 2005)

### 1.3 PRINCIPIO DE PROPAGACIÓN DE LA LUZ

Serpa, Gomez, Milena y Nelson (2012) definen que “los principios básicos de funcionamiento de una guía de onda óptica, un elemento formado por dos

materiales que tienen índices de refracción diferentes, capaz de confinar y guiar una señal luminosa mediante el fenómeno de reflexión total interna” (p. 20).

Si un rayo de luz, con ángulo de incidencia mayor o igual al ángulo crítico, se propaga en el núcleo el cual presenta un índice de refracción  $n_1$ , y alcanza la superficie del revestimiento con el índice de refracción  $n_2$ , donde  $n_1 > n_2$ , sucede lo que se conoce reflexión total, obtenido en el retorno del rayo de luz al núcleo.

$$\eta_{\text{nucleo}} > \eta_{\text{revestimiento}}$$

Ecuación 1.- Condición reflexión interna total

Fuente: Baltazar Rubio (1994). Ingeniería de la fibra óptica.

La reflexión de la luz está basada en el principio de la propagación de la luz en el interior de una fibra óptica, lo que se da debido a que un rayo incidente el cual viaja por un medio con características diferentes impacta a otro medio diferente al anterior retornando otra vez al primero.

### 1.3.1 SISTEMA DE COMUNICACIÓN ÓPTICO

#### **DATA CABLING SYSTEM FURUKAWA (2012)**

**Un sistema de comunicación que utiliza fibras está formado básicamente por tres elementos diferentes: elemento transmisor, elemento receptor y elemento de medio físico. En este sistema, el elemento transmisor tiene la función de transformar la señal eléctrica en óptica y está formado por dos componentes el sistema driver y el circuito emisor de luz. El circuito driver tiene la función de control de polarización eléctrica y emisión de la**

**potencia óptica y la conversión y emisión de la señal óptica se realiza por el circuito emisor de luz (pág. 65).**

En el receptor óptico se tiene que el bloque receptor cumple con la función inversa del bloque transmisor, esto quiere decir, que dicho bloque detecta la señal óptica y la convierte en señal eléctrica. El receptor óptico se conforma por un fotodetector el cual realiza la conversión opto-eléctrica además tiene una etapa que actúa como y un circuito amplificador-filtro donde la señal recibe un tratamiento adecuado para su lectura, hay que tomar en cuenta que su calidad depende de la sensibilidad, que es la que especifica la potencia de luminosidad mínima que debe tener para un desempeño correcto, claro está que se puede ver afectada por fuentes de ruido convencionales.

El medio físico, compuesto por las fibras ópticas, básicamente, es un guía por la cual la luz se transporta en su interior, de la extremidad emisora a la extremidad receptora.

#### **1.4 COMPOSICIÓN DE UNA FIBRA ÓPTICA**

Los elementos de los que pueden estar formados las fibras ópticas pueden ser de plástico o vidrio, siendo que en ambos casos están compuestas básicamente por una mezcla de dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), que viene hacer el cuarzo o arena, plástico y gases. Debido a esta composición se obtienen los diversos índices de reflexión entre núcleo y el recubrimiento.

## 1.5 PARÁMETROS ÓPTICOS

Los parámetros ópticos se determinan por ciertos fenómenos ópticos que se toman en cuenta en la capacidad de transmisión y deben considerarse en la elección de la fibra óptica a utilizar.

### 1.5.1 VENTANAS DE TRANSMISIÓN ÓPTICAS

Las ventanas de transmisión ópticas son las que representan el rango de largo de la onda de la fuente luminosa, siendo, el rango de luz utilizado en determinada transmisión óptica, en la siguiente tabla se describe cada una de las ventanas con sus características. (Ver Tabla 1)

*Tabla 1 Ventanas Ópticas.*

<b>Ventana de Transmisión</b>	<b>Largo de Onda (nm)</b>	<b>Atenuación (dB/km)</b>
<b>1ª Ventana</b>	850	2,0
<b>2ª Ventana</b>	1300/ 1310	0,36
<b>3ª Ventana</b>	1550	0,20

Fuente: Basado en: Fibra óptica y sus aplicaciones (2009).

### 1.5.2 CONO DE ACEPTACIÓN

El cono de captación es el que determina el ángulo en el cual el haz de luz debe ser proyectado para que se pueda propagar a lo largo de la fibra óptica.

### 1.5.3 APERTURA NUMÉRICA

La cantidad de luz que puede ser absorbida por un sistema óptico, ya sea a través de una lente, una fibra óptica se la conoce como apertura numérica, es determinada por el ángulo formado entre el eje imaginario ubicado en el centro de la fibra y un rayo de luz incidente, de tal manera que este logre sufrir la primera reflexión necesaria para que la luz y se propague a lo largo de la fibra.

$$\text{Apertura Numérica} = \text{Sen } \theta_a = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Ecuación 2.- Fórmula apertura numérica

Fuente: Carmen España (2005). Comunicaciones ópticas: conceptos esenciales y resolución de ejercicios

Siendo  $n_1$  el índice de refracción del núcleo y  $n_2$  el índice de refracción del recubrimiento de la fibra óptica. (España Carmen 2005)

### 1.6 ELEMENTOS DE LA FIBRA ÓPTICA

La estructura de la fibra óptica es cilíndrica, la misma que está formada por un núcleo que es la sección central por este donde se conduce la luz, la sección que cubre al núcleo se la conoce como cladding y por último se tiene la sección llamada coating la misma que cumple con funciones mecánicas. En la siguiente figura (Ver Figura 1), se puede ver claramente la estructura de la fibra óptica.

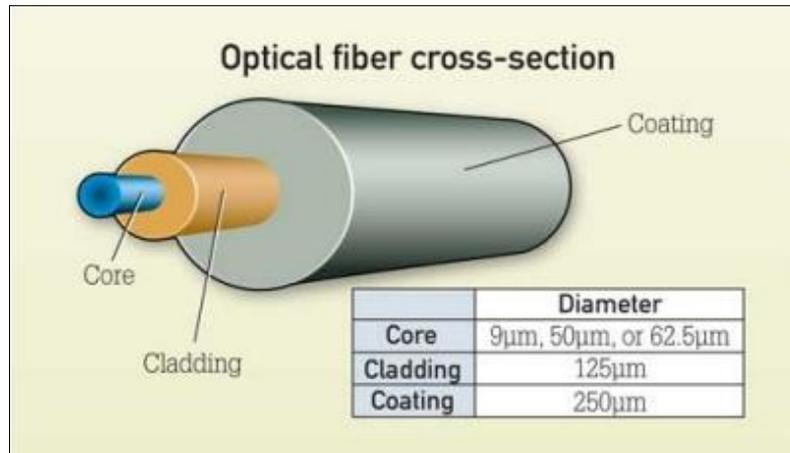


Figura 1 Sección transversal de la fibra óptica

. Optical fiber cabling and component specification considerations (2010).

A continuación se detalla cada uno de los elementos que posee la fibra óptica

### 1.6.1 NUCLEO

El núcleo es la parte central de la fibra óptica mediante la cual la onda de luz viaja, gracias a sus características intrínsecas presenta un índice de refracción distinto al del revestimiento. Dicho índice de refracción que tiene el núcleo ( $n_1$ ) es mayor que el índice de refracción del revestimiento ( $n_2$ );  $n_1 > n_2$ . (Isidoro Gomez, 2007)

### 1.6.2 CLADDING

El revestimiento o (Cladding) es la parte que rodea el núcleo, tiene el que cumplir con el objetivo mecánico de proteger al conductor de fibra óptica y limitar la salida de luz del núcleo. (Isidoro Gomez, 2007)

### 1.6.3 COATING

El recubrimiento primario (Coating), protege el revestimiento de daños y también incrementa el grosor de la fibra para que su manipulación sea más fácil. (Isidoro Gomez, 2007)

## 1.7 TIPOS DE FIBRA ÓPTICA

Los tipos de fibra óptica se pueden clasificar tomando en cuenta algunas características importantes como es el modo de propagación de la señal luminosa lo cual se debe a la cantidad de señales ópticas que se transmiten dentro de la fibra óptica las cuales pueden ser: Monomodo y Multimodo. (Furukawa, 2009)

### 1.7.1 FIBRA ÓPTICA MULTIMODO

Estos tipos de fibras ópticas tienen una dimensión de núcleo grandes si las relacionamos al diámetro del recubrimiento, siendo el motivo por el cual se permite que los rayos de luz viajen en varios ángulos esto quiere decir que lo recorre en diferentes modos y a la vez se propaga simultáneamente en el interior. Su fácil fabricación permite un menos costo que las fibras monomodo a continuación se explica algunas características de la fibra multimodo. (Ver Tabla 2)

Tabla 2. Dimensiones de una Fibra Óptica Multimodo

<b>Dimensiones de una Fibra Óptica Multimodo</b>	
<b>Núcleo: de 50 a 200 <math>\mu\text{m}</math></b>	Se adoptaron comercial y técnicamente núcleos de 62.5 $\mu\text{m}$ y 50 $\mu\text{m}$ .
<b>Cáscara: de 125 a 400 <math>\mu\text{m}</math></b>	Se adoptó comercial y técnicamente cascara de 125 $\mu\text{m}$ .

Fuente: Basado en: Fibra óptica y sus aplicaciones (2009).

Respecto a la comercialización las primeras fibras tratadas en el mercado fueron las de 62,5  $\mu\text{m}$  tomando en cuenta que los transmisores y conectores ópticos utilizados tenían un costo. En este tipo de fibra los rayos luminosos que estaban en su interior eran concretados por el cono de aceptación el cual limita la cantidad de rayos, en otras palabras la cantidad de rayos luminosos significa los modos posibles. (Furukawa, 2009)

Con relación al núcleo, existen dos tipos básicos: el núcleo con índice escalonado y el núcleo con índice gradual.

#### 1.7.1.1 ÍNDICE ESCALÓN

Este tipo de núcleo tiene un nivel de reflexión entre el núcleo y la cascara, siendo un núcleo hecho por un material homogéneo de índice de refracción constante y siempre superior al de la cascara. Permitiendo una mayor simplicidad en su fabricación y operación, permitiendo así una mayor capacidad de captación de luz, caracterizándose básicamente por:

- Variación abrupta del índice de refracción del núcleo con relación a la cascara, dando origen al perfil de índices tipo escalón.
- Dimensiones y diferencias relativas de índices de refracción resultando en la existencia de múltiples modos de propagación.

Debido a su variedad de modos hace que sean más fácilmente ajustables al cono de aceptación, teniendo un aumento de la dispersión de la señal transmitida, por lo que limita bastante la banda de paso de este tipo de fibra óptica.

Algo que se debe estimar es que en este tipo de fibra se tiene una mayor atenuación , que llega a ser superior a 0,5dB/km y se tiene un menor ancho de banda, que puede ser inferior a 30MHz.km, lo cual restringe sus aplicaciones con relación a la distancia y a la capacidad de transmisión, siendo utilizada para cortas distancias.

Gracias a que la potencia luminosa se transporta por el núcleo y no por la cascara, la espesura no afecta a la propagación, siendo una de las características fundamentales el índice escalón ya que tiene una mayor captación de la energía, que a la vez depende de la diferencia relativa de índices de refracción, expresándose por la apertura numérica que varía típicamente de 0,2 a 0,4. (Furukawa, 2009)

### 1.7.1.2 *ÍNDICE GRADUAL*

Se las utiliza especialmente para los sistemas de telecomunicaciones con dimensiones bajas pero suficientes para facilitar las conexiones y acoplamientos con aperturas numéricas no muy grandes garantizando la banda adecuada para las aplicaciones deseadas.

Su núcleo está formado por vidrios especiales los cuales reducen los índices de refracción, con lo cual también se reduce el tiempo en el que se propagara la luz por los diversos caminos que puede tomar dentro del mismo, beneficiando en ancho de paso de la fibra óptica.

El núcleo se constituye por varias capas de contextura finas logrando que el sea homogéneo, ayudando a reducir la dispersión modal disminuyendo los modos que se propaga la luz por la fibra, recorriendo diferentes caminos con diferentes velocidades.

Este tipo de fibras presentan bajas atenuación (3dB/km en 850nm) y una elevada capacidad de transmisión, estas fibras no pueden utilizarse en las aplicaciones donde las distancias sobrepasen 2km. (Furukawa, 2009)

### 1.7.2 FIBRA ÓPTICA MONOMODO

La fibra monomodo permite que se tenga una mayor capacidad en transmisión gracias a que retiene la fidelidad de la luz que la atraviesa a grandes distancias hay que tomar en cuenta que esta fibra presenta una menor atenuación por lo que se puede transmitir mayor información en menos tiempo. (Ver tabla 3)

Una de sus características más importantes la cual no es vista en otro tipo de fibras es que tiene dos círculos adicionales a las cuales se las llama barras de tensión, lo que favorece a la transmisión en un solo plano de polarización de la luz, por lo que experimentan la linealidad afectando el funcionamiento del sistema.(Furukawa, 2009)

*Tabla 3. Dimensiones de una Fibra Óptica Monomodo*

<b>Dimensiones de una Fibra Óptica Monomodo</b>	
<b>Núcleo: de 8 a 10µm</b>	Se adoptó comercial y técnicamente núcleo de 9 µm
<b>Recubrimiento : de 125 a 240 µm</b>	Se adoptó comercial y técnicamente recubrimiento de 125 µm

Fuente: Basado en: Fibra óptica y sus aplicaciones (2009).

Las características de las fibras monomodos son muy superiores a las fibras multimodo:

- Presenta gran ancho de banda de 10 a 100GHz km, que aumenta la capacidad de transmisión.
- Menor pérdida, con atenuación del orden de 0,7dB/km en 1300nm y 0,2dB/km en 1550nm, aumentando la distancia entre las transmisiones sin uso de repetidores de señal.
- Presenta variación del índice de refracción del núcleo en relación al recubrimiento.

- Es importante destacar que la fibra monomodo presenta dimensiones muy pequeñas, próximas a los de los largos de onda de la luz incidente, que dificulta la conectividad, pues exige el uso de dispositivos y técnicas de alta precisión para la realización de conexiones entre segmentos de fibras y del acoplamiento de la fibra con las fuentes y detectores luminosos.

## 1.8 TIPOS DE FIBRA ÓPTICA DE ACUERDO AL ESTÁNDAR ITU-T

En esta parte se va a describir algunos tipos de fibras ópticas según los estándares de la ITU-T, que son las más utilizadas en lo referente a redes metropolitanas, aéreas, submarinas y aplicaciones de long-haul.

Siendo la (ITU)<sup>1</sup>, quien pone los estandares para sistemas de telecomunicación y fabricantes, en lo referente a fibra óptica tenemos las siguientes Series G: Transmission Systems and Media, Digital Systems and Network (ITU-T). (Furukawa, 2009)

### 1.8.1 ESTÁNDAR ITU-T G.651

Según la ITU-T el estándar G.651 tiene índices de refracción gradual con núcleo de 50 $\mu$ m y cascara de 125  $\mu$ m, su atenuación es de 0,8dB/km en 1310nm. Siendo usada en sistemas de transmisión ópticos de pequeñas distancias y altas tasas de señalización. Esta fibra fue optimizada para uso en el rango de 1300nm, pero puede operar en 850nm.

---

<sup>1</sup> Unión Internacional de Telecomunicación o International Telecommunication Union

### 1.8.2 ESTÁNDAR ITU-T G.652.A Y G.652.B

Las fibras que cumplen estos estándares presentan núcleo en Índice Escalón y fueron optimizadas para operar en la ventana de 1310nm. Para señales en ese ancho de onda, las fibras convencionales presentan dispersión cromática próxima a cero (considerada nula) y baja atenuación. A pesar de estar optimizada para operación en 1310nm, esa fibra permite también, la operación en la ventana de 1550nm, donde la dispersión cromática es alta, siempre que ese no sea un factor limitante para el sistema.

### 1.8.3 ESTÁNDAR ITU-T G.652.C Y G.652.D

Las fibras con los estándares G.652.C y G.652.D presentan un bajo coeficiente de atenuación en el pico de absorción de agua ( $1383 \pm 3\text{nm}$ ), con lo que garantiza que se pueda usar en la Ventana E (1360 a 146nm) para transmisión de señales y en las demás bandas de transmisión (1270 a 1610nm).

Las fibras del estándar ITU-T G.652 A & B presentan elevada atenuación en la región con largo de onda centralizado en 1383nm, debido a la presencia de iones de hidrogeno e hidroxilo (OH); que fueron absorbidos por el material vítreo del núcleo durante el proceso de fabricación de la fibra óptica.

Las fibras SMF LWP logran optimizar las redes metropolitanas y de acceso, con lo cual se garantiza una expansión futura de la red a nuevos usuarios por CWDM hasta 16 canales, con lo cual incrementa la capacidad de transmisión en 50% siendo compatibles a las monomodo tradicionales.

La ITU-T establece que la fibra monomodo LWP de tipo “D” presenta el valor más bajo de PMD (Max 0,2ps/km), mientras que LWP de tipo “C” presenta PMD hasta 0,5ps/km.

#### 1.8.4 ESTÁNDAR ITU-T G.653

Es una fibra de dispersión, optimizada a 1550 nm teniendo teóricamente los mejores niveles en lo referente a los valores de dispersión y atenuación, en la práctica al tener cero a la longitud de onda de emisión, causando un incremento en un fenómeno conocido como mezclado de cuatro ondas (FWM) el cual degrada la señal transmisión y dificulta la multiplicación WDM, lo cual causa que no sea aplicable en una red dorsal.

#### 1.8.5 ESTÁNDAR ITU-T G.654

Es un estándar especial en la fibra monomodo, la cual fue optimizada para operar en la región de 1500 a 1600nm, este tipo de fibra presenta una baja pérdida en la banda de los 1550 nm, se logra esto usando un núcleo de silicio puro siendo cara su fabricación.

Este tipo de fibras ópticas pueden soportar mayores niveles de potencia y tienen un núcleo más grande (9.5 a 10.5  $\mu\text{m}$ ), también cuentan con una alta dispersión cromática en 1550 nm (20 a 22 ps/nm\*Km), esta fibra fue diseñada para usos en aplicaciones de largas distancias bajo el mar.

### 1.8.6 ESTÁNDAR ITU-T G.656

Una fibra con dispersión nula para el transporte óptico de banda ancha, la cual se optimiza para la operación en el rango de longitud de onda de 1460-1625nm, la cual maneja valores de dispersión cromática desde (1.0 a 14 ps/nm\*Km), pudiendo ser utilizada en CWDM y DWDM, diseñada para redes dorsales de alta capacidad.

### 1.8.7 ESTÁNDAR ITU-T G.657A/B

Diseñadas para redes de acceso, las cuales usan dos categorías de fibras monomodo que son la G.657 A y B, la categoría A es compatible con el estándar G.652, mientras que la categoría B no es necesariamente compatible con el estándar G.652 pero puede tener bajas pérdidas en lo referente a macrocurvatura, incorpora dos sub-categorías

Esta fibra presenta una pérdida de curvatura muy pequeña y puede utilizarse en todo el espectro de largos de onda, de 1260 a 1625nm, incluso cuando sometida a curvas inferiores a 20nm. (Furukawa, 2009)

## 1.9 VENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA

Las fibras ópticas, debido a sus características, presentan innumerables ventajas en la relación de los medios físicos metálicos y de comunicación por microondas las principales ventajas son:

- Total inmunidad a las interferencias electromagnéticas básicamente las fibras están formadas por sílice que por su naturaleza este elemento es

un tipo de cristal que cuenta con propiedades dieléctricas por lo que se exenta totalmente de las radiaciones electromagnéticas y que por lo tanto garantiza la seguridad en el transporte de información de datos; los cables ópticos son constituidos con materiales íntegramente dieléctricos por lo que suministra un excelente aislamiento eléctrico; los problemas como cortocircuitos no son posibles ya que por la fibra óptica no fluye corriente eléctrica sino que se envían pulsos de luz haciendo sea imposible de suscitarse en esta caso

- Dimensiones reducidas las fibras ópticas se comparan con las dimensiones del cabello humano para tener una mejor apreciación de cuan pequeñas son dimensiones, ya considerado el revestimiento que tiene la fibra su diámetro oscila en 125  $\mu\text{m}$ , por otro lado el peso de la fibra óptica es mucho más liviano que un cable metálico por ejemplo un cable metálico de cobre de 94kg puede remplazarse por un cable óptico de 3,4kg, debido a mencionadas particularidades hace que la fibra se muestre como un elemento eficiente y eficaz para resolver problemas de saturación de cables que se existe en ductos y pozos de las grandes ciudades así como también en los edificios.
- Cualquier desperfecto externo de una posible captación de la señal óptica será fácilmente reconocido, ya que para conseguir la señal óptica se necesitaría intervenir una gran parte de la potencia que se está transmitiendo, por tanto se tiene certeza de la seguridad en el transporte de información.
- Interferencia eléctrica: no se ve afectada por la interferencia eléctrica o radio frecuencia, incluso en los entornos más hostiles.
- Aislamiento: en primer lugar es un dieléctrico, por lo cual elimina la necesidad de corrientes eléctricas.

- Menos degradación: la pérdida de la señal es menor que en el alambre de cobre.
- Seguridad: ofrece altos grados de seguridad debido a que no se puede intervenir por medio de mecanismos eléctricos convencionales, además que los rayos de luz viajan por el centro de la fibra por lo cual pocos o ninguno puede escapar.
- Fiabilidad y mantenimiento: es un medio constante y no envejece, son inmunes a condiciones adversas como la humedad y temperatura usando en cables subacuáticos.

### **1.10 ¿QUÉ ES GPON?**

Según el estándar ITU-T G.984 señala que los sistemas GPON se caracterizan en general por un sistema de terminación de línea óptica (OLT, optical line termination) y una unidad de red óptica (ONU, optical network unit) o una terminación de red óptica (ONT, optical network termination) con una red de distribución óptica (ODN, optical distribution network) pasiva que los interconecta. Por lo general, existe una relación de tipo uno a muchos entre la OLT y las ONU/ONT respectivamente. (Ver Figura 2)

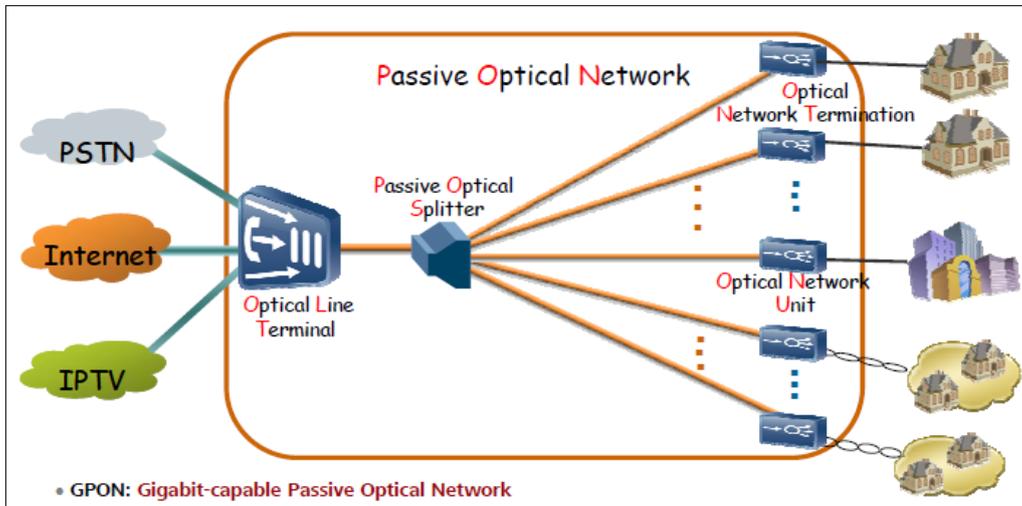


Figura 2. Estructura red red GPON

Fuente: Basado Huawei Technologies Co., Ltd.

A continuación se describen los elementos de la red GPON.

### 1.10.1 OLT (OPTICAL LINE TERMINAL)

La OLT es un elemento activo situado en la central telefónica, desde ahí parten las fibras ópticas hacia los usuarios, cada olt suele tener capacidad para dar servicio a varios miles de usuarios, gracias a su sistema escalable.

### 1.10.2 ODN (OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK)

Se refiere a los diferentes elementos ópticos existentes entre la OLT y las diferentes ONTs/ONUs de la red GPON, solo está compuesta por elementos pasivos conllevando un ahorro en el mantenimiento.

#### 1.10.2.1 *CABLES TRUNK/FEEDER*

Es el cable que sale de la OLT que son de gran capacidad por ser el elemento distributivo del cual se dividirán varios cables de distribución, este cable es enviado de manera canalizada debido a sus características. En el cable feeder generalmente puede tener las capacidades de 288 y 144 hilos.

#### 1.10.2.2 *CABLES DE DISTRIBUCIÓN*

Este cable es una derivación del cable troncal, esta derivación se puede lograr con una manga de empalme, también se considera como cable de distribución cuando la fibra sale de un armario y es repartido hacia las áreas que se necesite. Cabe señalar que este cable puede ir de forma aérea o canalizada dependiendo del caso donde finalmente llegue, las capacidades del cable de distribución generalmente son: 96, 72, 48, 24, 12 y 8 hilos.

#### 1.10.2.3 *CABLES DROP*

El cable drop es el encargado de realizar la dispersión es decir el cable que llega directamente hacia el usuario, este sale desde la caja de distribución óptica y viaja hacia las ONT que se encuentra en los domicilios.

#### 1.10.3 SPLITTER

Tiene la función principal de dividir la señal, (Ver Tabla 4) está asociado al punto de distribución de fibra óptica, básicamente define la topología que se desarrollara además tiene las siguientes características:

- Compactos, confeccionados en tecnologías PLC<sup>2</sup>, para baja pérdida de inserción, son técnicamente estables y sellados.
- Suministrados con conectores SC, FC, LC, en los pulimentos APC.
- Construcción modular que permite integración con armarios ópticos, de esta manera facilitando la implantación de sistemas FTTX.

*Tabla 4. Pérdidas de splitters*

<b>Taza</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Promedio</b>
<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

Fuente: Basado en la ITU-T G.671

#### 1.10.4 ONT (OPTICAL NETWORK TERMINAL)

Es el elemento situado en la casa del usuario que termina la fibra óptica y ofrece las interfaces de usuario, las cuales han evolucionado del fast Ethernet al gigabit Ethernet siendo las velocidades ofrecidas al usuario.

Existen una gran variedad de ONTs, externas, internas, de mesa y gabinete en función de los servicios que se quieran ofrecer al usuario.

---

<sup>2</sup> PLC: Planar Lightwave Circuit es una tecnología para aplicaciones donde se requieren configuraciones de división más grandes.

## 1.11 NIVELES DE CLASIFICACIÓN DE POTENCIA

La ITU-T con su estándar G.984, tiene 3 niveles de clasificación de potencia, las cuales las conoce como clase A, B y C, cada una con un diferente nivel de potencia óptica para uso en la banda básica (1480-1500nm).

Especificando el nivel de potencia y la tasa de transmisión, como se puede observar en la siguiente tabla.(Ver Tabla 5)

*Tabla 5. Niveles de potencia*

<b>Clasificación</b>	<b>Pérdida permitida para la ODN</b>
<b>Clase A</b>	5-20 dB
<b>Clase B</b>	10-25 dB
<b>Clase B+</b>	13-28 dB
<b>Clase C</b>	15-30 dB
<b>Clase C+</b>	17/32 dB

Fuente: Basado Huawei Technologies Co., Ltd.

## 1.12 ARQUITECTURAS DE RED FTTx (Fiber To The x)

FTTx describe el extremo hasta dónde puede llegar la fibra para brindar el servicio a los usuarios, la x marca las variantes existentes como son las siguientes (FTTH FTTB FTTC y FTTN) que continuación se detallan:

### 1.12.1 FTTH (FIBER TO THE HOME)

La tecnología FTTH es conocida como fibra hasta el hogar, se basa en la utilización de cables de fibra óptica y sistemas de distribución ópticos adaptados a esta tecnología para la distribución de servicios avanzadas.

#### 1.12.2 FTTB (FIBER TO THE BUILDING)

Es la tecnología que usa una fibra que llega hasta un edificio o empresa, la cual parte desde la OC<sup>3</sup> y finaliza su despliegue en las inmediaciones del edificio, algo muy notable es que esta infraestructura puede utilizar la red de cobre para la distribución del servicio hacia los abonados.

#### 1.12.3 FTTC (FIBER TO THE CURB)

Se la usa para la compartición dentro de un conjunto de usuarios, para lo cual la fibra que sale de la OC llega hasta una caja de distribución en esta parte se hace un cambio para transmitir por cobre hacia el usuario, desde que se hace el cambio a cobre y llega al abonado esta distancia no debe sobrepasar los 300m.

#### 1.12.4 FTTN (FIBER TO THE NODE)

En FTTN o fibra hasta el nodo, la fibra óptica termina en la central de un operador de telecomunicaciones que presta el servicio, suele estar más lejos de los abonados, por lo general dentro de las inmediaciones de un barrio. (Josep Prat, 2008)

---

<sup>3</sup> OC: Office Central

## **1.13 ATENUACIÓN EN LAS FIBRAS ÓPTICAS**

Es la disminución de potencia de la señal óptica, en proporción inversa a la longitud de la fibra. La unidad que se utiliza para medir la atenuación en una fibra óptica es el decibel (dB), la atenuación en la fibra óptica se expresa en dB/Km que es la pérdida de luz en un kilómetro.

Generalmente se pueden destacar fundamentalmente dos factores que influyen en la atenuación que se los describe a continuación que son los propios y los externos.(María España, 2005)

### **1.13.1 ATENUACIÓN INTRÍNSECA**

La atenuación intrínseca es la causada por factores propios de la fibra óptica teniendo dos fundamentales como son las pérdidas por absorción y las pérdidas por dispersión.

### **1.13.2 ABSORCIÓN MATERIAL**

Se deben a las impurezas de la fibra tales como los iones metálicos, níquel variado, entre otros, debido a que absorben la luz y la convierten en calor, el vidrio ultra puro que es usado para fabricar la fibra óptica es aproximadamente un 99,9999 % puro.

### **1.13.3 DISPERSIÓN DE RAYLEIGH**

Este tipo de pérdidas se manifiestan como reflexiones del material, debido a las irregularidades microscópicas ocasionadas durante el proceso de fabricación

y cuando un rayo de luz se está propagando choca contra estas impurezas y se dispersa y refleja. (Wayne Tomasi, 2003)

Dentro de estas pérdidas tenemos:

- Pérdidas por difusión debido a fluctuaciones térmicas del índice de refracción.
- Imperfecciones de la fibra, particularmente en la unión núcleo-revestimiento, variaciones geométricas del núcleo en el diámetro.
- Impurezas y burbujas en el núcleo.
- Impurezas de materiales.

#### 1.13.4 ATENUACIÓN EXTRÍNSECA

En la atenuación extrínseca el principal factor que afecta son las deformaciones mecánicas, dentro de estas las más importantes son las curvaturas, esto conduce a la pérdida luz porque algunos rayos no sufren la reflexión total y escapan del núcleo.

Las curvaturas a las que son sometidas las fibras ópticas se pueden clasificar en macro curvaturas (radio de orden de 1 cm o más) y micro curvaturas (el eje de la fibra se desplaza unas decenas de micra sobre una longitud de unos pocos milímetros). (Furukawa, 2009)

#### 1.13.5 DISPERSIÓN CROMÁTICA

Este término se refiere al retardo o deformación, espectral de un pulso óptico conforme se propaga por la fibra. La fibra óptica convencional tiene un coeficiente de dispersión positivo esto quiere decir que a mayores longitudes de

ondas se tiene un mayor tiempo de tránsito a través de la fibra comparando con las longitudes de ondas cortas, haciendo que este diferencial de retardo haga que el pulso se deforme.

En la transmisión digital, un pulso está formado de una serie de longitudes de ondas, cada uno de ellas viajando a diferentes velocidades dependiendo de las propiedades del vidrio.

En tramos largos de fibra la dispersión cromática puede dar por resultado pulsos que se deformen de tal manera que se sobrelapan, causando interferencia inter-simbólica, en el receptor que ve incrementando la tasa de error.

La sensibilidad a la dispersión se incrementa linealmente con la distancia y hace que se incremente cuadráticamente con la velocidad, eso quiere decir que cuando incrementamos la velocidad de bits desde 2.5 Gbps a 10 Gbps, la dispersión cromática se incrementa en un factor de 16. (Furukawa, 2009)

#### 1.13.6 DISPERSIÓN MODAL

La dispersión modal se debe a que los distintos modos de una fibra óptica tienen distintas velocidades de grupo, como se ve en la constante de propagación  $\beta$ , tras resolver las ecuaciones de Maxwell, que es distinta para cada modo.

Por lo que este efecto puede solucionarse empleando fibras monomodo, de índice gradual, las cuales reducen la diferencia de la velocidad de grupo de cada modo, entre otras soluciones. (Wayne Tomasi, 2003)

## **1.14 FUENTES ÓPTICAS**

### **1.14.1 LED**

Es un emisor de baja potencia y precio relativamente económico que se utiliza para cortas y medias distancias. En general se utiliza en primera ventana (850nm) y en segunda ventana (1300nm) en fibras multimodo. (Furukawa, 2009)

### **1.14.2 LASER (ILD)**

Es un dispositivo de alta potencia y por tanto utilizado para grandes distancias, además de tener un precio más elevado que el del LED, su aplicación se centra en la segunda ventana (1300nm) en fibras monomodo.

El detector óptico se encarga de convertir la señal óptica en eléctrica y por tanto actúa como un transductor óptico-eléctrico. Estos dispositivos absorben los fotones de luz procedentes de la fibra óptica y generan una corriente eléctrica sobre un circuito exterior,

### **1.14.3 VCSEL**

El principio de funcionamiento de un VCSEL se basa en la utilización de un “resonador vertical” en su proceso de emisión.

El largo de onda central está en la 1ª Ventana (850nm) y en la 2ª Ventana (1300nm), con ancho espectral variado de 1 a 6nm.

## **1.15 MODULACIÓN Y MULTIPLEXACION**

En el proyecto de sistemas de comunicación por fibras ópticas, el primer paso es la determinación de las técnicas de modulación y de multiplicación de acuerdo con la aplicación.

### **1.15.1 MODULACIÓN**

La modulación es un proceso en el cual una señal que contiene la información, llamada señal modulante, altera de forma sistemática una segunda señal (portadora) de forma que esta transportara la información.

Las técnicas de modulación permiten la utilización de símbolos con características adaptadas al medio físico elegido para transportar la información. En los sistemas ópticos, la modulación puede ocurrir internamente en la fuente óptica (LED, VCSEL o ILD) o externamente, donde un láser de alta precisión genera el haz óptico que será modulado por un segundo dispositivo. (Furukawa, 2009)

### **1.15.2 MODULACIÓN NON RETURN TO ZERO (NRZ)**

Dos niveles de tensión o corriente representan los dos símbolos digitales (0 y 1). El bit 1 se codifica bajo la forma de una tensión elevada y el bit 0 bajo la

forma de una tensión baja o nula. La modulación NRZ es la forma más sencilla de modulación.

### 1.15.3 MULTIPLEXACION

Siempre que la capacidad de transmisión de un medio que enlaza dos dispositivos sea mayor que las necesidades de transmisión de los dispositivos, el enlace se puede compartir, de forma similar a como una gran tubería de agua puede llevar agua al mismo tiempo a varias casas separadas. La multiplexación es el conjunto de técnicas que permite la transmisión simultánea de múltiples señales a través de un único enlace de datos.

A medida que se incrementa el uso de los datos y las telecomunicaciones, se incrementa también el tráfico. Se puede hacer frente a este incremento añadiendo líneas individuales cada vez que se necesita un canal nuevo o se puede instalar enlaces de más capacidad y usarlos para transportar múltiples señales. (Josep Prat, 2008)

### 1.15.4 MULTIPLEXACION POR DIVISIÓN DE ONDA (WDM)

La multiplexación por división de onda (WDM, Wave División Multiplexing) la multiplexación y la demultiplexación involucran señales luminosas transmitidas a través de canales de fibra óptica. La idea es la misma: se combina distintas señales sobre frecuencias diferentes.

## 1.16 TERMINACIONES ÓPTICAS

Las terminaciones ópticas están desarrolladas básicamente por conectores, destinados a conectar y desconectar, de forma diaria y realizable, las fibras ópticas entre sí o con los respectivos equipos.

Fundamentalmente, los conectores están desarrollados por:

- Fécula – Sirve para efectuar la alineación de fibra y exhibe una cara pulida donde se ejecuta la terminación.
- Cuerpo del conector – Cuerpo de protección del conector con un revestimiento plástico o metálico.
- Revestimiento – Resguarda la fibra óptica de la penetración de luz por la parte trasera del conector. (Ver Figura 3)

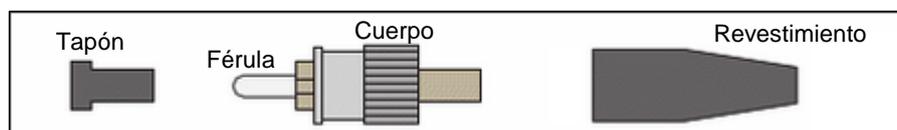


Figura 3. Componentes del conector óptico

Rosado, F. J. Mantenimiento y reparación de instalaciones de telefonía y comunicación (2012).

Los conectores ópticos componen, quizás, uno de los elementos más significativos dentro de la gama de mecanismos pasivos ineludibles para constituir un enlace óptico, siendo su misión, junto con el adaptador, la de permitir el alineamiento y unión temporal y repetitivo, de dos o más fibras ópticas entre sí y en las mejores condiciones ópticas posibles.

Todo cerrojo presenta un revestimiento de protección, que solamente deberá retirarse en el momento de inserción, evitando que la cara pulida sufra choque directo con cualesquiera superficies o suciedad.

Como en cualquier empalme, los conectores también contribuyen para el aumento de la atenuación, que ocurre por la pérdida de inserción y pérdida de retorno. (Furukawa, 2009)

#### 1.16.1 CONECTORIZACIÓN

La conectorización es el proceso de montaje de la fibra óptica en el interior de un conector, incluyendo la fijación a través de pegamento resinado o epoxi y pulimento de la extremidad de la fibra para obtener el mejor desempeño óptico.

El desempeño de transmisión depende del método y de la técnica de pulimento. Durante la ejecución de la conectorización es necesario tener cuidado con la calidad de la segmentación y la limpieza del conector entre cada etapa de pulimento. No se recomienda la conectorización en campo, pues las condiciones son precarias y el proceso manual difícilmente alcanzara la calidad de los conectores montados con el auxilio de equipos de precisión y probados en laboratorio. (Furukawa, 2009)

#### 1.16.2 PÉRDIDA DE INSERCIÓN

La pérdida de inserción o atenuación consiste en la pérdida de potencia luminosa que ocurre en el paso de la luz entre las conexiones. Ocurre debido a las irregularidades en el alineamiento de los conectores e irregularidades intrínsecas a las dimensiones de las fibras ópticas. En la práctica, esa pérdida

contribuye para la suma total de la atenuación o pérdida de potencia óptica, de todo el tramo de cables. El valor de la pérdida de inserción depende del tipo de conector y del pulimento. (Wayne Tomasi, 2003)

### 1.16.3 PÉRDIDA DE RETORNO

La pérdida de retorno, conocida también por reflectancia, es la cantidad de potencia óptica que regresa a la fuente luminosa.

La causa principal está en la cara pulida de los cerrojos de los conectores, que refleja parte de la luz a la fibra de origen. Otra causa son las imperfecciones en el pulimento de la fibra óptica, cuando el ángulo de incidencia es inferior al ángulo crítico.

La pérdida de retorno no influye directamente en la atenuación total, sin embargo, el retorno de la luz a la fuente puede degradar el funcionamiento de la fuente luminosa y perjudicar la comunicación, principalmente en transmisiones bidireccionales sobre una misma fibra.

### 1.16.4 TIPOS DE PULIMENTO

La técnica más eficiente para reducir la pérdida de inserción y la pérdida de retorno está en la utilización de pulimentos específicos.

En orden creciente de desempeño tenemos los pulimentos FLAT, PC, SPC, UPC y APC. El pulimento plano (FLAT) es el único que puede realizarse en

campo, con auxilio de lijas y una superficie plana, los demás se producen en fábrica y se conectan a los cables a través de extensiones ópticas.

La extensión óptica, conocida también por “pig-tail”, está formada por un conector confeccionada en fábrica, con el pulimento deseado, aplicado en una de las extremidades de una fibra óptica y la otra extremidad se utiliza para empalme por fusión o mecánico. (Furukawa, 2009)

#### 1.16.4.1 *FLAT*

En los primeros conectores de fibra, la superficie de conexión era plana, por eso se denominaban Flat. Cuando conectados, se forman pequeñas lagunas de aire (air gap), entre los conectores, debido a pequeñas imperfecciones en sus superficies. La pérdida por reflexión en ese tipo de conector es alrededor de -14dB o aproximadamente 4%.

#### 1.16.4.2 *PHYSICAL CONTACT*

Con el desarrollo tecnológico, los conectores evolucionaron, siendo el conector con pulimento Physical Contact (PC) o Contacto Físico, el tipo más común actualmente. En él, las superficies de las dos fibras se tocan cuando están conectadas.

En este caso, las fibras se encuentran como en el conector plano, pero las superficies de contacto son pulidas de forma curva o esférica, resultando en una cara convexa de cerrojo, forzando el contacto entre las fibras y eliminando las lagunas de aire. La pérdida por reflexión en ese caso está alrededor de -40dB, utilizándose este conector en la mayoría de las aplicaciones.

#### 1.16.4.3 SPC – SUPER PHYSICAL CONTACT

Los SPC son una evolución de los conectores PC, sus superficies también son pulidas de forma esférica, pero reciben mejor acabado final, reduciendo aún más la pérdida por reflexión, que permanece alrededor de -55dB. Se utilizan frecuentemente en sistemas CATV y digitales.

#### 1.16.4.4 UPC – ULTRA PHYSICAL CONTACT

Presentan las mismas características físicas del SPC, pero las superficies, también pulidas de forma esférica, reciben un pulimento con acabado aun ms preciso. En ellos la pérdida por reflexión es aún menor, alrededor de -55dB. Se utilizan frecuentemente en sistemas CATV y digitales.

#### 1.16.4.5 APC – ANGLED PHYSICAL CONTACT

Es el tipo de conector más reciente, sus superficies también son curvas, pero en un ángulo de 8 grados, que mantiene una conexión firme y reduce la pérdida por reflexión para aproximadamente -70dB. Son más utilizados en sistemas de telefonía y de CATV.

Los conectores PC, SPC Y UPC son más confiables y presentan baja pérdida de inserción. La pérdida por reflexión en estos conectores depende del acabado de la superficie de la fibra, siendo que, cuanto menor la granulación, menor la pérdida.

Cuando los conectores PC y UPC son constantemente conectados y desconectados, la pérdida por reflexión aumenta en una tasa de 4 a 6dB para

cada 100 conexiones/desconexiones. En el conector APC, la pérdida por reflexión no se altera con las conexiones/desconexiones. (Furukawa, 2009)

#### 1.16.5 COMPATIBILIDAD ENTRE LOS CONECTORES

La compatibilidad entre los Conectores utilizados es muy importante, pues podemos reducir o incluso anular la señal, dependiendo de la combinación:

Conectores FLAT: pueden conectarse entre sí o con conectores PC.

Conectores PC: pueden conectarse con FLAT, entre si o con conectores SPC y UPC

Conectores APC: son compatibles solamente entre sí.

#### 1.16.6 CONECTORES ÓPTICOS

Los conectores ópticos tiene la función de conectar la fibra al componente óptico de los equipos de modo rápido y eficiente. Es un componente de extrema importancia en la red y su desempeño puede comprometer la confiabilidad del sistema.

Existen varios tipos de conectores ópticos en el mercado, cada uno dirigido a una aplicación, variando en formatos y forma de fijación (encaje o rosca). Los conectores son todos machos, es decir, los cerrojos son estructuras cilíndricas o cónicas que son inseridos en adaptadores ópticas.

- Conector Monomodo ST – PC
- Conector Monomodo FC – APC
- Conector Monomodo E2000 – APC
- Conector Monomodo ESCON
- Conector Monomodo SC – PC
- Conector Monomodo SC – APC
- Conector Monomodo LC/LC – PC
- Conector Monomodo MTRJ
- Conector Monomodo FC – PC
- Conector Monomodo y Multimodo MTP/MPO

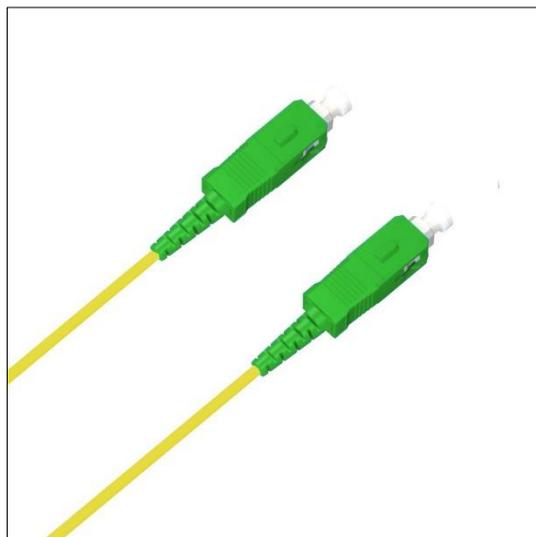


Figura 4. Conector Óptico SC/APC

Fuente: TE Connectivity

#### 1.16.7 ADAPTADORES ÓPTICOS

Los adaptadores ópticos desempeñan la función de unir dos conectores, actuando como alineador óptico de altísima precisión. Para cada tipo de conector, tenemos un adaptador.

- Adaptador Óptico ST/ST – PC
- Adaptador Óptico SC/SC – PC
- Adaptador Óptico FC/FC – PC
- Adaptador MTP

### 1.17 DISTRIBUIDOR INTERNO ÓPTICO

El DIO es un accesorio de terminación del cable óptico que permite el enrutamiento de las fibras ópticas según la necesidad de aplicación en la red. Es un producto de uso interno, utilizado en sistemas de cableado estructurado para transporte de voz, datos e imágenes, según requisitos de la norma ANSI/TIA/EIA – 568B.3. (Ver Figura 5)



Figura 5. Odf con patch lateral

Fuente: TE Connectivity

El DIO puede instalarse en Rack de 19”, directamente en la pared con o sin bandeja y puede estar ubicado en Salas de Equipos (EQ), Salas de Telecomunicaciones (TR) o Armario de Distribución.



contráctil a frío, insertado a través de la base de la caja y del anillo de aislamiento gelatinoso; al tirar el cordón de plástico, el tubo sufrirá una deformación (contracción), formando un sello resistente al agua y aire alrededor del anillo.

No son necesarias herramientas especiales, tales como fuentes de alimentación o sopletes para ejecutar el montaje y para reentrada, basta abrir la presilla.

Las Cajas de Empalme ofrecen capacidad variable y pueden ser presurizables, con capacidad para hasta 12 cables con empalme de tope o en línea. (Furukawa, 2009)

## CAPÍTULO II

### 2 DESCRIPCIÓN ACTUAL NODO CARANQUI.

En este capítulo se realizará una investigación de la situación actual en la que se encuentra el nodo Caranqui, además se establecerá la capacidad del nodo para brindar servicios y así determinar los posibles usuarios.

#### 2.1 ESTABLECIMIENTO DEL NODO CARANQUI

La CNT cuenta con varios puntos estratégicos para la prestación de servicios en los que se encuentran los diferentes nodos esparcidos por la ciudad uno de estos puntos es el nodo Caranqui este se localiza en las calles Juan Atabalipa e Incas de la parroquia de Caranqui, las coordenadas geográficas del nodo son: Latitud: 0° 19' 29.28"N y Longitud: 78° 7' 29.89"O. (Ver Figura 8)

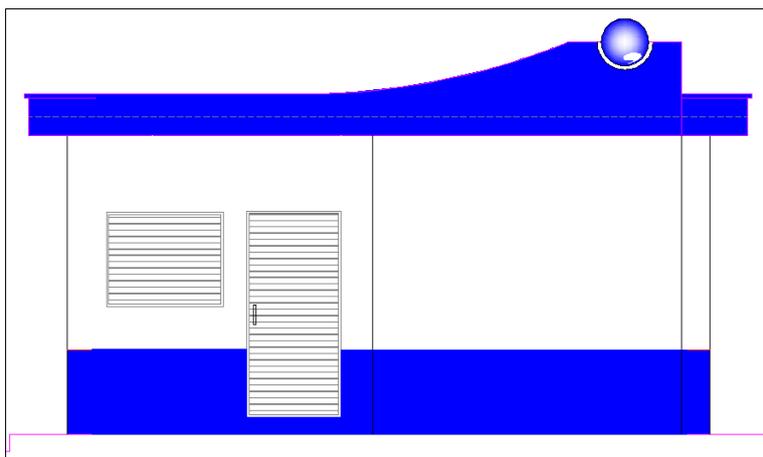


Figura 7. Fachada frontal nodo Caranqui

Fuente: Captura de pantalla AutoCAD realizado por el autor



Figura 8. Ubicación geográfica del Nodo

Fuente: Captura de pantalla Google Maps realizado por el autor

Actualmente el nodo Caranqui tiene una capacidad de 1797 clientes en lo que respecta a banda ancha y cuenta 3586 clientes en telefonía fija. (Ver Tabla 6 y 7)

Tabla 6. Capacidad de banda ancha nodo Caranqui

CODIGO PARROQUIA	NOMBRE	CODIGO DE DISTRIBUIDOR	DISTRIBUIDOR	OCUPADOS	TOTAL
100101	CARANQUI	399	CARANQUI	1797	1913

Fuente: DETALLE DE INFRAESTRUCTURA DE BANDA ANCHA-Jefatura Técnica Imbabura

Tabla 7. Capacidad telefónica Nodo Caranqui

CATÓN	CÓDIGO DE DISTRIBUIDOR	DISTRIBUIDOR	ACRONIMO	TOTAL
IBARRA	399	CARANQUI	CARQ	3.580

Fuente: DETALLE DE INFRAESTRUCTURA DE TELEFONÍA-Jefatura Técnica Imbabura



Figura 9. Área de cobertura nodo Caranqui

Fuente: Captura de pantalla Google Earth realizado por el autor

## 2.2 INFRAESTRUCTURA DEL NODO

La primera parte del levantamiento de información consiste en realizar un diagrama en AutoCAD de los equipos que cuenta en el nodo así como también las dimensiones del mismo y la disponibilidad de espacio para los elementos que se proyecta instalar, a continuación se muestra un diagrama del nodo con los componentes que lo conforman. (Ver Figura 10)



Tabla 8. Equipos existentes en el Nodo Caranqui

Unidades del Nodo	
<b>Sistema de energía</b>	Banco de baterías
	Rectificador
	Rectificador TP48300B
<b>Sistema de telecomunicaciones</b>	DSLAM
	HONET UA 5000
	WDM Optix OSN 6800
	MPLS SWITCH CATALYS 2960
<b>Sistema de climatización</b>	Aire acondicionado

Referencia: El autor

## 2.3.1 SISTEMA DE ENERGÍA

### 2.3.1.1 BATERIAS

Este nodo consta de 4 bancos de baterías etiquetadas como Banco A, Banco B, Banco C y Banco D. Los bancos A y B son los más antiguos modelo GFM-300Z, de 2V 300Ah con una duración máxima de 10 horas. (Ver Figura11)



Figura 11. Sistema de Baterías

Fuente: Fotografía capturada por el autor

Los bancos C y D son de marca Shuangdeng, modelo GFM-300 de 2V a 300Ah cada batería, estos bancos están formados por 24 baterías teniendo un total de 48 V por cada banco. La función principal de estas baterías es de servir de backup cuando no hay energía eléctrica, pueden durar hasta 8 horas aproximadamente antes de que se descarguen. En caso de suscitarse un problema con la energía el banco de baterías sirve de respaldo para la OLT proyectada.

### 2.3.1.2 RECTIFICADOR TP48300B

El TP48300B es un equipo rectificador cuya función es recibir la corriente alterna que viene del exterior, mediante sus módulos la transforma y convierte a corriente continua y la distribuye a los diferentes equipos este rectificador está formado por una controladora PSM-A10 la cual muestra el amperaje y voltaje con los cuales trabaja la central, complementariamente se encuentra el breaker principal por que ingresa los 220 V y sale 48 V, este conmuta hacia otro breaker para conectarse a su respectiva barra de protección y posteriormente a los equipos. (Ver Figura 12)



Figura 12. Equipo rectificador TP48300B

Fuente: Huawei Technologies Co., Ltd.

### 2.3.1.3 BARRAS DE PUESTA A TIERRA



Figura 13. Barras de puesta a tierra

Fuente: Fotografía capturada por el autor

Se tiene barras de protección de los equipos colocadas en los 4 lados del nodo para proteger los equipos, cada equipo se conecta mediante sistema de cableado estructurado de cobre con sus categorías correspondientes hacia la barra de cobre central la misma que se conecta directamente a tierra. (Ver Figura 13)

### 2.3.2 SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

Este nodo cuenta con un sistema de aire acondicionado el cual se encarga de realizar control de temperatura del medio para mantener en una temperatura adecuada de los equipos existentes evitando que se sobrecalienten y susciten problemas. (Ver Figura 14)



Figura 14. Sistema de Aire acondicionado

Fuente: Fotografía capturada por el autor

## 2.3.3 ESTRUCTURAS DE SUJECIÓN

### 2.3.3.1 FIBER RUNNER

El fiber runner es una estructura de canales para el enrutamiento y protección de un conjunto de cables de fibra óptica, esta estructura se puede ensamblar acorde a las necesidades del diseño ya que posee múltiples combinaciones de armado.

El nodo cuenta con fiber runner el cual que se encuentra sujeto al techo de manera estratégica sobre los equipos, para el acoplamiento a la OLT se proyecta instalar 2.3 m de fiber runner adicional al que ya se encuentra operativo (Ver Figura 15).

Un correcto enrutamiento en el fiber runner conlleva a la protección de los cables contra rupturas, macrocurvaturas



Figura 15. Fiber Runner existente

Fuente: Fotografía capturada por el autor

### 2.3.3.2 ESCARELLIRA PORTA CABLES

En la figura 16 se muestra la escalerilla porta cables por la cual se despliega el medio de transmisión que provienen específicamente del equipo DSLAM<sup>4</sup> y pasan a al MDF<sup>5</sup>.

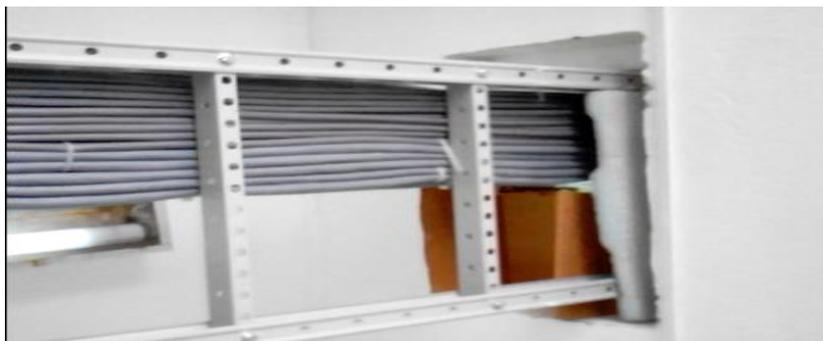


Figura 16. Escalerilla porta cables

Fuente: Fotografía capturada por autor

---

<sup>4</sup> Digital Subscriber Line Access Multiplexer (Multiplexor de línea de acceso de abonado digital).

<sup>5</sup> Main Distribution frame (Red de distribución Principal)

## **2.4 PROYECCIÓN DE EQUIPOS**

Luego de realizar el levantamiento de los datos se procedió a generar un diseño de la ubicación de la OLT al momento no se requiere ampliar el nodo es decir no hace falta implementar obra civil para la instalación de los equipos proyectados.

En los cuadros remarcados en color rojo se muestra la ubicación de la OLT proyectada y su lado el ODF de 96 puertos, en color magenta se muestra los 2.3 m de fiberrunner a instalarse para conectar el ODF con la central óptica, esto a través de sus respectivos patchcords SC/APC. (Ver Figura 17)

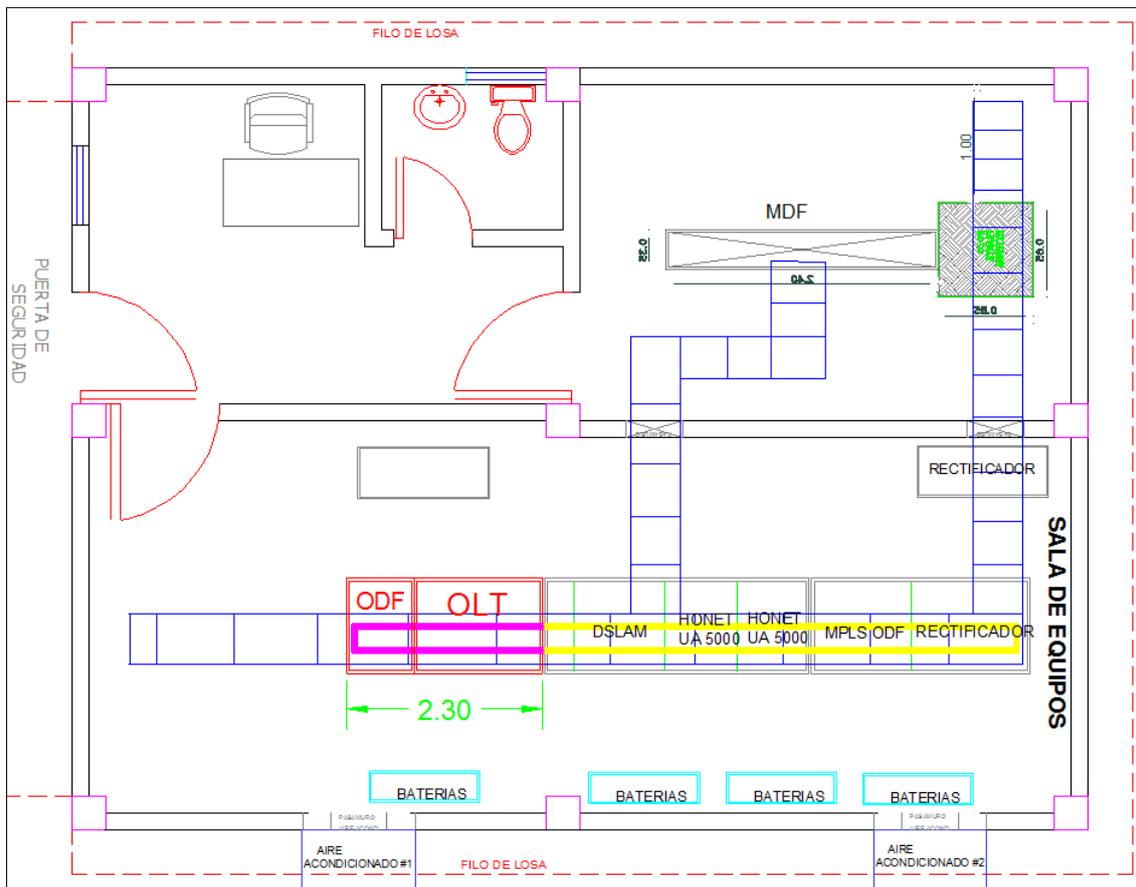


Figura 17. OLT y fiber runner proyectados

Fuente: Plano realizado por el autor

## 2.5 AREAS DE COBERTURA

De manera general se puede apreciar la zona de cobertura de la OLT en base a la proyección que CNT tiene destinada, es importante mencionar que el área de cobertura puede ser más extensa esto según la demanda que exista, cabe señalar que el presente proyecto ya tiene una delimitación de la zona a brindar el servicio por lo cual no se sale del objetivo planteado, la zona de cobertura que se menciona de manera general es para tener una referencia del alcance de la red GPON y que no sobrepasa los 20 Km de alcance según el estándar ITU-T G.984. (Ver Figura 18)



Figura 18. Delimitación de las zonas de cobertura

Fuente: Captura de pantalla GoogleMap realizado por el autor

## 2.6 DIVISIÓN DE LA ZONA

Según datos del INEC que se señalan en el documento de población por zonas censales, el sector 19 de Enero corresponde a la zona 31 de la ciudad de Ibarra, a su vez mencionada zona está subdividida en 8 sectores los cuales se denotan como S-1, S-2, S-3, S-4, S-5, S-6, S-7, S-8 con esta sectorización específicamente el área de 19 de Enero concierne a los sectores S-6 y S-7 de acuerdo al documento plano censal de la capital provincial código: 100150

Para el despliegue GPON del sector a brindar el servicio se determinó subdividir en dos áreas o distritos a los cuales se les denominó como área 1 y área 2. (Ver Figura 19)

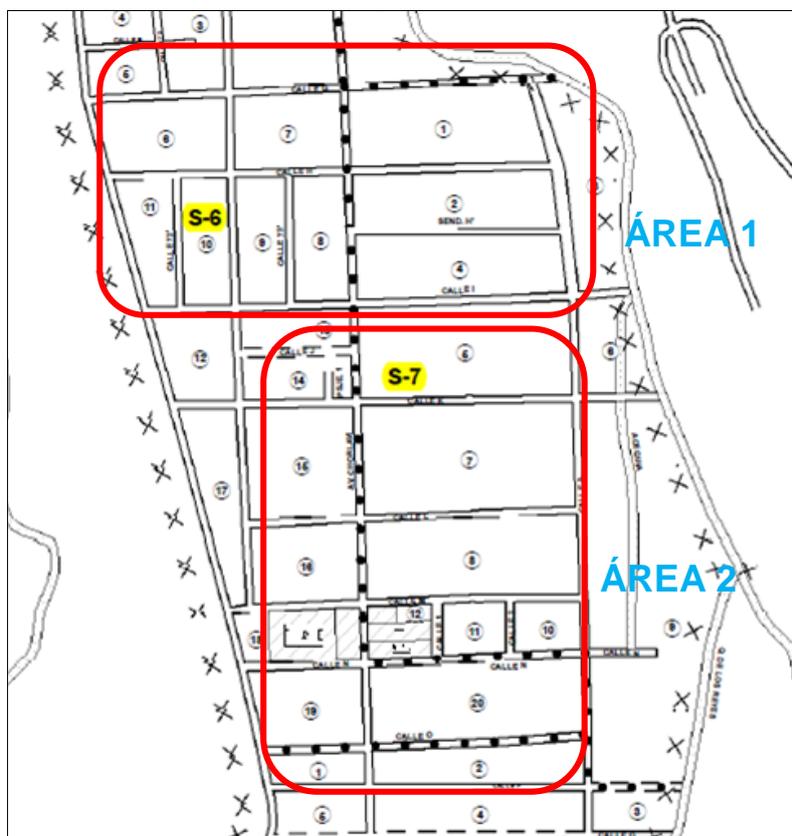


Figura 19. Plano censal de la capital provincial

Fuente: CAD Municipio de Ibarra

## 2.7 SITUACION ACTUAL DE ABONADOS

El sector 19 de Enero es una de las áreas de mayor crecimiento de la ciudad de Ibarra, el nodo que más cercano a esta población es el nodo Caranqui con aproximadamente 4,6 Km de distancia entre ellos lo cual dificulta la transmisión de los diferentes servicios.

Al presente, el sector 19 de Enero es abastecido por una red de cobre brindando el servicio de telefonía (Ver Tabla 9), el servicio de internet no puede

ser comercializado debido a la atenuación que sufre la señal debido a la distancia que existe, el distrito D-103 que corresponde al nodo Caranqui es el encargado de desplegar la red secundaria de cobre en donde los servicios de telefonía se encuentran distribuidos de la siguiente manera.

*Tabla 9. Cajas del armario D-103 del sector 19 de Enero.*

<b>NODO</b>	<b>DISTRIBUIDOR</b>	<b>ARMARIO</b>	<b>CAJA</b>
<b>399</b>	CARANQUI	103	A1
	CARANQUI		A2
	CARANQUI		A3
	CARANQUI		A4
	CARANQUI		A5
	CARANQUI		B1
	CARANQUI		B2
	CARANQUI		B3
	CARANQUI		B4
	CARANQUI		B5
	CARANQUI		C1
	CARANQUI		C2
	CARANQUI		C3
	CARANQUI		C4
	CARANQUI		C5

Fuente: Listado ocupación por distribuidor y armario CNT EP.

Cada caja del armario tiene una capacidad para 10 usuarios por lo tanto se tiene una capacidad total de 150 posibles suscriptores, de los cuales actualmente se brinda servicio a 131 clientes esto según datos de la CNT EP Imbabura, por esta razón la red de cobre se encuentra utilizada en un 87,3% y está libre en un 12,7% finalmente si bien es cierto que este último valor que corresponde a 19 posibles clientes aún se les puede brindar el servicio de telefonía es muy difícil brindar el servicio de banda ancha.

## 2.8 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA

La determinación de la demanda para la red proyectada consta de tres partes que unificadas presentan una aproximación real de la demanda, que se justifican con los siguientes consideraciones:

Con información del GAD<sup>6</sup> San Miguel de Ibarra se obtiene el archivo de las últimas lotizaciones aprobadas y por parte de la empresa eléctrica se obtiene el archivo de AutoCAD de la segmentación de lotes.

Con una visita en campo se verifica la existencia de las viviendas, con un plano del sector ya planificado se detallada uno a uno los posibles usuarios a los que se les va a brindar el servicio en este mismo proceso se realiza las encuestas que se detallan más adelante.

Según el último censo realizado por el INEC en el 2010 se corrobora una expansión del crecimiento de la población en el sector 19 de Enero.

En la figura se puede observar la tendencia de cómo ha desarrollado la ciudad de Ibarra, existe un notable incremento de población en los últimos años que van desde el 2001 al 2010, se puede evidenciar claramente que el sector 19 de enero es uno de los más importantes en crecimiento.

---

<sup>6</sup> GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado

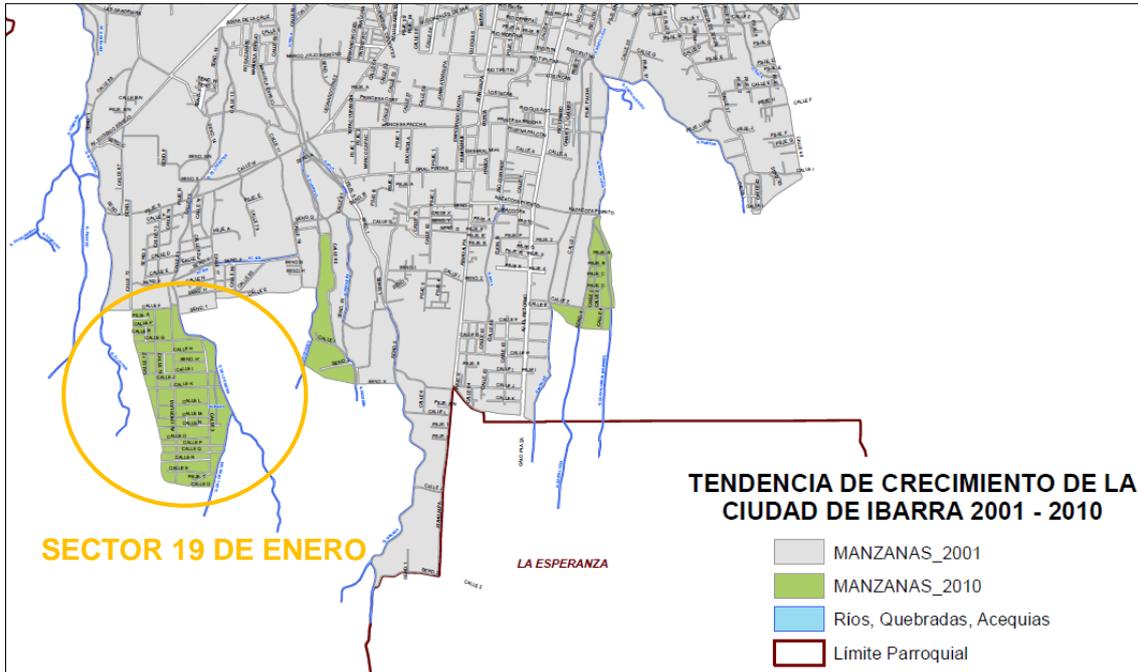


Figura 20. Crecimiento ciudad de Ibarra

Fuente: INEC

### 2.8.1 POBLACIÓN

Según datos del INEC del censo de población y vivienda que fue realizado en el año 2010, en el documento de población por zonas y sectores de la provincia de Imabura se señala que el total de personas mayor de 18 años en esa zona es de 390. (Anexo D)

### 2.8.2 MUESTRA

Población de 390

$$n = \frac{N}{\varepsilon^2(N - 1) + 1}$$

Ecuación 1. Cálculo de la muestra

Fuente: M, Vivanco (2005) Muestreo Estadístico

$$n = \frac{390}{0.05^2(390 - 1) + 1}$$

$$n = \frac{390}{0,0025 (389) + 1}$$

$$n = 197$$

Donde

$\varepsilon$  = Error muestral con un 95% de fiabilidad

$N$  = Población total

***n = 197 encuestas a realizarse***

Con la información del número de encuestas a realizar, se ejecuta una a una las preguntas que conforman el cuestionario de investigación con la que se pretende corroborar la existencia de servicios de telecomunicaciones, el tipo de servicio, proveedor de servicio, el valor que estaría dispuesto a pagar por un empaquetado de servicio y finalmente la contratación por un empaquetado de servicio.

### 2.8.3 TABULACIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

#### **1. ¿Actualmente posee servicios de telecomunicaciones en su domicilio?**

Con la tabulación de la primera pregunta lo que se trata es cuantificar de manera general la existencia o no de servicios de telecomunicaciones en cada domicilio, se puede observar claramente que el 57% de los encuestados no posee servicio de telecomunicaciones.

Tabla 10. Consecuencia de la primera pregunta/

<b>SI</b>	85	43%
<b>NO</b>	112	57%
<b>TOTAL</b>	197	100%

Fuente: El autor



Figura 21. Porcentaje servicios de telecomunicaciones

Fuente: El autor

## 2. ¿Señale que tipo de servicio de telecomunicaciones posee en su domicilio?

De los tres servicios de telecomunicaciones, se aprecia el sector cuenta con servicio de telefonía fija en un 44% este porcentaje todavía se considera bajo en relación al 56% que todavía hace falta atender, en lo que tiene que ver al servicio de televisión el 11% posee esa prestación cabe señalar que ese porcentaje es de televisión satelital mas no de televisión por cable, finalmente en lo que respecta al servicio de internet se observa un exiguo porcentaje de las personas que poseen internet frente al 92% que carece del servicio ratificando así la factibilidad de realizar el proyecto en mencionada zona.

Tabla 11. Consecuencia de la segunda pregunta de telefonía fija

<b>SI</b>	82	44%
<b>NO</b>	115	56%
<b>TOTAL</b>	197	100%

Fuente: El autor



Figura 22. Porcentaje de telefonía fija

Fuente: El autor

Tabla 12. Consecuencia de la segunda pregunta televisión por cable o satelital

<b>SI</b>	21	11%
<b>NO</b>	176	89%
<b>TOTAL</b>	197	100%

Fuente: El autor

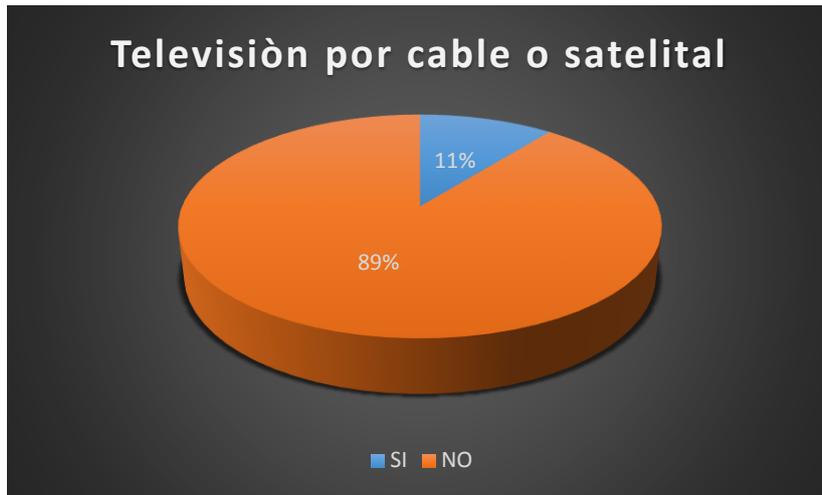


Figura 23. Porcentaje de televisión por cable o satelital

Fuente: El autor

Tabla 13. Consecuencia de la segunda pregunta internet

<b>SI</b>	16	8%
<b>NO</b>	181	92%
<b>TOTAL</b>	197	100%

Fuente: El autor

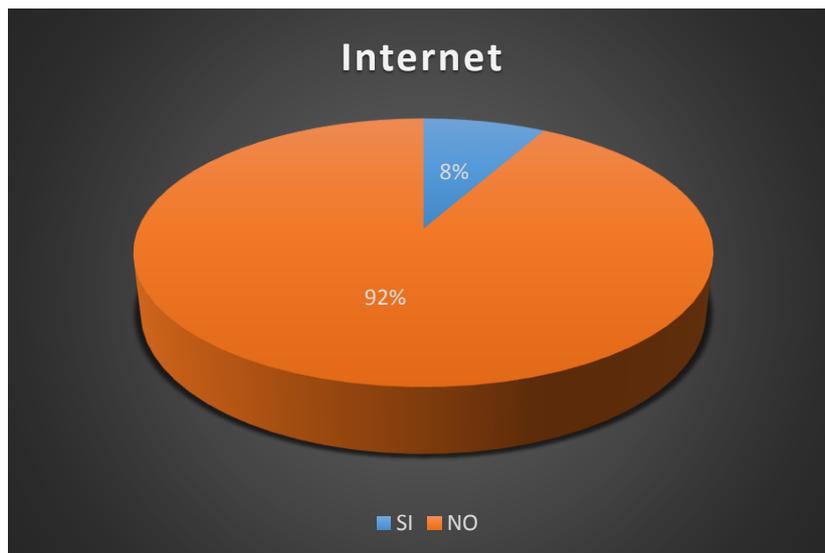


Figura 24. Porcentaje de Internet

Fuente: El autor

### 3. ¿Cómo califica el servicio que presta su proveedor de telecomunicaciones?

Tabla 14. Consecuencia de la tercera pregunta

<b>Excelente</b>	6	7%
<b>Bueno</b>	30	35%
<b>Regular</b>	34	40%
<b>Malo</b>	15	18%
<b>TOTAL</b>	85	100%

Fuente: El autor



Figura 25. Porcentaje calificación de proveedores de servicio

Fuente: El autor

De acuerdo con los datos obtenidos en los que respecta a la calificación del proveedor de servicio existe un cierto emparejamiento con las opciones bueno y regular con los porcentajes de 40% y 35%

**4. ¿En lo que se refiere a la negociación con la empresa proveedora de telecomunicaciones ha tenido inconvenientes con la contratación del servicio?**

*Tabla 15. Consecuencia de la cuarta pregunta*

<b>SI</b>	113	57%
<b>NO</b>	84	43%
<b>TOTAL</b>	197	100%

Fuente: El autor



Figura 26. Porcentaje de la negociación empresa proveedora

Fuente: El autor

El 57% de los encuestados mencionan que han tenido algún tipo de problema con la contratación del servicio esto se debe a que esta zona se encuentra alejada del centro de la ciudad por tal motivo se dificulta el acceso comercial de los proveedores de telecomunicaciones.

**5. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el empaquetado de los servicios: Internet de alta velocidad, telefonía, IPTV?**

Figura 27. Consecuencia de la quinta pregunta

<b>ENTRE 25 Y 32 DÓLARES</b>	192	97%
<b>ENTRE 32 Y 36 DÓLARES</b>	4	2%
<b>ENTRE 36 Y 50 DÓLARES</b>	1	1%
<b>MÁS DE 50 DÓLARES</b>	0	0%
<b>TOTAL</b>	197	100%

Fuente: El autor



Figura 28. Porcentaje pago por pago de empaquetado de servicios

Fuente: El autor

Actualmente el 97% de los encuestados es decir está las 197 personas que se les realiza la encuesta están dispuestas a pagar entre 25 y 32 dólares, en este rango de valor se encuentra la oferta comercial de CNT EP.

**6. ¿Si una sola empresa de telecomunicaciones oferta el empaquetado de los tres servicios estaría dispuesto a contratar mencionada oferta acorde a los precios de la pregunta anterior?**

En el sector 19 de enero de la ciudad de Ibarra el 90% de los residentes está dispuesto a contratar un empaquetado que oferte los 3 servicios como es voz, internet y televisión acorde al precio señalado en la pregunta 5.

*Tabla 16. Consecuencia de la cuarta pregunta*

<b>SI</b>	187	90%
<b>NO</b>	10	10%
<b>TOTAL</b>	197	100%

Fuente: El autor



Figura 29. Porcentaje de empaquetado de servicios

Fuente: El autor

Esta última pregunta da la pauta fundamental para la inicialización del diseño de la red ya que cuando se realiza la encuesta simultáneamente se marca en el plano de construcción cada una de las personas que desean contratar el servicio. Por lo tanto en diseño se realiza para las 187 personas.

Finalmente lo que se pretende conseguir con las encuestas realizadas es tener una estimación exitosa de la demanda del sector 19 de Enero.

## **CAPÍTULO III**

### **3 DISEÑO DE LA RED GPON**

En este capítulo se realizará el diseño de la red GPON la misma que empieza con la selección de equipos activos de la OLT y ONT, luego se pasa a la selección de elementos pasivos es decir la parte de la ODN, seguidamente se establecerá la mejor ruta del medio de transmisión, y finalmente se realizará un sistema de redundancia.

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

Como se mencionó en el capítulo II, se pudo evidenciar como se encuentra actualmente el nodo Caranqui y se determinó que es factible proyectar la OLT, la realización del diseño empieza con la determinación del tipo de tarjetas que armadas conjuntamente forman una unidad llamada OLT y el equipo que se sitúa en los hogares de los diferentes clientes a quienes se les brinde el servicio ONT, luego se procede con diseño de planta externa que se según el estándar ITU-T G.984 se denomina como optical distribution network ODN, este diseño será plasmado con la herramienta de diseño y modelado AutoCAD en donde se realizan los planos correspondientes, para empezar se debe poseer una fuente de información confiable y verdadera acerca de datos georeferenciados, planimetría, planos de lotizaciones, vías entre otras especificaciones técnicas que son de vital importancia para el la elaboración del diseño.

### **3.2 COMPONENTES OLT**

Actualmente existen varias compañías como: Huawei, Cisco, Motorola, Alcatel-Lucent entre otras que son los proveedores de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones y que tiene como consignatario mayoritario en lo que se refiere a equipos activos a la empresa Huawei.

En esta sección no se hace una comparativa de equipos ya que existe una única gestión y administración a nivel de toda la red GPON de CNT, por lo cual una posible inserción de una nueva OLT de otro fabricante no se puede realizar por la incompatibilidad que existe.

Si bien es cierto que no se puede realizar una comparación de equipos activos, es posible realizar una selección de tarjetas para la composición de la OLT, además se puede añadir otras partes que la conforma como por ejemplo el rack de 19", odf de 96 puertos, por tal motivo se esta sección se dividen en dos partes la de selección de tarjetas GPON y elementos complementarios.

### 3.2.1 SELECCIÓN DE TARJETAS PARA OLT

Figura 30. OLT MA5600T



Fuente: Huawei Technologies Co., Ltd.

#### 3.2.1.1 Tarjetas de poder

La tarjeta de poder es la fuente de alimentación de -48v DC<sup>7</sup> para la plataforma (Ver Figura 31), entre sus funciones filtra y limita la corriente para la alimentación, puede detectar si existe potencia de entrada y fallas las cuales son monitoreadas y a su vez si existiese algún problema el indicador de alarma se activa. (Ver Tabla 17)

---

<sup>7</sup>Direct Current: Corriente Directa

Tabla 17. Características tarjeta de poder

Modelo	PRTE
Puerto	Puerto de alimentación
Función Puerto	Proporciona la entrada de alimentación -48 V.
Característica	Monitoreo de Alarmas Indicador de Alarmas
Dimensiones (W x D x H)	25.40 mm x 237,00 mm x 105,10 mm
Consumo De Energía	Estático: 1,5 W máximo: 1,5 W

Fuente: Huawei Technologies Co., Ltd Manual MA5600T Hardware Description

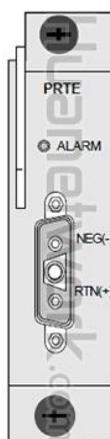


Figura 31. Tarjeta de poder PRTE (DC Power Board)

Fuente: Huawei Technologies Co., Ltd. Manual MA5600T Hardware Description

### 3.2.1.2 Tarjetas de control

Esta tarjeta realiza el control y la gestión del sistema también efectúa funciones de enrutamiento, el mantenimiento puede ser local y remoto a través de esta tarjeta mediante un puerto serial o Ethernet. (Ver Tabla 18)

Tabla 18. Descripción de puertos

Puerto	Función
COM (puerto serial RS-232)	Soporta mantenimiento local y remoto y le permite configurar el sistema a través de la CLI mediante el uso de software como HyperTerminal. La velocidad en baudios predeterminada es 9600 bit / s.
ETH( 10/100M Base T)	Soporta mantenimiento local y remoto y permite configurar el sistema a través del puerto de red. Funciona en el modo full-duplex .
ESC (puerto serial RS-485)	Proporciona el control del canal de entorno
4 puerto ópticos	Pueden actuar en modo de tarjeta de servicio

Fuente: Huawei Technologies Co., Ltd Manual MA5600T Hardware Description

Al igual que la tarjeta de poder esta tarjeta también presta sus respectivas alarmas Led (Ver Figura 32), en donde haciendo una breve reseña se menciona que cuando se encuentra en color verde y la luz es intermitente trabaja en estado normal, si el led se encuentra en color rojo existe falla en la tarjeta, y si se encuentra en color ámbar intermitente se está transmitiendo datos.

Figura 32. Tarjeta de control SCUN (Super Control Board)



Fuente: Huawei Technologies Co., Ltd. Manual MA5600T Hardware Description

### 3.2.1.3 Tarjetas de servicio

Esta tarjeta es la interfaz de la red GPON propiamente dicha (Ver Figura 33), sus puertos son la interfaz que trabaja conjuntamente con la ONT pasando por toda la ODN para brindar los servicios de acceso.

Figura 33. Tarjeta de servicios GPBD



Fuente: Huawei Technologies Co., Ltd. Manual MA5600T Hardware Description

A continuación se muestra varias características de la tarjeta de servicios. (Ver Tabla 19 y 20)

Tabla 19. Características tarjeta de servicio

Tarjeta de servicio	
Puerto GPON	8 Puertos GPON
Temperatura de funcionamiento	-25 ° C a + 65 ° C
Dimensiones (altura x ancho x profundidad)	22.86 mm x 237.00 mm x 395.40 mm

Fuente: Huawei Technologies Co., Ltd. Manual MA5600T Hardware Description

Tabla 20. Especificaciones módulo SFP<sup>8</sup>

GPON SFP módulo Especificación	
Tipo	B + Módulo: fibra bidireccional módulo óptico, clase B +
Longitud de onda operativa	Tx: 1490 nm, Rx: 1310 nm
Tipo de encapsulación	SFP
Transmisiones	Tx: 2,49 Gbit / s, Rx: 1,24 Gbit / s
De potencia óptica de salida mínima	Módulo B +: 1,50 dBm
De potencia óptica de salida máxima	Módulo B +: 5,00 dBm
La sensibilidad máxima del receptor	Módulo B +: -28,00 dBm
Tipo de conector óptico	SC / APC
Tipo de fibra óptica	Monomodo
Distancia	20,00 kilómetros

Fuente: Huawei Technologies Co., Ltd. Manual MA5600T Hardware Description

Tabla 21. Descripción de alarmas

Indicador	Nombre	Estado	Significado
RUN ALM	Estado de funcionamiento del LED	Rojo: parpadea	La tarjeta trabaja en el estado defectuoso
		Verde: parpadea cada 0.25s	La tarjeta entra en la fase de comunicación con la placa de control durante su puesta en marcha.
		Verde: parpadea cada 1s	La tarjeta trabaja en estado normal
		Ámbar: parpadea	Se genera una alarma de alta temperatura
BSY		Verde: parpadea	La tarjeta lleva servicios

<sup>8</sup> Small form-factor pluggable transceptor: Transceptor de factor de forma pequeño conectable

	Indicador de estado de puerto	Verde: apagado	La tarjeta no lleva ningún servicio
PON 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	Indicador de puerto PON	Verde: encendido	El puerto PON está relacionada con una ONT
		Verde: apagado	El puerto PON no está relacionada con una ONT

Fuente: Huawei Technologies Co., Ltd. Manual MA5600T Hardware Description

### 3.2.1.4 Tarjetas de uplink

Esta tarjeta provee el enlace de uplink o ascendente para la OLT, como se observa en a figura 34 la tarjeta posee dos puertos SFP óptico/eléctrico en sincronización de reloj Ethernet según es estándar IEEE 1588 V2<sup>9</sup>. (Ver Tabla 35)

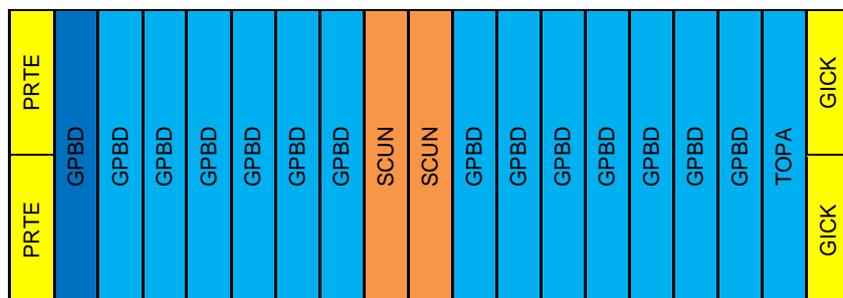
Figura 34. Tarjeta de uplink modelo GICK



Fuente: Huawei Technologies Co., Ltd. Manual MA5600T Hardware Description

<sup>9</sup> Protocolo de tiempo de precisión, norma de telecomunicaciones utilizado para sincronizar los relojes a través de una red informática.

Figura 35. Consolidado de tarjetas



Fuente: EL autor

Finalmente la OLT se constituirá por 21 tarjetas (Ver Figura 36): 2 tarjetas de poder (PRTE), 2 tarjetas de control (SCUN), 2 tarjetas de uplink (GICK), 1 tarjetas para telefonía (TOPA) y 14 tarjetas de servicio (GPBD), cabe señalar que mediante estas tarjetas se completa toda la unidad OLT, sin embargo para el presente proyecto se omiten 13 tarjetas de servicio, ya que por la demanda que existe en el sector se necesita una tarjeta de servicio. (Ver Tabla 22)

Tabla 22. Capacidad de una tarjeta de servicio GPBD

Tarjeta	Puerto	Split Rate <sup>10</sup>
1 GPBD	0	32
	1	32
	2	32
	3	32
	4	32
	5	32
	6	32
	7	32

Fuente: El autor

<sup>10</sup> Split Rate: Tasa de división del puerto de la tarjeta de servicio

En la tabla 22 se presenta la justificación de usar una única tarjeta de servicio ya que al sumar los 8 puertos la capacidad total es 256 suscriptores que se pueden servir, valor que no sobrepasa los clientes que se tiene previsto atender en este caso 178.

### 3.3 INSTALACIÓN DE ODF EN RACK

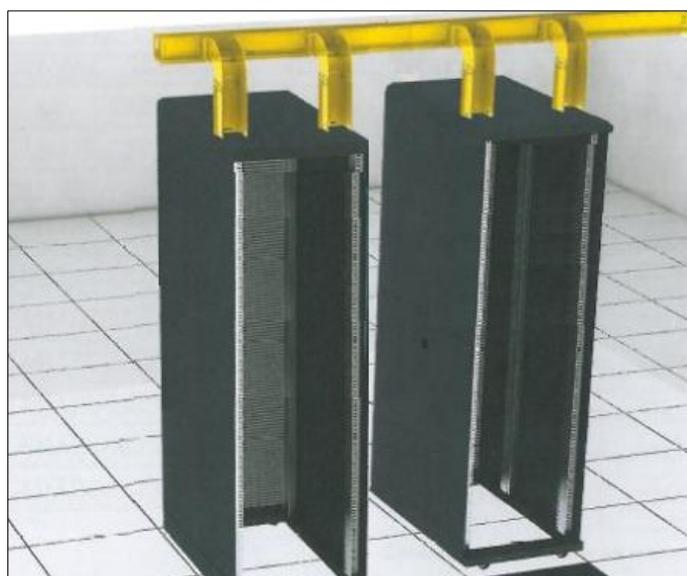


Figura 36. Racks para ODF y OLT

Fuente: Redislogar equipos e implementación

El rack es una estructura metálica destinada para albergar equipos activos o pasivos en este caso se instala las tarjetas que conforman la OLT y un ODF de 96 hilos en su respectivo rack, a este final llega la fibra de G.652D con capacidad de 96 hilos canalizada. Esto acorde con el con la normativa interna del Instructivo para el armado de los ODFs y rack de planta externa.

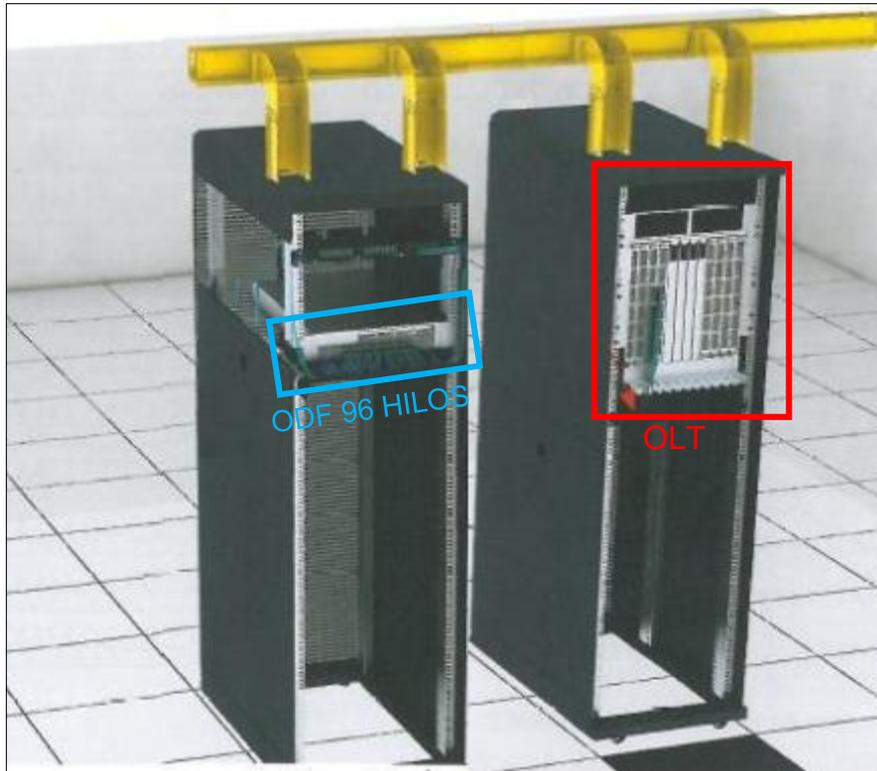


Figura 37. Posicionamiento en rack de ODF y OLT

Fuente: Redislogar equipos e implementación

### 3.4 UNIDADES ONT (OPTICAL NETWORK TERMINAL)

#### 3.4.1 ONT HUAWEI HG8245

HG8245, terminal de red óptica (ONT), es un equipo residencial de alta gama de la solución FTTH Huawei. Con el uso de la tecnología GPON, ofrece acceso de internet de alta velocidad para usuarios residenciales y pequeñas compañías.



Figura 38. ONT Huawei HG8245

Fuente: Service Manual Echolife - Huawei Technologies Co., Ltd

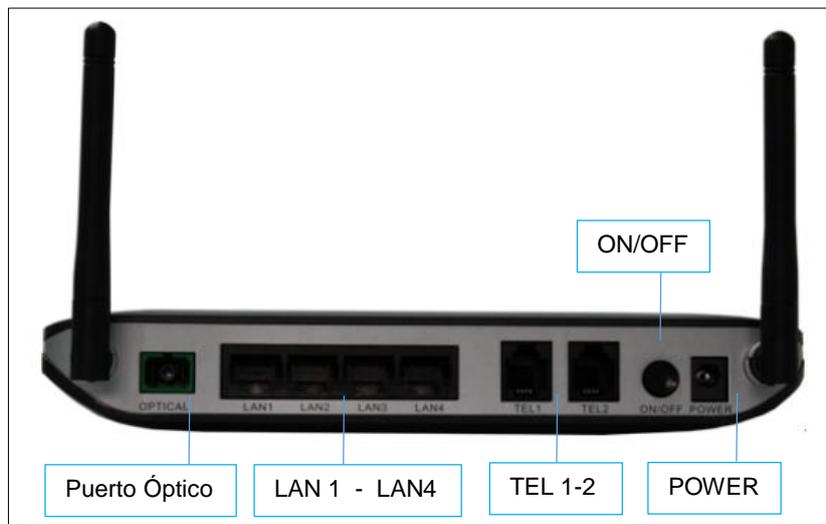
A continuación se presentan las características más importantes de la ONT Huawei HG8447 como equipo a utilizar en el diseño presentado. (Ver Tabla 23)

Tabla 23. Descripción de puertos/botones posteriores ONT Huawei HG8447

Puerto/ Botón	Descripción
<b>Óptico</b>	Indica el puerto óptico el que conecta el patch cord que viene desde la roseta. El puerto está equipado con un tapón para protección. El tipo de conector es SC / APC.
<b>LAN1 – LAN4</b>	La ONT posee 4 puertos GE Giga Ethernet
<b>TEL1-TEL2</b>	Indica los puertos de teléfono (RJ- 11).
<b>ON / OFF</b>	Indica el botón de encendido / apagado, que se utiliza para encender o apagar el dispositivo.
<b>Power</b>	Indica el puerto de alimentación

Fuente: Service Manual Echolife - Huawei Technologies Co., Ltd

Figura 39. Puertos / Botones parte posterior ONT HG8245



Fuente: Service Manual Echolife - Huawei Technologies Co., Ltd

Figura 40. Puertos / Botones parte lateral ONT HG8245

Puerto/ Botón	Descripción
<b>BBU</b>	Backup battery Unit. Indica el puerto de batería de reserva externa,
<b>USB</b>	Indica el puerto USB, que se utiliza para la conexión de un dispositivo de almacenamiento.
<b>WLAN</b>	Indica el botón WLAN, que se utiliza para activar o desactivar la Función WLAN.
<b>WPS</b>	Indica el interruptor de cifrado de datos WLAN
<b>RESET</b>	Se utiliza para restaurar el dispositivo a la configuración predeterminada y restablecer el dispositivo.

Fuente: Service Manual Echolife - Huawei Technologies Co., Ltd

Figura 41. Puertos / Botones parte lateral ONT HG8245



Fuente: Huawei Technologies Co., Ltd

Por las características anteriormente descritas la terminal óptica es un dispositivo de acceso de alta gama para la red propuesta en este proyecto, complementariamente cabe señalar que este equipo cuenta con la función de plug-and-play en donde el servicio triple play no requiere configuración en el lugar de la instalación, adicionalmente el equipo tiene la funcionalidad de diagnóstico remoto el cual permite la localización de fallas del equipo.

### **3.5 CONSIDERACIONES DE DISEÑO GEOREFERNCIADO**

#### **3.5.1 LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN GEOREFERENCIADA**

Se realizó una visita en campo para la inspección del sector 19 de Enero en donde se ejecuta el levantamiento de la información, la primera parte consta de la verificación de los postes de la empresa eléctrica de acuerdo al plano facilitado por la misma, en la segunda parte se ejecuta con la toma de puntos los

georreferenciados para la construcción de pozos, para esta actividad se utilizó el GPS-map 60 CSx.

### 3.5.2 CREACIÓN Y USO DE WAYPOINTS

Los waypoints son lugares o marcas de tierra que se almacenan en el GPS<sup>11</sup>. Para este caso los puntos de planimetría que se captaron son equivalentes a los pozos proyectados a construir.

Se pulsa el botón marcar cuando esté en modo localización, por defecto aparece una descripción de tres caracteres, al cual se le asigna un nuevo nombre por ejemplo P6 que se refiere a la nomenclatura de pozo y un número asignado, el campo nota muestra la información de la fecha y la hora en el cual se hizo la recolección de datos, el campo posición otorga los datos de las coordenadas UTM WGS84, esta es la información exacta del punto que se necesita en esta caso el lugar del pozo también se puede observar la altura que se encuentra dicho punto de planimetría. (Ver Figura 43)

---

<sup>11</sup> Sistema de posicionamiento global



Figura 42 Toma de puntos georreferenciados

Fuente: Fotografía capturada por el autor

### 3.5.3 EDICIÓN DE LA INFORMACIÓN GEORREFERENCIADA

Toda la información que fue compilada por el GPS en esta caso el Garmin Map 60 CSx se descarga en un ordenador con el programa global mapper<sup>12</sup>, para luego ser pasada al programa de diseño AutoCAD. (Ver Figura 44)

---

<sup>12</sup> Global Mapper: Software de sistema de información geográfica



Figura 43 Puntos georreferenciados sin editar

Fuente: Captura AutoCad planimetría Ibarra

Cada información que se recopila se realiza en un archivo de extensión CAD<sup>13</sup> el cual trabaja a base de capas y atributos, las coordenadas X, Y y Z son fundamentales ya que describe específicamente el posicionamiento exacto del lugar en donde ira ubicado el elemento de diseño.

Posteriormente del levantamiento de información de los puntos georreferenciados en coordenadas UTM<sup>14</sup>-WGS84<sup>15</sup> los datos fueron ingresados en el formato de tabla 24, cabe aclarar que se empieza por el pozo 32 ya que desde la OLT Caranqui proyectada existe la canalización hasta el sector del Ejido

<sup>13</sup> Computer-aided design: Diseño asistido por computadora

<sup>14</sup> Universal Transverse Mercator: Sistema de coordenadas universal transversal de Mercator

<sup>15</sup> World Geodetic System: Sistema geodésico mundial

de Caranqui la cual cuenta con 31 cámaras o pozos en la ruta que la fibra será desplegada. (Ver Tabla 24)

*Tabla 24. Puntos georreferenciados para canalización*

<b>Pozo</b>	<b>Coordenadas X</b>	<b>Coordenadas Y</b>
32	818960	10035516
33	818899	10035482
34	818908	10035477
35	818855	10035446
36	818802	10035417
37	818758	10035392
38	818713	10035366
39	818643	10035324
40	818568	10035284
41	818469	10035241
42	818379	10035205
43	818317	10035180
44	818278	10035168
45	818237	10035158
46	818180	10035139
47	818177	10035067
48	818172	10034983
49	818166	10034879
50	818166	10034869
51	818183	10034169
52	818200	10033652

Fuente: El autor

### 3.5.4 CREACIÓN DE CAPAS

Para el diseño en AutoCAD se trabaja con el uso de capas para tener una mejor diferenciación de todos los elementos que se utiliza para la red GPON, es decir que se puede tener una sobresaliente apreciación que pertenece a un solo elemento como por ejemplo activar únicamente la capa de la fibra G.652D para que de tal manera estrictamente se visualice dicho elemento. En el diseño realizado en AutoCAD consta de dos partes la existente y la proyectada, la

existente tiene la finalidad reconocer los elementos de planta externa que la CNT EP posee, y la proyectada son los elementos que son planeados a ser utilizados o construidos.

### 3.6 DISEÑO DE LA ODN (OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK)

Según el estándar ITU-T G.984 en el inciso 5 Arquitectura de la red de acceso óptico, (Anexo C) señala que la red de distribución óptica se considera como una de las partes más imprescindibles del diseño debido a que en esta sección es donde se encuentra el mayor acaparamiento de atenuación (dB) en los elementos de diseño. (Ver Figura 44)



Figura 44. Diagrama de bloques red GPON

Fuente: El Autor

De manera general esta sección de la red está compuesta por un cable FEEDER el cual va desde la OLT proyectada hacia un armario de distribución en donde se encuentra el splitter 1x32 para luego ser distribuido por un conjunto de cables de distribución que llegan a una caja óptica de donde salen los cables DROP para conectar los elementos ONT de los respectivos clientes.

A continuación se muestra un esquema de la red GPON con todos sus elementos que la conforman. (Ver Figura 45)

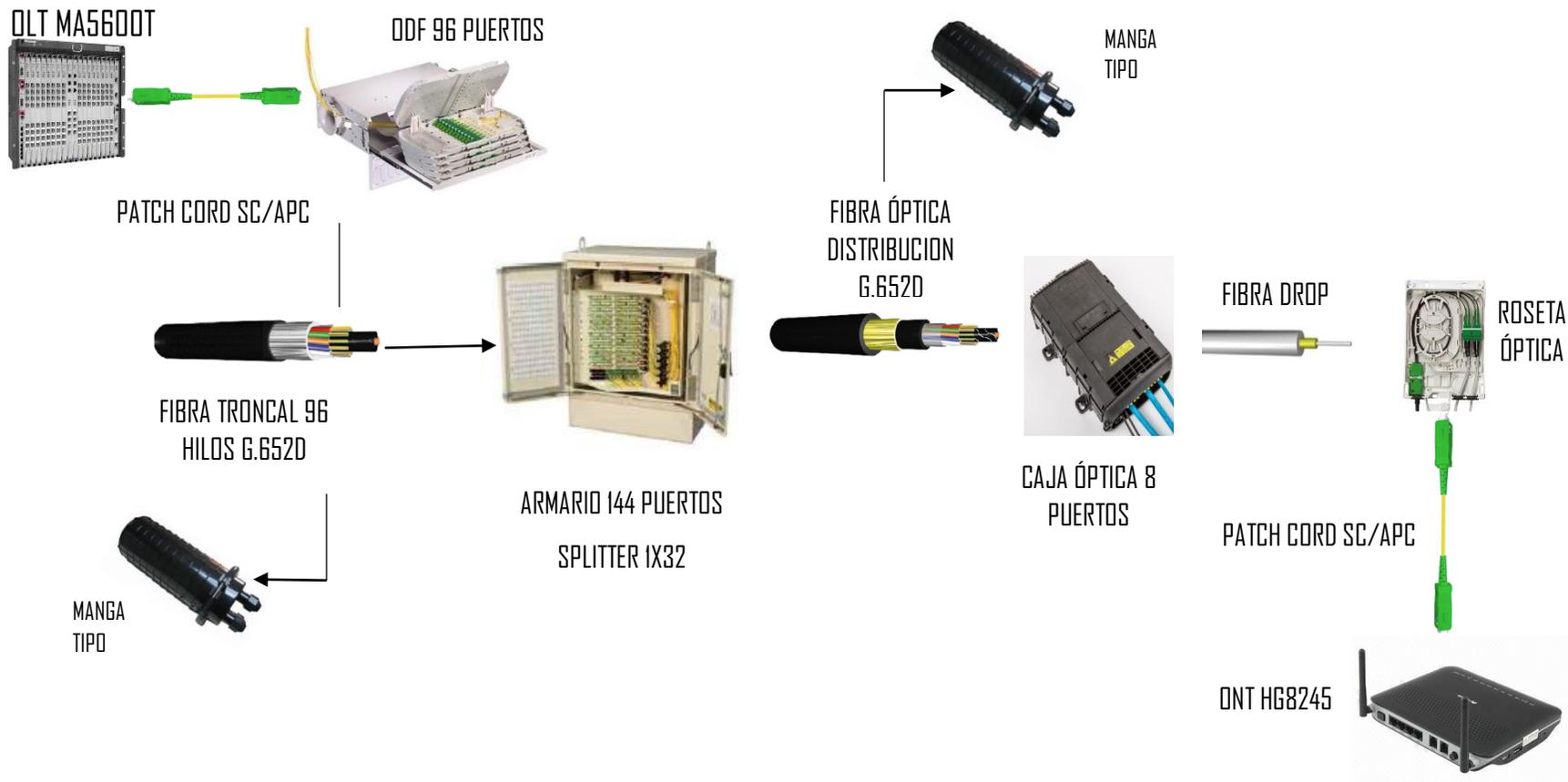


Figura 45. Esquema red GPON

Fuente: El autor

### 3.6.1 DISEÑO DE LA RED TRONCAL

Esta sección es la columna vertebral del diseño ya que esta estructura de cables robustos de fibra óptica sirve para la derivación de las redes de distribución y dispersión proyectadas.

Este cable de gran capacidad es el que sale de la OLT Caranqui y va hacia el sector 19 de Enero es decir el lugar al cual que se va a cubrir con el despliegue de la red GPON.

#### 3.6.1.1 FIBRA TRONCAL

Según el estándar ITU-T G.984 en el inciso 8.2.2.1 de Medio de transmisión (Anexo C) recomienda el uso de fibras G.652D por ser la fibra compatible y apropiada para el funcionamiento de redes pasivas con capacidad de gigabit GPON.

Este tipo de fibra se escoge a consecuencia de que por su construcción es estrictamente para ser instalada en ductos o sub ductos de canalización, la fibra no sufre alargamientos en el proceso de instalación ya que por sus características mecánicas los tubos/buffers son más largos que la cubierta externa esto se debe a que los tubos giran alrededor del elemento central. (Ver Figura 46)

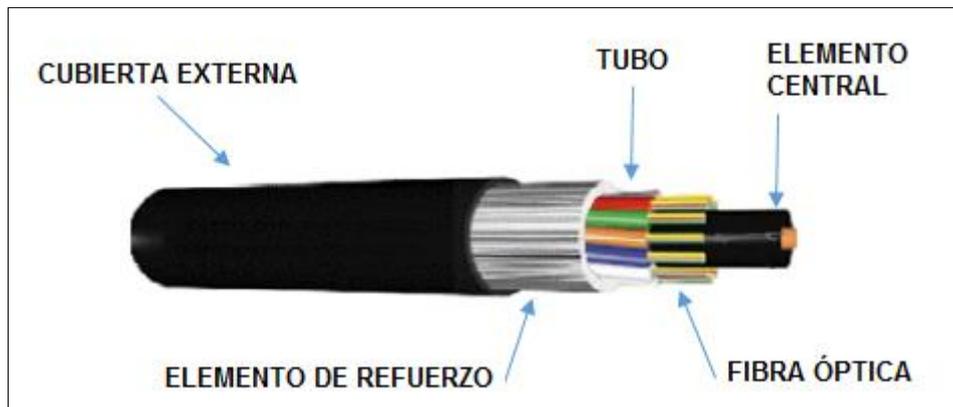


Figura 46 Cable óptico para ductos

Fuente: 3M Telecomunicaciones

Las ventanas de transmisión para las que fue diseñada son: 1490nm, 1310nm o 1550nm, posee tecnología “loose tube”<sup>16</sup> la cual permite albergar un gran número de fibras óptica en un espacio reducido en la tabla podemos apreciar el diámetro y peso de esta fibra.

Tabla 25. Características constructivas

<b>Cantidad de fibras ópticas</b>	<b>96</b>
<b>Cantidad de fibras ópticas</b>	12
<b>Loose tube</b>	8
<b>Diámetro externo (mm)</b>	13,3
<b>Peso neto (Kg/Km)</b>	157

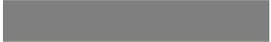
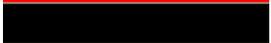
Fuente: 3M Telecomunicaciones

Como se muestra en la tabla 26 se puede estimar la cantidad de fibras ópticas por tubo es decir que en total existen 8 buffers o tubos que albergan 12 fibras

<sup>16</sup> Tubo holgado.

completando así 96 fibras ópticas, el código de colores obedece a la norma EIA/TIA-598<sup>17</sup> tanto para los buffers o tubos como para las fibras internas.

*Tabla 26. Código de colores fibra óptica*

<b>1</b>	<b>AZUL</b>	
<b>2</b>	NARANJA	
<b>3</b>	VERDE	
<b>4</b>	MARRON	
<b>5</b>	GRIS	
<b>6</b>	BLANCO	
<b>7</b>	ROJO	
<b>8</b>	NEGRO	
<b>9</b>	AMARILLO	
<b>10</b>	VIOLETA	
<b>11</b>	ROSA	
<b>12</b>	CELESTE	

Fuente: ANSI/EIA/TIA 598

En el presente proyecto se utiliza la fibra G.652D del tipo canalizada con capacidad 96 hilos, con una distancia aproximada de 3397 metros incluidas las reservas que se tuvo previsto y la cual se despliega por un trayecto de forma canalizada desde el nodo Caranqui hasta la cámara Pz 50, a continuación se muestra el recorrido de la fibra desde la OLT hacia la cámara final de canalización. (Ver Figura 47)

<sup>17</sup> The Telecommunications Industry Association's

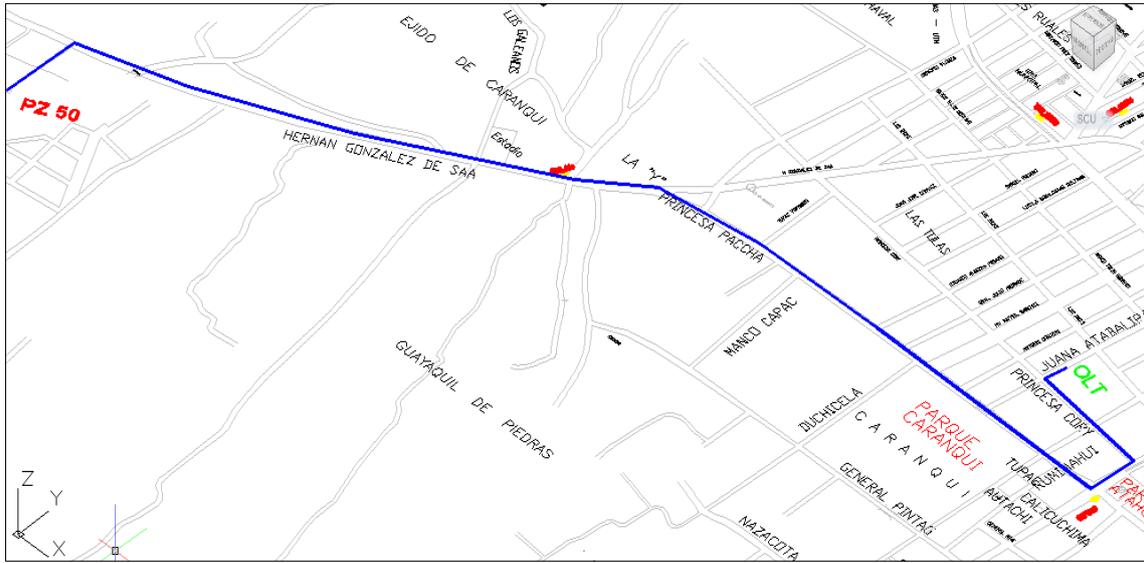


Figura 47. Recorrido fibra óptica 96 hilos canalizados

Fuente: Captura AutoCad planimetría Ibarra

### 3.6.1.2 RESERVAS TRONCALES

Las reservas troncales son almacenamientos de fibras ópticas que se dejan en los pozos con aproximadamente una provisión de 20 m, este conjunto de cables son ubicados estratégicamente para las derivaciones que tiene el feeder y así atender una gran cantidad de nuevos clientes, se deja una reserva en feeder cada 150 m esta provisión de cables de fibra óptica también se deja para evitar posibles daños a los que puede estar expuesto. Específicamente las reservas troncales se encuentran ubicadas en los pozos: Pz5, Pz8, Pz16, Pz20, Pz23, Pz27, Pz31, Pz36, Pz41, Pz46, Pz49.

### 3.6.1.3 EMPALME TRONCAL

Se realiza un empalme en el pozo 50 que es el último pozo de la canalización a construirse (Ver Tabla 27), la longitud de la fibra troncal de 96 hilos hasta este punto es aproximadamente 3397m según los cálculos realizados tomando en cuenta la longitud de la polilínea en AutoCad y las reservas, a partir de aquí se fusiona un cable de fibra de 24 hilos aérea con el de 96 hilos canalizado para extender su prolongación, su capacidad baja ya que de aquí en adelante el trayecto de la fibra es de forma aérea y es la necesaria para atender el sector, específicamente los 3 primeros hilos del feeder aéreo va desde el poste 1 (P1) hasta el poste 22 (P22) en donde se encuentra el primer armario, seguidamente desde el poste 22 hasta el poste 34 (P34) se despliegan los hilos 4, 5, 6 y 7 del feeder aéreo.

Tabla 27. Vinculo de hilos entre cables ópticos

F.O. 96 H	FUSIÓN	F.O. 24 H
hilo 1	←.....→	hilo 1
hilo 2	←.....→	hilo 2
hilo 3	←.....→	hilo 3
hilo 4	←.....→	hilo 4
hilo 5	←.....→	hilo 5
hilo 6	←.....→	hilo 6
hilo 7	←.....→	hilo 7
hilo 8	N/A	hilo 8
hilo 9	N/A	hilo 9
hilo 10	N/A	hilo 10
hilo 11	N/A	hilo 11
hilo 12	N/A	hilo 12
.	N/A	.
.	N/A	.
<b>hilo 96</b>		<b>hilo 24</b>

Fuente: El autor

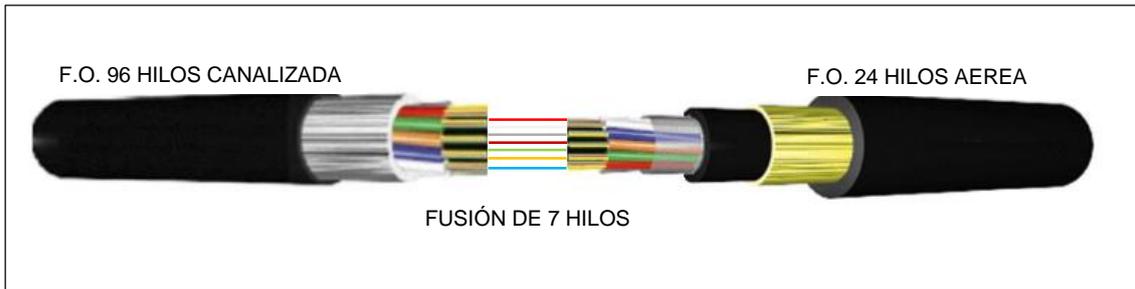


Figura 48. Fusión de 7 hilos feeder canalizado continuidad a feeder aéreo

Fuente: El autor

Como se aprecia se fusiona los primeros 7 hilos tanto del cable óptico de 96 hilos como de 24 hilos, quedando así hilos disponibles 89 hilos y 17 hilos respectivamente, dicho el empalme utiliza una manga tipo domo con capacidad de 96 hilos este proceso se mencionara con más detalle en el subcapítulo proceso de instalación de una manga. (Ver Figura 48)

Es muy importante señalar que si bien es cierto que la fibra de 96 hilos es feeder, un solo hilo también es considerado feeder, generalmente en redes trocales o feeder se trabaja con grandes capacidades pero eso no exime que un solo hilo de fibra sea considerado como feeder, la condición para que una fibra ya no sea llamada feeder es cuando se pone un splitter a mencionado canal de transmisión, a partir de la división de esta señal pasa a ser red distribución.

Esta aclaración se hace ya que de los 96 y 24 hilos exclusivamente se fusionan y utilizan 7 hilos por lo que el 92% de la fibra de 96 hilos y el 70% de la fibra de 24 hilos quedan en espera, es indiscutible que en este proyecto no se utiliza toda la capacidad del cable, sin embargo estos hilos de fibra se encuentran en las proyecciones de derivaciones y expansiones que CNT tiene planeado.



### *3.6.1.5 OCUPACIÓN DE VÍAS*

La ocupación de vías se realiza con una verificación de cada una de las cámaras que parten desde la OLT proyectada, la ocupación de las vías se define de acuerdo a se encuentra la saturación de los ductos respecto a los cables de telecomunicaciones que pasan, la comprobación se la realiza con un equipo de protección personal (EPP)<sup>18</sup> y cámara fotográfica para tener respaldo de la información levantada.

El modelo que se designa es de una configuración 4 es decir que la canalización que existen posee 4 ductos, que con la verificación que se menciona anteriormente se tiene que 2 ductos se encuentran libres y los 2 siguientes se encuentra semicopados, en la nomenclatura de dibujo se usa la siguiente codificación ducto vacío (V) ducto semicopado (S) y ocupado se designa (O).

### *3.6.1.6 CANALIZACIÓN A CONSTRUIRSE*

La canalización proyecta parte desde el último pozo de la canalización existente específicamente en el pozo 31 hasta el pozo 50 que es la terminación de la canalización de forma continua (Ver Figura 50), también se considera construir dos pozos adicionales con la respectiva base para ubicar los armarios denominados como Pz 51 y Pz 52.

---

<sup>18</sup> Equipo de protección personal

Previamente después de haber ejecutado la localización de los pozos que se ubicaron mediante el GPS, se realiza la ruptura de la acera o calzada según sea el caso para ubicar los respectivos ductos, el ancho del corte que se realiza es de 0.6 m ya sea en acera o en calzada esto de acuerdo las normas que impone en este caso el GAD Ibarra. Se señala que se debe evitar en lo máximo colocar residuos sobre las aceras, obstruir alcantarillas, dificultar el paso de autos y personas.

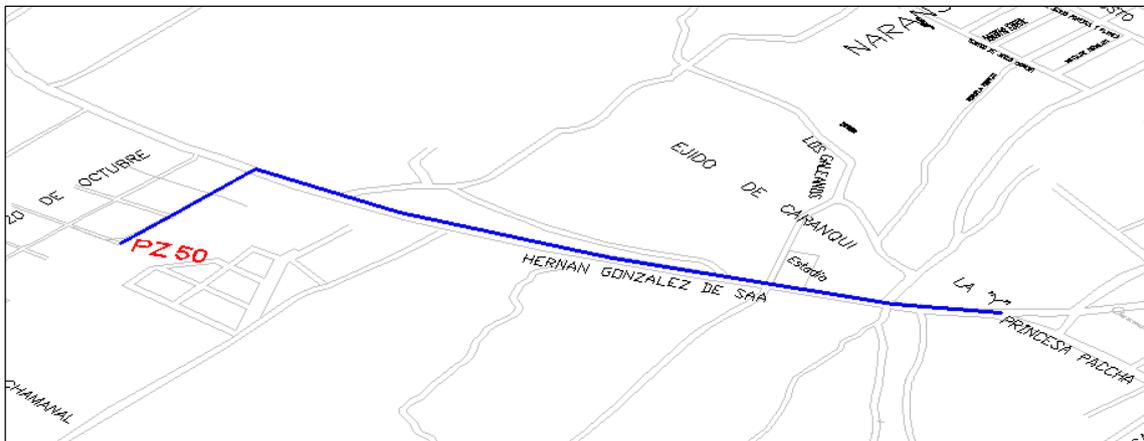


Figura 50. Recorrido canalización proyectada

Fuente: Captura AutoCad planimetría Ibarra

De acuerdo a los lineamientos de construcción de planta externa se pueden utilizar: ductos, biductos y triductos, en este proyecto se utiliza 2 ductos de PVC de 4 pulgadas más un triducto. (Ver Figura 51)

Los tramos de canalización entre cada pozo se encuentran en el Anexo E de planos de construcción.

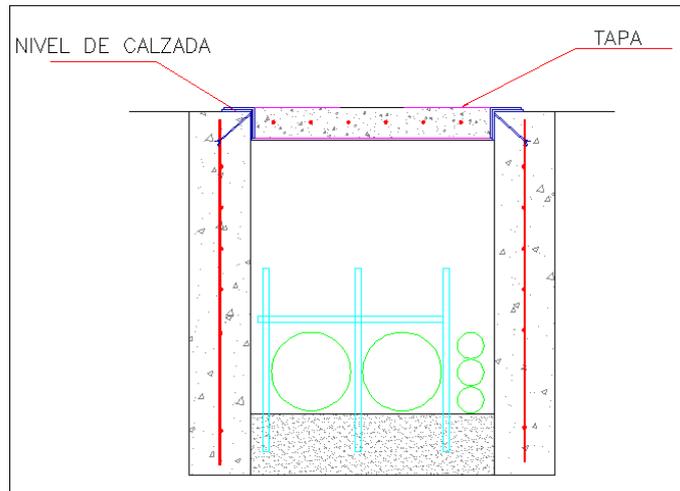


Figura 51. Canalización proyectada 2 vías 1 un triducto

Fuente: Basado en Manual CNT

### 3.6.1.7 SUBIDA A POSTE

La subida a poste es la sección que conecta la ruta canalizada con la ruta aérea esta considera instalar un tubo galvanizado de 5m con un diámetro de 2", este tubo debe ser independiente de la subida a poste de cobre solo en casos especiales y específicos se comparte la tubería. (Ver Figura 52)

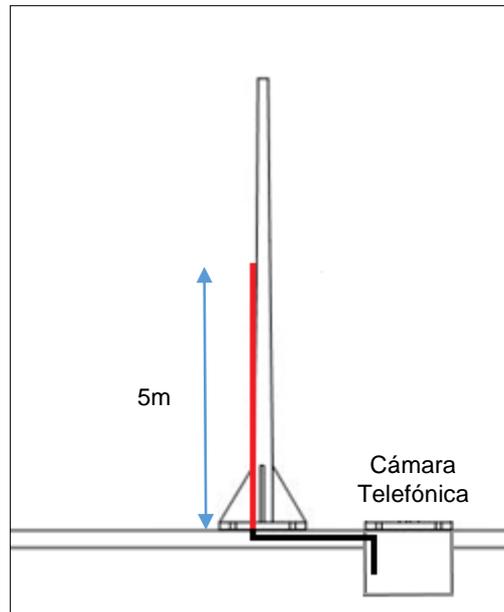


Figura 52. Subida a poste

Fuente: Basado en Manual de Construcción CNT

## 3.6.2 DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

### 3.6.2.1 FIBRA DE DISTRIBUCIÓN

El cable de distribución empieza con una subida a poste en el pozo PZ 51, luego del respectivo empalme que se realiza, hay que mencionar que la red de distribución está diseñada completamente de manera área a través de postes ya que por la condiciones de sector no se puede realizar la red de distribución de forma canalizada. (Ver Figura 53)

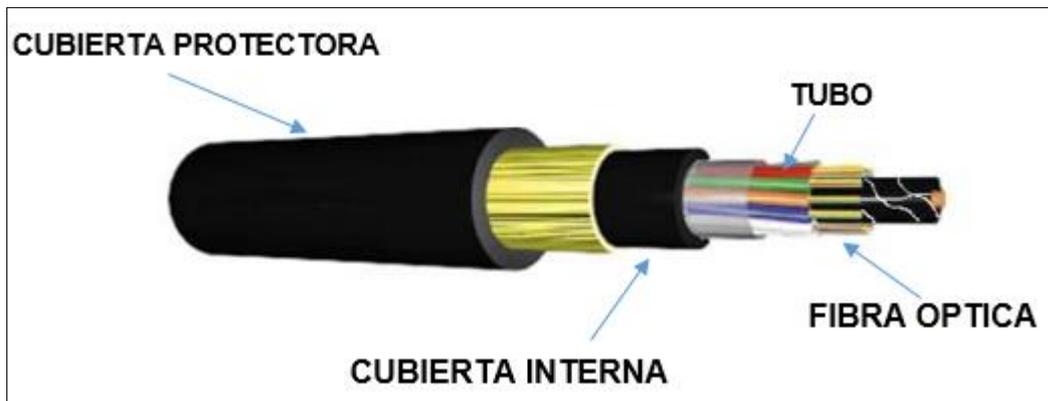


Figura 53. Descripción general fibra ADSS

Fuente: 3M Telecomunicaciones



Figura 54. Descripción detallada fibra ADSS

Fuente: 3M Telecomunicaciones

Tabla 28. Dimensiones y propiedades fibra ADSS vano 80m

<b>VANO (m)</b>	<b>80</b>
<b>CANTIDAD DE FIBRAS ÓPTICAS</b>	<b>24</b>
<b>FIBRAS POR TUBO HOLGADO</b>	<b>6</b>
<b>CANTIDAD DE TUBOS HOLGADOS</b>	<b>4</b>
<b>PESO (Kg/Km)</b>	<b>97</b>

Fuente: 3M Telecomunicaciones

Tabla 29. Condiciones ambientales y mecánicas

<b>VELOCIDAD MÁXIMA DEL VIENTO (KM/H)</b>	<b>95</b>
<b>TEMPERATURA DE OPERACIÓN (°C)</b>	-20 hasta +65
<b>FLECHA MÍNIMA DE INSTALACIÓN</b>	1.2 m

Fuente: 3M Telecomunicaciones

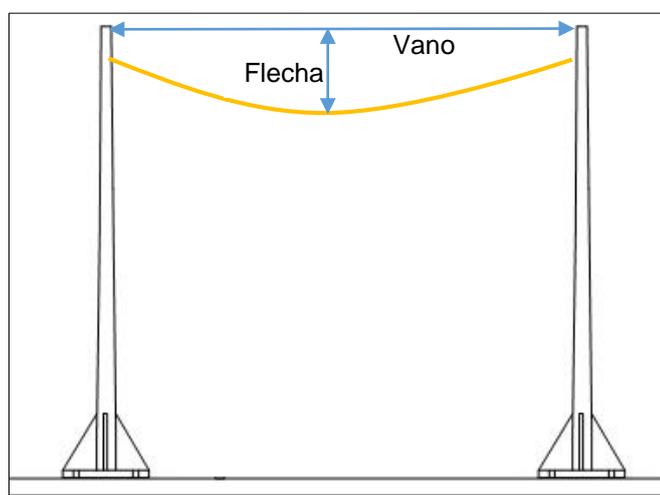


Figura 55. Flecha y vano de la fibra óptica

Fuente: Basado en Manual de Construcción CNT

La distancia de la flecha se obtiene sacando el 1.5% del vano en esta caso por tratarse de un vano de 120m da como resultado 1.8 m cabe señalar que para la fibra ADSS también existen vanos de 200 m. (Ver Figura 55)

### 3.6.2.2 HERRAJES

Los herrajes son elementos de acero los cuales permiten la sujeción del cable de fibra óptica al poste en la ruta aérea para que así se sitúen de la mejor forma posible, existen dos tipos de herrajes para redes ópticas: herraje de retención y herraje de suspensión.

Herraje de retención: en este proyecto de la red GPON se usa en la apertura (subida a poste) y finalización de una red, cuando existen cambio de direcciones prominentes es decir que el trayecto no es lineal, se emplea cuando existe una caja de distribución, un empalme que contenga manga y finalmente se usa cuando exista reserva de fibra.

El herraje de retención se complementa con brazos extensores, thimble clevis y preformados, los brazos extensores se anclan a la estructura de acero que abraza al poste, a su vez el thimble clevis brinda cierta movilidad a la estructura y es el que une el brazo extensor con el preformado este elemento es el encargado de sujetar a la fibra de forma helicoidal cabe mencionar que según el diámetro de la fibra que se utilice también se utiliza preformados con diferentes diámetros. (Ver Figura 56 )

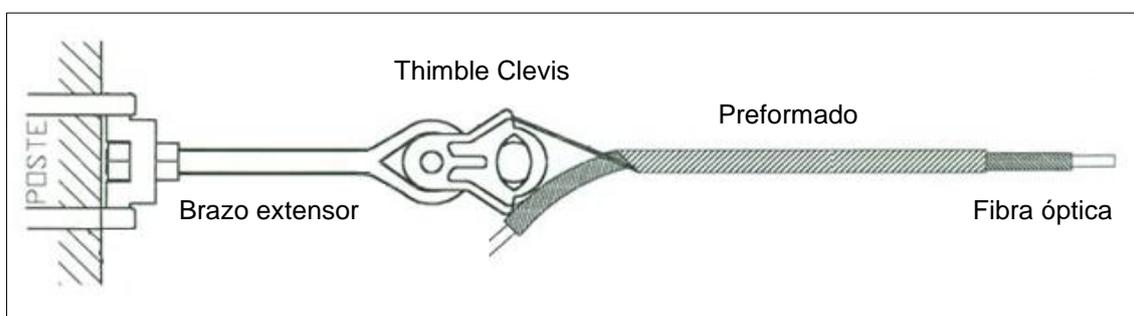


Figura 56. Estructura herraje de retención

Fuente: FEM Ltda Cadena-de-retención-fibra-óptica (2012)

Herraje de suspensión: se utiliza cuando el trayecto de la fibra es completamente lineal, la consideración que se toma en cuenta es que no se utiliza más de dos herrajes de suspensión consecutivos. (Ver Figura 57)



Figura 57. Herrajes de suspensión

Fuente: INCOM Retail HERRAJE-DE-SUSPENSION-PARA-CABLE-ADSS-+(2011)

### 3.6.3 SANGRADO TRONCAL

El sangrado de un cable de fibra óptica consiste en manipular los buffers que se necesita, sin intervenir en los hilos restantes y así dar continuidad a la fibra. (Ver Figura 58)

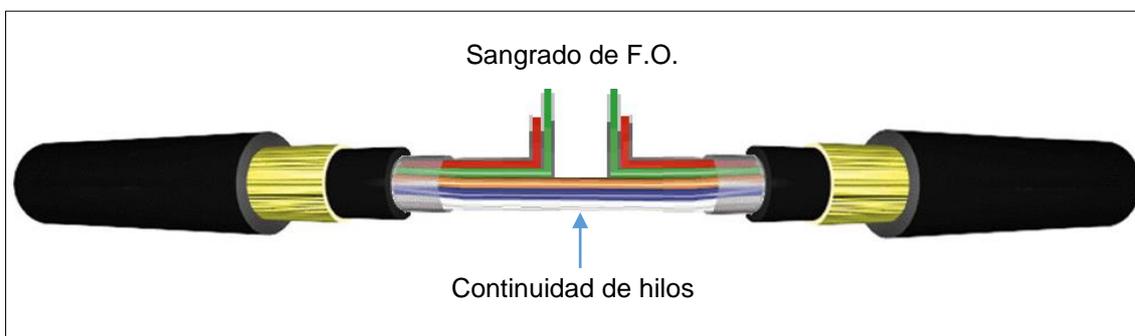


Figura 58. Sangrado de fibra óptica

Fuente: El autor

En el presente proyecto se realiza la unión de la fibra de 96 h canalizada con la fibra de 24 h aérea en el pozo 51, la misma que viaja de forma aérea desde el poste P1 hasta el P22. En la figura 58 se puede apreciar la siguiente nomenclatura FO-c\_96h la cual significa fibra óptica canalizada capacidad 96hilos la cual se aplica de la misma forma para la fibra de FO-a\_24h fibra óptica aérea capacidad 24 hilos finalmente el elemento triangular que representa la manga canalizada de 96 hilos. (Ver Figura 59)

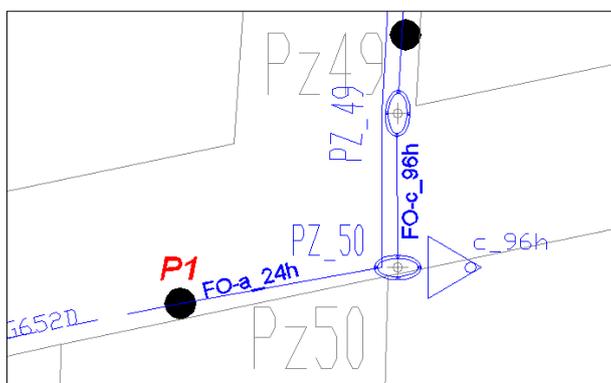


Figura 59. Unión fibra óptica 96 h con fibra óptica 24 h

Fuente: Extracto de planos constructivos de la red GPON

En el poste 22 la fibra entra hacia el pozo PZ51 en donde se realiza el sangrado, aquí se deja los 3 primeros hilos de feeder para atender la primera zona. (Ver figura 60)

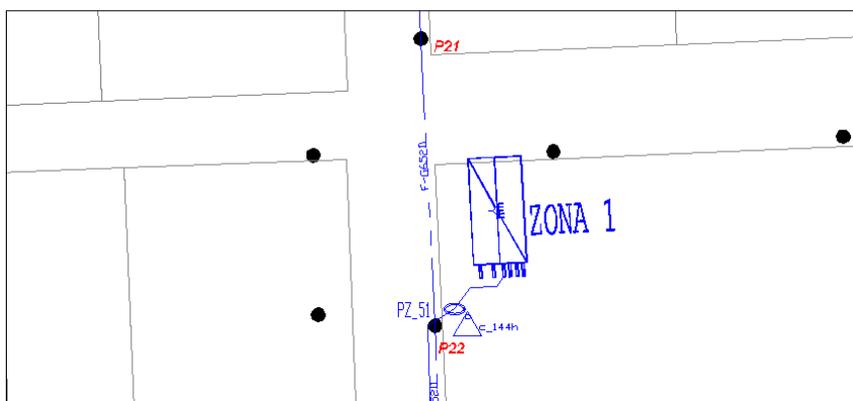


Figura 60. Sangrado tres primeros hilos para la zona 1

Fuente: Extracto de planos constructivos de la red GPON

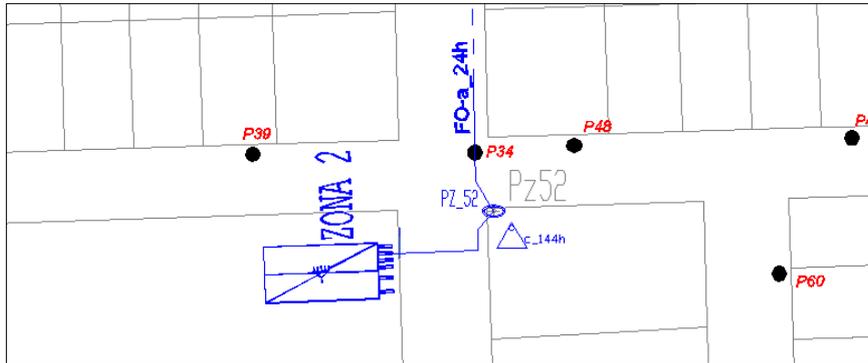


Figura 61. Continuidad de hilos 4 5 6 y 7 para la zona 2

Fuente: Extracto de planos constructivos de la red GPON

En la parte final del trayecto aéreo los siguientes hilos 4, 5, 6 y 7 siguen de forma continua desde el poste P22 hasta el poste P34 para entrar en el PZ52 y conectar el armario para así atender la zona 2. (Ver Figura 61)

### 3.6.3.1 ARMARIOS DE DISTRIBUCIÓN

El FDH<sup>19</sup> es un gabinete que se utiliza para la distribución de la red GPON este posee una capacidad de 144 puertos y como característica principal presenta la capacidad de conexiones cruzadas, entre otra particularidad del armario es que ostenta paneles de conectores los cuales ofrecen puntos para acceso y la conexiones cruzadas estos puertos son SC/APC. (Ver Figura 62)

---

<sup>19</sup> Fiber Distribution Hub



Figura 62. Armario 144 puertos

Fuente: TE Connectivity, Ltd.,

Este armario tiene una cavidad para almacenar los excesos de fibra que se generan cuando se realiza la cruzada del cable de fibra hacia los paneles de conectores.

#### 3.6.4 SPLITTER EN ARMARIO

El splitter que se utiliza en el armario es de tipo modular de dos entradas y 32 salidas (2x32), este elemento posee dos accesos, una entrada de respaldo que se encuentra en stand by y una entrada para la activación del armario.

No hay que olvidar que este componente es el mayor causante de la atenuación en la red GPON debido a la división de la señal óptica que se realiza, en esta sección la atenuación máxima es de 17,9 dB y la atenuación típica es 16.3 dB.

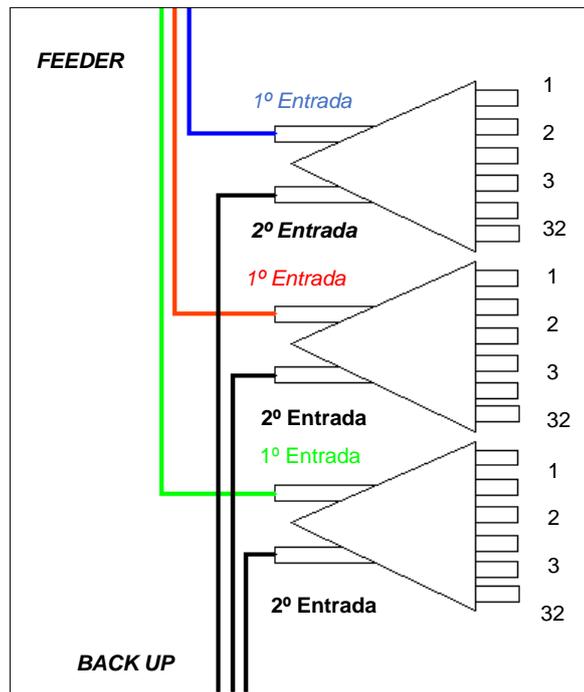


Figura 63. Conexión de hilos de feeder e hilos de respaldo (Armario N°1)

Fuente: El autor

En el armario N°1 se colocan 3 splitters tipo 2:32, en la primera entrada de cada splitter se asigna un hilo de feeder (1, 2 y 3) los cuales se derivaran en 32 salidas respectivamente teniendo una capacidad total de 96 salidas y en la segunda entrada de cada splitter está destinada para el respaldo de la red en caso de que haya una falla del feeder. La asignación de hilos está basado al código de colores de fibra óptica (TIA/EIA-598). (Ver Figura 63)

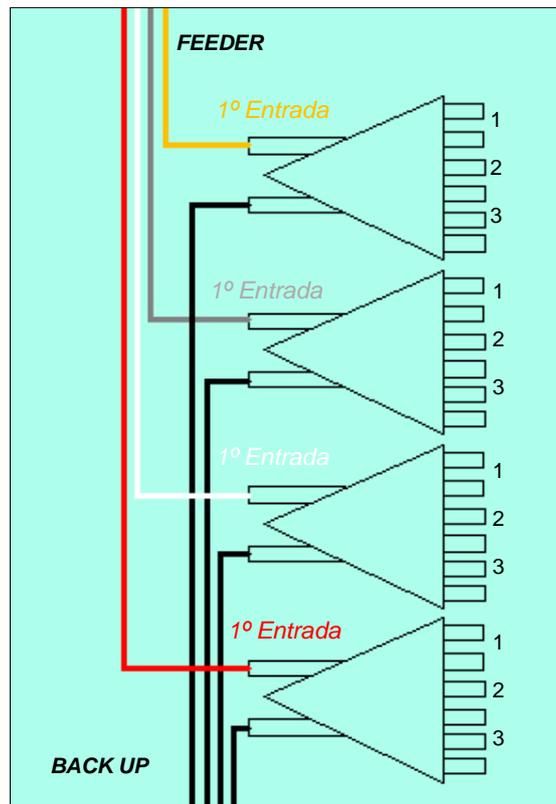


Figura 64. Conexión de hilos de feeder e hilos de respaldo (Armario N°2)

Fuente: EL autor

En el armario N°2 se instalan 4 splitter tipo 2:32, en la primera entrada de cada splitter se asigna un hilo de feeder siguiendo con la continuidad 4, 5, 6 y 7 las cuales se derivaran en 32 salidas respectivamente teniendo una capacidad total de 128 salidas y en la segunda entrada de cada splitter está destinada para la protección de la red en caso de que se presente una falla del feeder. (Ver Figura 64)

Tabla 30. Consolidado capacidad de splitters en cada armario

FEEDER HILOS	SPLITTER	CAPACIDAD BRINDADA	ARMARIO	ZONA	REQUERIMIENTO DE CLIENTES
1	32	96	N°1	1	76
2	32				
3	32				
4	32	128	N°2	2	106
5	32				
6	32				
7	32				

Fuente: El autor

La ubicación del splitter afecta directamente al costo de la red es decir cuando el splitter se encuentra lo más cerca del usuario el costo de la red disminuye mientras que si el splitter se encuentra ubicado alejado del usuario el costo de la red aumenta debido a la extensión de cables de la fibra óptica.

### 3.6.5 ESTABLECIMIENTO DE ARMARIOS

La ubicación de los armarios se fundamenta en la densidad de la población por tal motivo acorde a como se menciona en el capítulo II se crean dos áreas a las cuales se les atiende con un armario respectivamente. (Ver Figura 65)

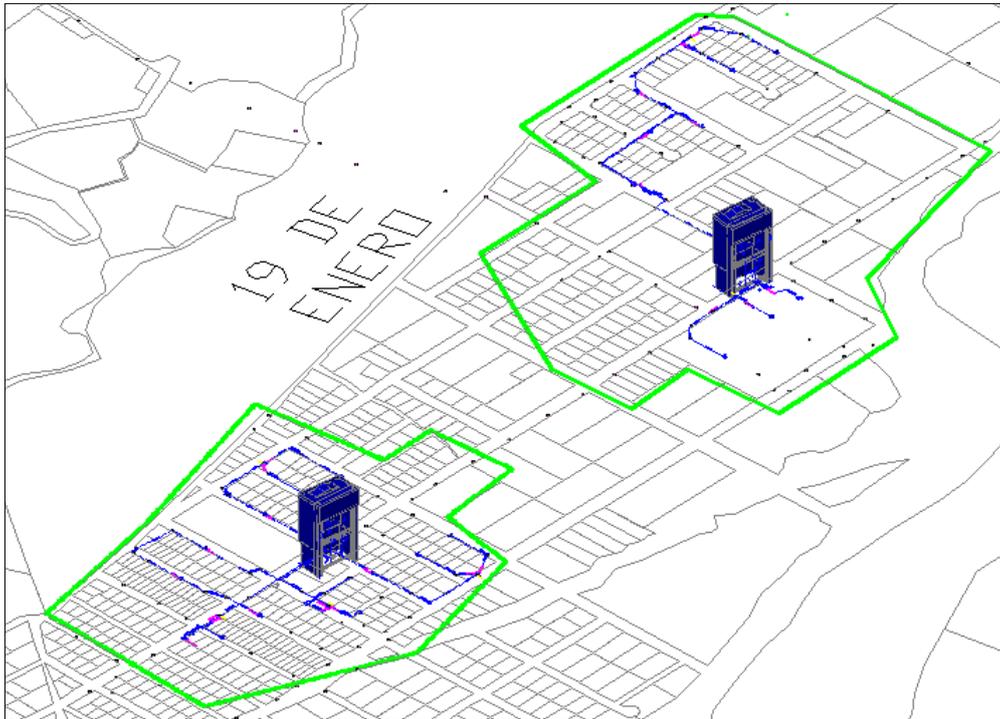


Figura 65. Plano 3D ubicación de armarios GPON

Fuente: El autor

### 3.6.6 TRAYECTO AÉREO

La red de distribución se establece desde el splitter que se instala en los armarios hasta las respectivas cajas de distribución, este diseño contempla fibras con capacidad de 8, 12, 24 y 48 hilos según la densidad de clientes. De igual manera el diseño contiene cajas de distribución con capacidad de 8 y 12 puertos.

### 3.6.6.1 DISTRIBUCIÓN ÁREA

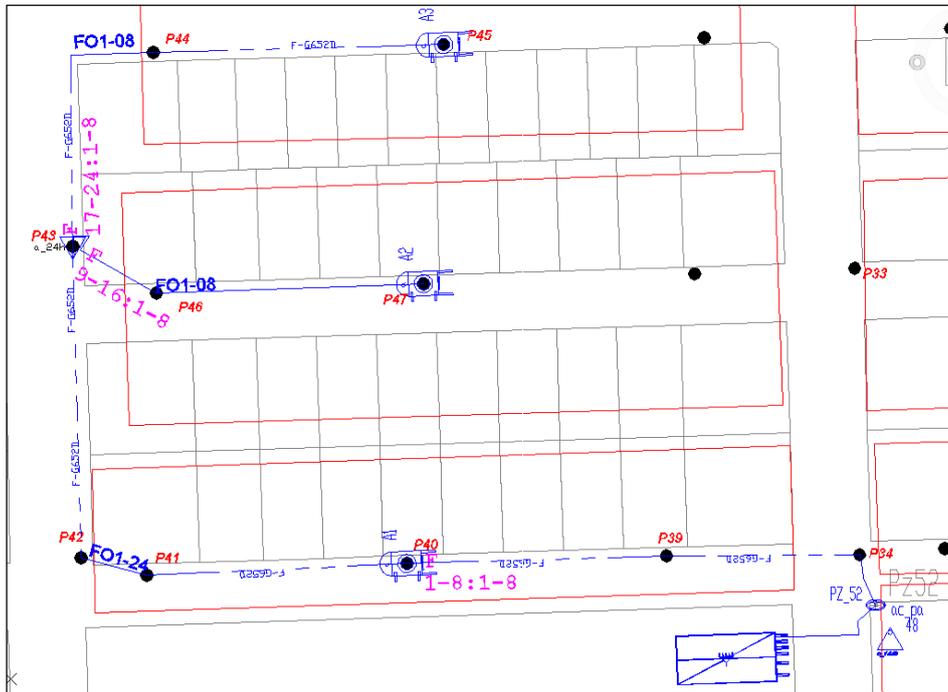
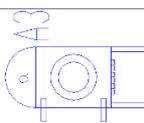
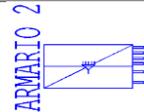


Figura 66. Fragmento red de distribución serie A (Armario 2)

Fuente: El autor

Tabla 31. Descripción de elementos para lectura de planos

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
	Caja de distribución aérea 8 puertos
	Manga aérea 24 hilos
<b>FO1-08</b>	Identificación y capacidad de la fibra
<b>F</b> <b>9-16:1-8</b>	Fusión de hilos
	Armario 144 puertos

Fuente: Normativa de dibujo manual CNT

En la figura se muestra un fragmento del plano de la red de distribución del área 2 de una fibra de 48 hilos que parte desde el armario y viaja por los poste eléctricos. (Ver Figura 66)

Las cajas de distribución tienen una capacidad de 8 puertos es decir que estas cajas pueden brindar el servicio a 8 clientes.(Ver Figura 67)



Figura 67. Caja de distribución óptica 8 puertos

Fuente: Manual Técnico de construcción CNT

Para el ingreso en la primera caja (A1) se realiza un sangrado, es decir que se toman los primeros 8 hilos de la fibra de 24 hilos sin cortar la totalidad de la fibra dando continuidad a los hilos restantes (9-24) reservados para las cajas A2 y A3.

Para el ingreso a la caja A2 se realiza un empalme para fusionar una fibra óptica con capacidad de 8 hilos en la tabla (Ver Tabla 32) se especifica los hilos que se fusiona tanto de la fibra de 24 como la de 8 hilos, para realizar el empalme se utiliza una manga tipo domo con capacidad de 24 hilos.

El procedimiento para la activación de la caja A3 es similar al de la caja anterior en este la caso los hilos a fusionar son (17-24) de la fibra de 24 hilos con los primeros hilos de la fibra de 8 hilos.

Tabla 32. Fusión de hilos de cajas de distribución y número de clientes (Serie A)

FO1-24H	FUSION DIRECTO	FO1-08H	CAJA ÓPTICA	CLIENTES
1	DIRECTO			
2	DIRECTO			
3	DIRECTO			
4	DIRECTO			
5	DIRECTO		A1	7
6	DIRECTO			
7	DIRECTO			
8	DIRECTO			
9	FUSIÓN	1		
10	FUSIÓN	2		
11	FUSIÓN	3		
12	FUSIÓN	4		
13	FUSIÓN	5	A2	8
14	FUSIÓN	6		
15	FUSIÓN	7		
16	FUSIÓN	8		
17	FUSIÓN	1		
18	FUSIÓN	2		
19	FUSIÓN	3		
20	FUSIÓN	4		
21	FUSIÓN	5	A3	8
22	FUSIÓN	6		
23	FUSIÓN	7		
24	FUSIÓN	8		

Fuente: El autor

La primera columna muestra la capacidad de la fibra que sale del armario y por ser la primera en salir se denomina como FO1 fibra óptica número 1, la siguiente columna (fusión directo) da a conocer si se fusiona con otra fibra o entra directamente a la caja de distribución, la tercera columna exhibe la

capacidad de la segunda fibra a ser fusionada o no, ya que pertenece a la primera salida del cable de 24 hilos se denomina como FO1-08, la columna caja óptica presenta un código alfanumérico para nombrar a las cajas ópticas de distribución, en esta parte cabe mencionar que por estar utilizando un armario de 144 puertos el código alfanúmero podrá extenderse hasta la caja F3 ya que se forman series de 3 como se muestra en la tabla 33.

*Tabla 33. Consolidado cajas de distribución armario 144*

<b>SERIE A</b>	<b>SERIE B</b>	<b>SERIE C</b>	<b>SERIE D</b>	<b>SERIE E</b>	<b>SERIE F</b>
<b>A1</b>	B1	C1	D1	E1	F1
<b>A2</b>	B2	C2	D2	E2	F2
<b>A3</b>	B3	C3	D3	E3	F3

Fuente: El autor

Finalmente la última columna de la tabla muestra el número de clientes que se les brinda el servicio.

La red de distribución también se construye con cajas de 12 puertos este es el caso para la serie D, del armario 1 sale una fibra de 24 hilos la cual se fusiona con una fibra de 12 hilos para activar la caja D1 y de igual manera se fusiona una fibra de 12 hilos para activar la caja D2.



Figura 68. Caja de distribución óptica 12 puertos

Fuente: Manual Técnico de construcción CNT

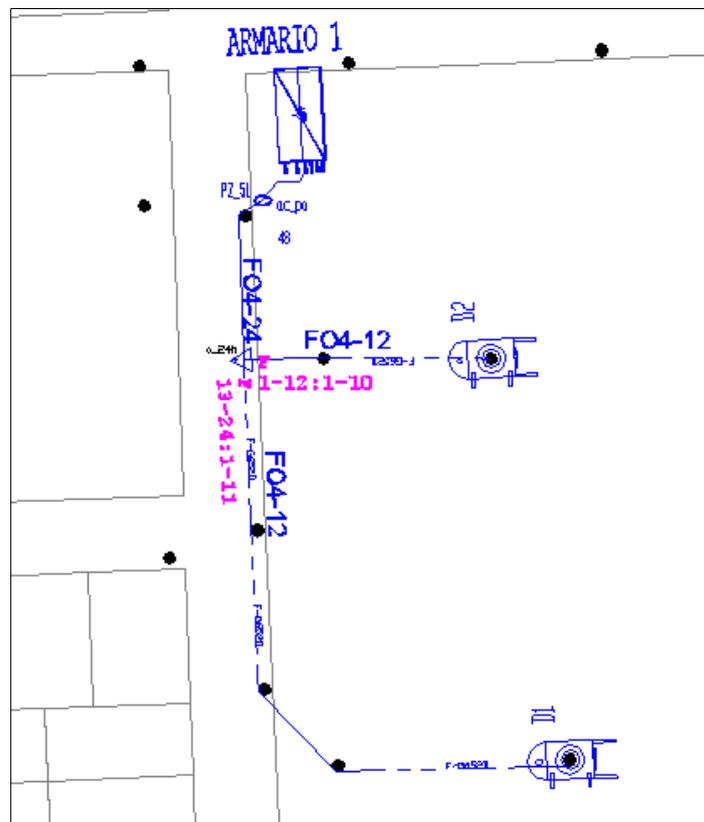


Figura 69. Fragmento red de distribución serie D (Armario 1)

Fuente: El Autor

Tabla 34. Fusión de hilos de cajas de distribución y número de clientes (Serie D)

FO3-24H	FUSION DIRECTO	FO4-12H	CAJA ÓPTICA	CLIENTES
1	FUSION	1		
2	FUSION	2		
3	FUSION	3		
4	FUSION	4		
5	FUSION	5		
6	FUSION	6		
7	FUSION	7	D1	9
8	FUSION	8		
9	FUSION	9		
10				
11				
12				
13	FUSION	1		
14	FUSION	2		
15	FUSION	3		
16	FUSION	4		
17	FUSION	5		
18	FUSION	6		
19	FUSION	7	D2	10
20	FUSION	8		
21	FUSION	9		
22	FUSION	10		
23				
24				

Fuente: El autor

### 3.6.7 CONSIDERACIONES TRAYECTO AÉREO

Para el trayecto que recorre la fibra óptica se consideran los postes eléctricos comprobando cualquier impedimento para el tendido de la fibra, asimismo se constata señales de identificación y advertencia.

Hay que asegurarse que el espacio del poste este libre en este caso la cooperativa 19 de enero no tiene una saturación de cables aéreos, por lo que es

viable la instalación, también se verifica las distancias óptimas para que la fibra no sobrepase valores de pandeo.

Se identifica cual es la mejor posición para ubicar la cajas de distribución aquí se toma en cuenta que mencionada caja debe estar lo más cerca posible a los clientes.

### 3.6.8 IDENTIFICADORES

Los identificadores son pequeñas placas generalmente de plástico las cuales sirven la identificar los cables de fibra óptica estas placas son necesarias para simplificar la detección de posibles contrariedades y para el mantenimiento de la infraestructura de la red GPON.

Estos identificadores serán de dos tipos para los cables que viajen de forma canalizada y para los que tomen la ruta aérea, cuando existan reservas en los pozos se deberá colocar dos identificadores y se deberá colocar un identificador por poste en la fibra que va por la ruta aérea

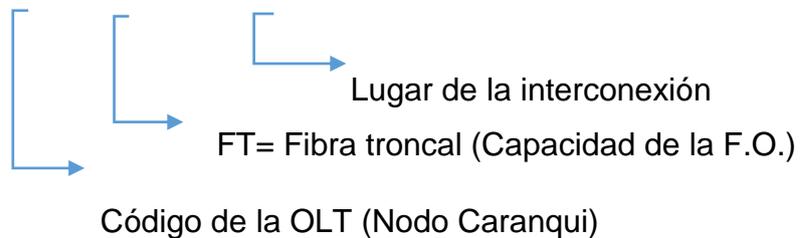
Los identificadores deberán mostrar las siguientes particularidades: Logo de CNT, Tipo la red, Código de conectividad. (Ver Figura 70)



Figura 70. Identificador aéreo para fibra ADSS

Fuente: Catálogo de planta externa CNT EP

### 399\_FT(96)\_19deEnero



## 3.6.9 DISEÑO RED DE DISPERSIÓN

La red de dispersión parte desde la caja de distribución mediante un cable óptico tipo Drop el cual va hasta la vivienda del cliente en donde se encuentra un elemento denominado roseta óptica, este se conecta con un patch cord SC/APC a la ONT.

### 3.6.9.1 CABLES DE DISPERSIÓN

El cable óptico utilizado para la red de dispersión es el ITU-T G.657 A, la cual es completamente compatible con la ITU-T G652D fibra utilizada en el mayor despliegue tanto en la red troncal y la red de distribución. (Ver Figura 71)

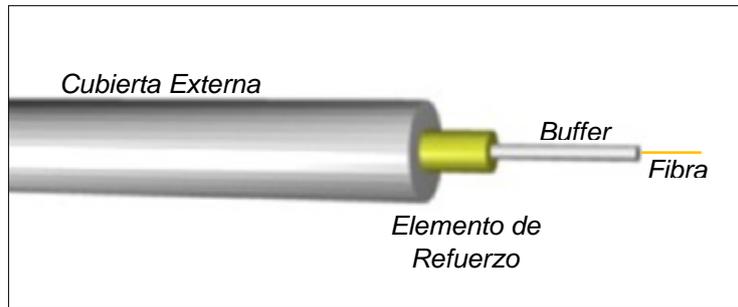


Figura 71. Cable de red de dispersión G.657A

Fuente: 3M Telecomunicaciones

Empezando desde la parte interna este cable óptico posee un solo hilo de fibra el cual es recubierto por un elemento denominado buffer y un elemento de refuerzo para la tracción del cable, finalmente posee una cubierta externa de termoplástico LSZH<sup>20</sup> que garantiza el retardo la llama y baja emisión de humo toxico.

La característica más relevante de esta fibra: resistente a las curvaturas por lo cual permite realizar giros y realizar accesos internos adecuadas para aplicaciones FTTH.

---

<sup>20</sup> LSZH. Low smoke zero halogen. Material termoplástico para revestimiento de cables que impide la emisión de humo y limita la llama.

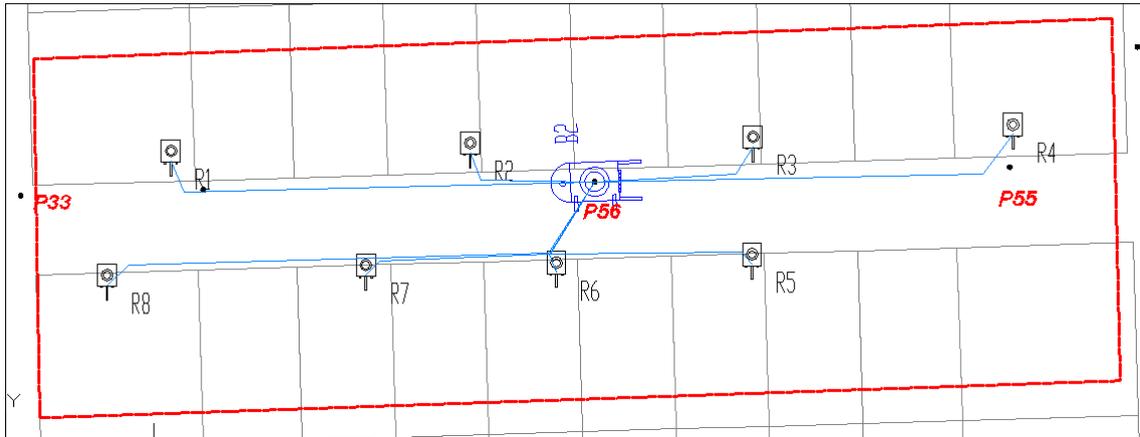


Figura 72. Fragmento red de dispersión caja (B2 Armario N°1)

Fuente: El autor

En la figura se puede apreciar que de la caja B2 del área 1 salen los cables de dispersión G657A los cuales viajan a sus respectivas rosetas es decir viajan a la casa de cada cliente, el polígono marcado con color denota el límite del área de dispersión, para finalizar el elemento que se evidencia con la letra R en el plano de construcción se denominan como rosetas ópticas. (Ver Figura 72)

### 3.7 PROCESO DE INSTALACIÓN DE UNA MANGA

Este dispositivo pasivo de planta externa es una manga tipo domo hecha de un material termoplástico sirve para la operación de fibra óptica aquí se realizara los respectivos empalmes, posteriormente también se ejecuta mantenimiento y la ampliación de nuevas derivaciones.

La manga se puede adaptar a cualquier configuración requerida en este caso se ajusta al diseño propuesto, el cierre de la manga es de un solo extremo la base se cierra con un sistema de sujeción además cumple con los requisitos de sellado y hermeticidad

Esta manga consta de 6 accesos para la fibra los cuales contienen un perfil de gel pre-instalado, las fibras que ingresan o salen deben estar en el rango de 9 mm mínimo y máximo de 25 mm de diámetro, para la limpieza de la manga y de sus componente se aconseja el uso de alcohol isopropílico esto según las recomendaciones del fabricante.

### 3.7.1 APERTURA DE LA MANGA

El primer paso para realizar este proceso es retirar la abrazadera que posee teniendo cuidado con las superficies de sellado de la base, como se observa en la figura 70 la estructura metálica ostenta 6 puertos por donde la fibra puede entrar o salir, para el presente diseño se ingresa con una fibra de 24 hilos en la manga de donde se dejara un los 3 hilos para activar el armario N°1 con capacidad de 144 puertos.



Figura 73. Manga tipo domo vista frontal

Fuente: Manual Técnico de construcción CNT

Para que la fibra ingrese correctamente a la manga se deberá buscar el punto de reversa de oscilación de la fibra este punto viene marcado en la cubierta protectora, a partir de este punto se descubrirá el cable de fibra óptica es decir

se dejará al descubierto los buffers a ser manipulados, aquí se deberá cortar el miembro central resistente a 9 cm de la cubierta protectora del cable este miembro central sirve para sujetar el cable de fibra a la manga. (Ver Figura 73)

Luego de que la fibra esté sujeta a la manga se procede a colocar el bloque de gel alrededor de la base de la manga, cabe señalar que los puertos que no se utilizaron deberán ponerse los respectivos tapones los cuales serán ajustados por el bloque de gel aumentando así la hermeticidad de la manga.

### 3.7.2 ALMACENAMIENTO DE BUFFERS

El almacenamiento de los buffers se realiza en forma de ovalo tomando las debidas precauciones de no doblar demasiado la fibra, estos buffers también contarán con el sustento de una bolsa plástica para facilitar la manipulación de los mismos, además los buffers deberán ser colocados de tal manera que cuando se desee realizar mantenimiento o realizar una nueva intervención de la manga los buffers no se encuentren cruzados

### 3.7.3 ENRUTAMIENTO DE LA FIBRA A EMPALMAR

Se debe seleccionar el buffer a empalmar, en esta sección se debe limpiar minuciosamente los hilos de fibra con alcohol isopropílico, este buffer deberá ser ubicado en la una de las ranuras de la manga en la parte más interior es decir que irá creciendo de adentro hacia afuera conforme se requiera.

Inmediatamente de haber quitado la tapa protectora los hilos de fibra se enrutan del lado A hacia el lado B posteriormente se coloca la placa en la estructura vertical de la manga sin dejar espacios, esta placa puede abarcar 4

bandejas donde se acomodaran los hilos de fibra los, la secuencia de trabajo será de abajo hacia arriba

### 3.8 RESPALDO DE LA RED GPON

Según el estándar ITU-T.G.984 en el inciso 14.2 de las posibles configuraciones y características de GPON (Anexo C) señalan que la protección de la red se considera como un mecanismo opcional ya que la aplicación o implementación de la misma depende de factores económicos, esta redundancia se emplea para mejorar la fiabilidad de la red. A continuación se presenta varios tipos de protección GPON.

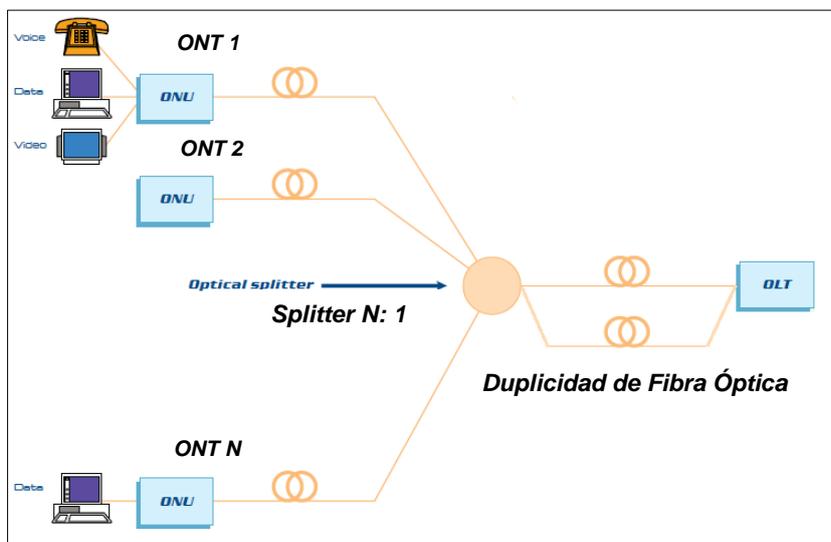


Figura 74. Protección tipo A duplicidad fibra óptica

Fuente: Basado Huawei Technologies Co., Ltd.

Esta configuración requiere la implantación de una nueva fibra feeder es decir que se duplica únicamente la fibra mas no existe una duplicidad de ONT y OLT,

finalmente esta protección solo requiere un splitter de una entrada N: 1. (Ver Figura 74)

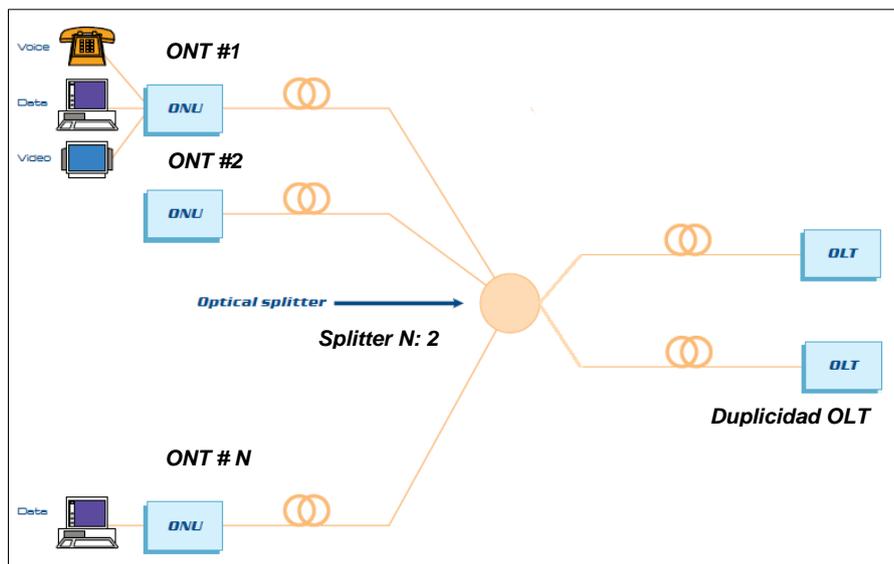


Figura 75. Protección tipo B duplicidad de OLT

Fuente: Basado Huawei Technologies Co., Ltd.

Esta configuración se destaca por implementar la duplicidad de la OLT y también utilizar un divisor óptico de dos entradas N: 2, por tal motivo se duplica la fibra que cada una ira conectada a su respectiva OLT.(Ver Figura 75)

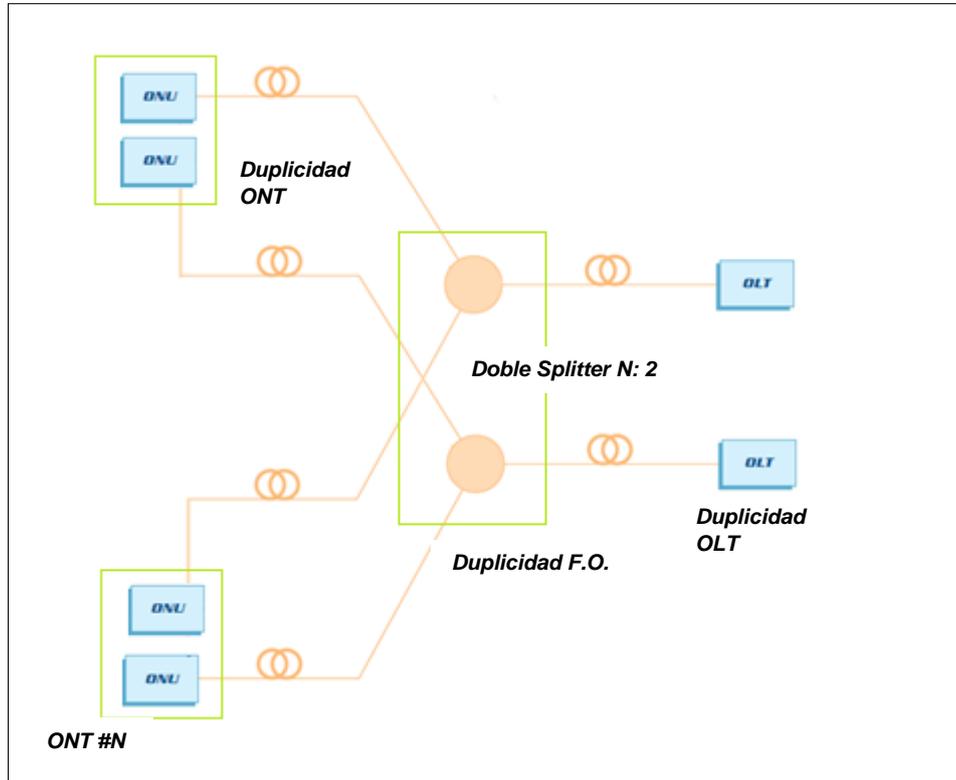


Figura 76. Protección tipo C duplicidad OLT y ONT

Fuente: Basado Huawei Technologies Co., Ltd.

Esta configuración es la que posee la más alta fiabilidad ya que duplica tanto la OLT como la OTN y por obvias condiciones también se duplica el medio de transmisión como es la fibra óptica. (Ver Figura 76)

### 3.8.1 ELECCIÓN SISTEMA DE PROTECCIÓN

De las posibilidades descritas anteriormente se escoge como sistema de protección al sistema tipo B a continuación se da la justificación de haber escogido este sistema de respaldo para el presente proyecto.

Para el primer caso la configuración tipo A presenta duplicidad de fibra óptica pero no posee contingencia en caso de que la OLT falle por lo que toda la red GPON caerá lo cual no es atractivo al momento de querer recuperar el servicio para los abonados.

La tercera configuración si bien presenta una alta disponibilidad su implementación representa el doble de la inversión requerida. Como primer punto a favor del sistema de protección tipo B es que en los planes de despliegue GPON de la CNT se considera situar una OLT de las mismas características pero de menor capacidad, por lo expuesto este equipo se considera como la duplicidad de la OLT Caranqui, el segundo punto es que se aprovecha el splitter de doble entrada N: 2 que se encuentra en los dos armarios antes descritos.

### 3.8.2 RUTA DE RESPALDO DE LA RED GPON

El respaldo de la red contempla partir con un nuevo enlace de fibra troncal desde el Nodo San Antonio, se considera como nodo estratégico ya que será el punto de partida para el cable de fibra óptica con capacidad de 48 hilos y será que el que brinde el respaldo para el sector 19 de Enero. (Ver Figura 77 )

La fibra de 48 hilos parte desde el Nodo San Antonio aproximadamente recorre 1,9 Km por canalización existente luego previo a una verificación en campo se escogió la mejor ruta para desplegar el cable de forma aérea con una longitud de 3,8 Km aproximadamente hasta llegar el sector a atenderse, el recorrido de redundancia se encuentra detallado en el Anexo E de planos de construcción.

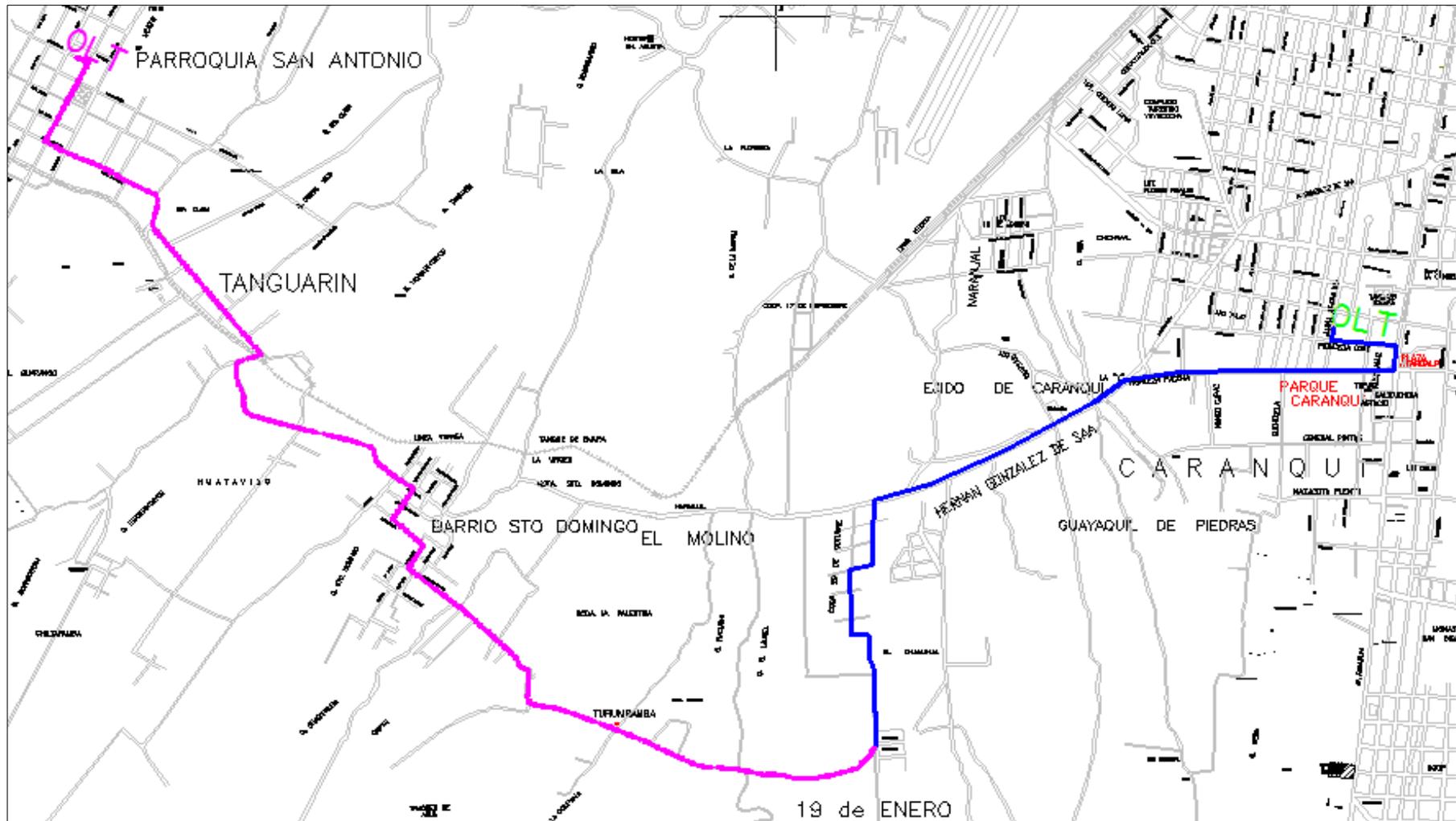


Figura 77. Ruta de respaldo color (magenta) y ruta trocal color (azul)

Fuente: Captura de pantalla planimetría Ibarra CNT

## **CAPÍTULO IV**

### **4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

En este capítulo se efectuará las pruebas para garantizar el funcionamiento de la red GPON, esto se alcanzará utilizando el software OPTISYSTEM que permitirá realizar una simulación, luego se planificará un estudio del enlace óptico para lograr la potencia necesaria en el diseño del enlace.

#### **4.1 MARGEN DE PÉRDIDAS**

En el momento que se va a realizar el diseño se debe tomar en cuenta que los valores a ser utilizados deben tener una referencia con los valores de fabricante o basarse en una norma ya definida como por ejemplo la ITU-T G.957.

Al margen de pérdida de se considera como un factor de seguridad para la potencia óptica, ya que la ODN puede sufrir alteraciones que no se consideraron en el diseño por lo tanto se incrementa dB extras a los requerimientos de la potencia óptica.

Son múltiples los cambios que puede sufrir la ODN en lo que respecta a la potencia óptica, los factores pueden ser el paso del tiempo sobre los elementos ópticos activos y pasivos, posibles conectores desacoplados, fusiones que se pueden realizar al momento de una reparación o cuando se da mantenimiento a la red.

Según el estándar ITU-T G.957 especifica que un margen de pérdida entre 3 y 4.8 dB (Anexo C) debe ser considerado entre el transmisor el equipo receptor para compensar la posible degradación del equipo.

## **4.2 PRESUPUESTO DE POTENCIA ÓPTICA**

El presupuesto de potencia óptica es la diferencia entre la potencia de la señal transmitida y las pérdidas producidas por los varios mecanismos que introducen la atenuación al enlace. Este cálculo representa el máximo y el mínimo de perdidas aceptables para las combinaciones de componentes aplicados y tienen como objetivo verificar si el enlace que está proyectando presenta condiciones de dar soporte al conjunto transmisor/receptor.

Los empalmes de fibras ópticas, ya sean mecánicos o por fusión, no pueden sobrepasar el valor máximo de atenuación de 0,3dB de acuerdo con la normas EIA/TIA-455-59 o EIA/TIA-455-34. Se recomienda la utilización de empalmes por fusión, que proporcionan menor atenuación.

Además de los resultados de pérdida de inserción medidos, deben suministrarse el largo de cada fibra y el valor esperado de pérdida de inserción, que debe calcularse con la fórmula de ANSI/TIA/EIA-568B.1.

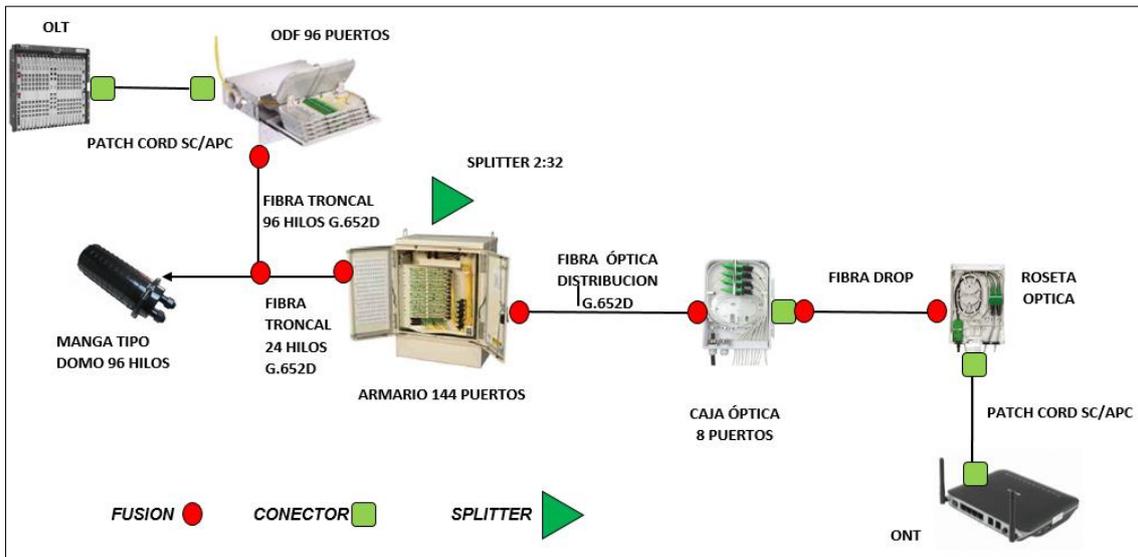
La pérdida medida deberá dividirse por el largo de la fibra, en km, para encontrar el valor en dB/km, que deberá ser como máximo, igual a los valores de las perdidas determinadas por la Norma EIA/TIA 568-B.1, en caso contrario deberá recalcularse el canal.

En la práctica, el receptor necesita un valor mínimo de pérdida para que funcione correctamente. En caso el valor del Power Budget sea inferior al rango dinámico del receptor, deberá introducirse una atenuación en el enlace proyectado y deberán instalarse atenuadores fijos o variables en los conectores. Estos su vez elevaran la pérdida total del enlace.

En caso el valor del Power Budget sea superior al rango dinámico del receptor, deberá proyectarse nuevamente el canal con fibras más eficientes o con una cantidad menor de empalmes o conectores. La distancia del enlace influye en estos valores. (Furukawa, 2009)

Específicamente para este caso las pruebas del presupuesto óptico se realizan desde el patch cord que conecta la OLT con el ODF, luego pasa por la fibra de 96 hilos y llega a una manga donde se realiza el empalme de con una fibra de 24 hilos como ya se definió anteriormente las fibras serán G.652D, la fibra 24 hilos será la que llega hasta el armario en donde intervendrá el splitter 1x32 a partir de este punto se desplegaran fibras de distribución que se conectarán a una caja de distribución y finalmente con cable drop G.657A se llegará hacia la ON. (Ver Figura 78)

Figura 78. Elemento que intervienen en el presupuesto óptico



Fuente: Basado Huawei Technologies Co., Ltd.

A continuación se muestra los valores de las atenuaciones de fusiones, de los conectores, y la atenuación que tiene la fibra en las ventanas de transmisión down y up.

- Atenuación por fusión: **0.1 dB** según la recomendación ITU-758<sup>21</sup>
- Atenuación por conector: **0.5 dB** según la recomendación ITU-T G.671<sup>22</sup>
- Atenuación por splitter 2:32: **16.3 dB** según recomendación del fabricante TE Connectivity, Ltd.
- Atenuación de la fibra ventana (1310): **0.35 dB** según recomendación ITU-T G.652<sup>23</sup>

<sup>21</sup> Recomendación: Planta externa de telecomunicaciones infraestructura estándar.

<sup>22</sup> Recomendación: Características de transmisión de los componentes y subsistemas ópticos

<sup>23</sup> Recomendación: Medios de transmisión y características de los sistemas ópticos - cables de fibra óptica

- Atenuación de la fibra ventana (1490): **0.30 dB** según recomendación ITU-T G.652

A continuación un ejemplo del presupuesto óptico tomando las pérdidas que se generan hasta la caja A1 del armario N°2, tomando en cuenta la ventana downstream (1490nm) y upstream (1310 nm).

#### 4.2.1 ATENUACIÓN FIBRA ÓPTICA VENTANA (1490 NM)

Atenuación por distancia

$$Atfo = distancia [Km] * atenuación fibra óptica [dB/Km]$$

$$Atfo = 5,09 [Km] * 0,30 [dB/Km]$$

$$Atfo = 1,53 dB$$

Atenuación conectores

$$Atc = número de conectores * atenuación conector [dB]$$

$$Atc = 5 * 0.5 [dB]$$

$$Atc = 2,5 dB$$

Atenuación por fusión

$$Atf = número de fusiones * atenuación por fusión [dB]$$

$$Atf = 7 * 0.1 [dB]$$

$$Atf = 0,7 dB$$

Atenuación por splitter 2:32

$$Ats = número de splitter * atenuación de splitter [dB]$$

$$Ats = 1 * 16,3 [dB]$$

$$Ats = 16,3 dB$$

Atenuación total

$$Att = Atfo[dB] + Atc[dB] + Atf[dB] + Ats[dB]$$

$$Att = 1,52 [dB] + 2,5 [dB] + 0,7 [dB] + 16,3 [dB]$$

$$Att = 21,03 dB$$

Tabla 35. Acumulación de pérdidas ventana (1490nm) caja AI Armario N°2

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1490 nm	5,09	0,3	1,53
TOTAL dB				21,03

Fuente: Basado ANSI/TIA/EIA-568B.1

#### 4.2.2 ATENUACIÓN FIBRA ÓPTICA VENTANA (1310 NM)

Atenuación por distancia

$$Atfo = distancia [Km] * atenuación fibra óptica[dB/Km]$$

$$Atfo = 5,09[Km] * 0,35[dB/Km]$$

$$Atfo = 1,78 dB$$

Atenuación conectores

$$Atc = número de conectores * atenuación conector [dB]$$

$$Atc = 5 * 0.5[dB]$$

$$Atc = 2,5 dB$$

### Atenuación por fusión

$$Atf = \text{número de fusiones} * \text{atenuación por fusión [dB]}$$

$$Atf = 7 * 0.1[\text{dB}]$$

$$Atf = 0,7 \text{ dB}$$

### Atenuación por splitter 2:32

$$Ats = \text{número de splitter} * \text{atenuación de splitter [dB]}$$

$$Ats = 1 * 16,3 [\text{dB}]$$

$$Ats = 16,3 \text{ dB}$$

### Atenuación total

$$Att = Atfo[\text{dB}] + Atc[\text{dB}] + Atf[\text{dB}] + Ats[\text{dB}]$$

$$Att = 1,78 [\text{dB}] + 2,5 [\text{dB}] + 0,7 [\text{dB}] + 16,3 [\text{dB}]$$

$$Att = 21,28 \text{ dB}$$

Tabla 36. Acumulación de pérdidas ventana (1310nm) caja A1 Armario N°2

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	5,09	0,35	1,78
TOTAL dB				21,28

Fuente: Basado ANSI/TIA/EIA-568B.1

Hay que aclarar en el elemento cable se tiene 5,2 Km de longitud hasta la caja A1 medida que se hace referencia en el Anexo E de planos de construcción

El resultado de la pérdida hasta esa caja es de 24,12 dB, resultado que no supera el valor máximo de 25dB, el presupuesto óptico se realizara a cada una de las cajas de la zona 1 y la zona 2 que se detallara en el Anexo E

#### **4.3 PRESUPUESTO ÓPTICO DE RESPALDO DE LA RED GPON**

El presupuesto óptico de la red de respaldo parte desde la OLT en el nodo San Antonio donde se considera un patch cord SC/APC que se conecta con un odf de 96 puertos a partir de este elemento se despliega la fibra óptica con capacidad de 48 hilos G.652D canalizada con una distancia aproximada de 1939 m , posteriormente con la intervención de una manga se fusiona a una fibra aérea de 48 hilos que va en dirección al sector 19 de enero, finalmente llega al armario de 144 en donde se encuentra el splitter de doble entrada al cual será fusionado.

En este caso se obtiene el presupuesto óptico en base a la distancia de la caja más alejada D3 del armario N°2, al obtener el balance óptico de esta caja se justifica que las demás cajas tienen una menor atenuación a la caja señalada por encontrarse a menor distancia. (Ver Figura 79)

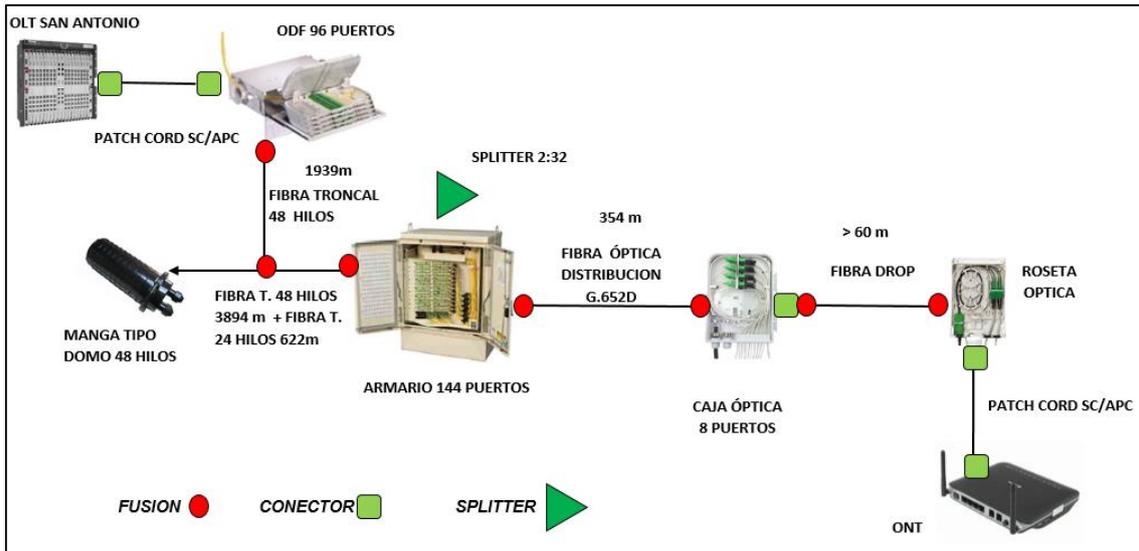


Figura 79. Presupuesto óptico back up

Fuente: Basado Huawei Technologies Co., Ltd.

#### 4.3.1 ATENUACIÓN FIBRA ÓPTICA BACK-UP VENTANA (1490 NM)

Atenuación por distancia

$$Atfo = distancia [Km] * atenuación fibra óptica [dB/Km]$$

$$Atfo = 6,8 [Km] * 0,30 [dB/Km]$$

$$Atfo = 2,04 dB$$

Atenuación conectores

$$Atc = número de conectores * atenuación conector [dB]$$

$$Atc = 5 * 0,5 [dB]$$

$$Atc = 2,5 dB$$

#### Atenuación por fusión

$$Atf = \text{número de fusiones} * \text{atenuación por fusión [dB]}$$

$$Atf = 7 * 0.1[\text{dB}]$$

$$Atf = 0,7 \text{ dB}$$

#### Atenuación por splitter 2:32

$$Ats = \text{número de splitter} * \text{atenuación de splitter [dB]}$$

$$Ats = 1 * 16,3 [\text{dB}]$$

$$Ats = 16,3 \text{ dB}$$

#### Atenuación total

$$Att = Atfo[\text{dB}] + Atc[\text{dB}] + Atf[\text{dB}] + Ats[\text{dB}]$$

$$Att = 2,04 [\text{dB}] + 2,5 [\text{dB}] + 0,7 [\text{dB}] + 16,3 [\text{dB}]$$

$$Att = 21,54 \text{ dB}$$

Tabla 37. Acumulación de pérdidas ventana (1490nm) caja D3 Armario N°2

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1490 nm	6,8	0,3	2,04
TOTAL dB				21,54

Fuente: Basado ANSI/TIA/EIA-568B.1

#### 4.3.2 ATENUACIÓN FIBRA ÓPTICA BACK-UP VENTANA (1310 NM)

$$Atfo = \text{distancia [Km]} * \text{atenuación fibra óptica [dB/Km]}$$

$$Atfo = 6,8[\text{Km}] * 0,35[\text{dB/Km}]$$

$$Atfo = 2,38 \text{ dB}$$

### Atenuación conectores

$$Atc = \text{número de conectores} * \text{atenuación conector [dB]}$$

$$Atc = 5 * 0.5[dB]$$

$$Atc = 2,5 \text{ dB}$$

### Atenuación por fusión

$$Atf = \text{número de fusiones} * \text{atenuación por fusión [dB]}$$

$$Atf = 7 * 0.1[dB]$$

$$Atf = 0,7 \text{ dB}$$

### Atenuación por splitter 2:32

$$Ats = \text{número de splitter} * \text{atenuación de splitter [dB]}$$

$$Ats = 1 * 16,3 [dB]$$

$$Ats = 16,3 \text{ dB}$$

### Atenuación total

$$Att = Atfo[dB] + Atc[dB] + Atf[dB] + Ats[dB]$$

$$Att = 2,38 [dB] + 2,5 [dB] + 0,7 [dB] + 16,3 [dB]$$

$$Att = 21,88 \text{ dB}$$

Tabla 38. Acumulación de pérdidas ventana (1310nm) caja D3 Armario N°2

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	6,8	0,35	2,38
TOTAL dB				21,88

Fuente: Basado ANSI/TIA/EIA-568B.1

#### 4.4 DESCRIPCIÓN DEL SIMULADOR OPTISYSTEM

Optisystem es un software que pertenece a Optiwave Corporation, este programa permite realizar simulaciones de sistemas de comunicaciones ópticas en donde este entorno facilita el diseño y pruebas de cualquier ejemplar de enlace óptico. (Ver Figura 80)

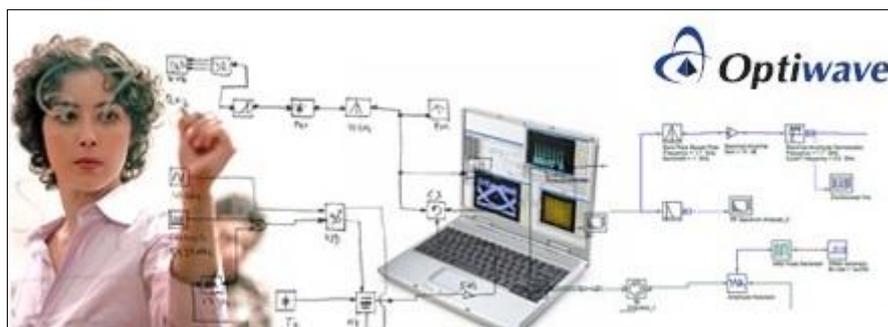


Figura 80. Presentación del software optisystem

Fuente: Optiwave

Las capacidades del simulador son ampliamente fáciles de adicionar ya que posee herramientas compatibles como OptiAmplifier, OptiBPM herramientas de diseño de Optiwave, además posee una alta gama de librería de componentes activos, pasivos incluyendo la simulación realista lo que lo hace un software robusto para la simulación de enlaces ópticos.

Entre la gran variedad de aplicaciones que puede realizar Optisystem se encuentran diseño de redes SONET/SDH redes PON aplicaciones WDM en donde se puede modelar tanto transmisor receptor y canal, además este software ostenta un módulo de Matlab que es capaz de agregar nuevos elementos al software.

#### **4.5 SIMULACIÓN DE LA RED GPON**

La simulación de la red consta de 4 partes fundamentales las cuales son la OLT, la fibra óptica, el splitter y la ONT, en la red propuesta se utiliza varios módulos que componen estas 4 secciones las cuales poseen elementos que son especificaciones predeterminadas y/o complementarias del módulo que se está utilizando.(Ver Figura 8)

Los módulos a los que se hace referencia son el Downstream Transmitter que es el componente más importante de la OLT, módulo Bidirectional Fiber que simula el medio de transmisión es decir la fibra óptica, módulo splitter GPON es el elemento que divide la señal 1x32, finalmente en la ONT tiene el módulo BER Analyzer que es el encargado de mostrar el diagrama de ojo de la red GPON.

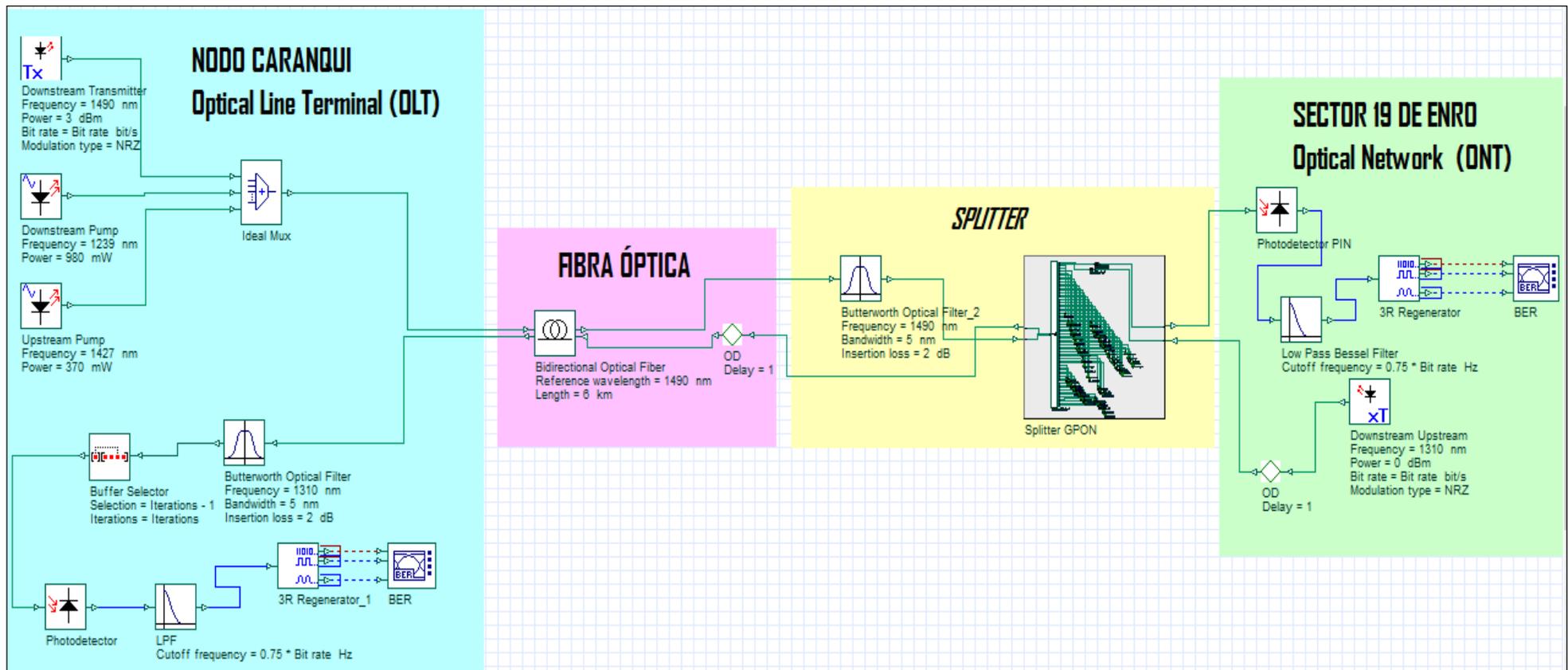


Figura 81. Simulación de la red GPON

Fuente: Captura de pantalla simulador Optisystem

#### 4.5.1 CONFIGURACIÓN DE TRANSMISIÓN OLT

Para la configuración de la OLT se debe tener en cuenta los parámetros acerca de la tarjeta de servicio GPON que se hace referencia en la tabla 20 el primer parámetro a configurar es la longitud de onda operativa 1490nm ya que se trata de la longitud de onda que envía los pulsos, el segundo parámetro importante es la potencia de salida y por tratarse de una clase B+ se puede considerar entre los valores de +1.5 y +5 dBm, en esta caso se ingresa el valor de +1.5 dBm (Ver Figura 82), finalmente se ingresa el código de línea NRZ (Non Return to Zero ) para el sentido descendente y ascendente según la norma ITU-T G.984. (Ver Figura 83)

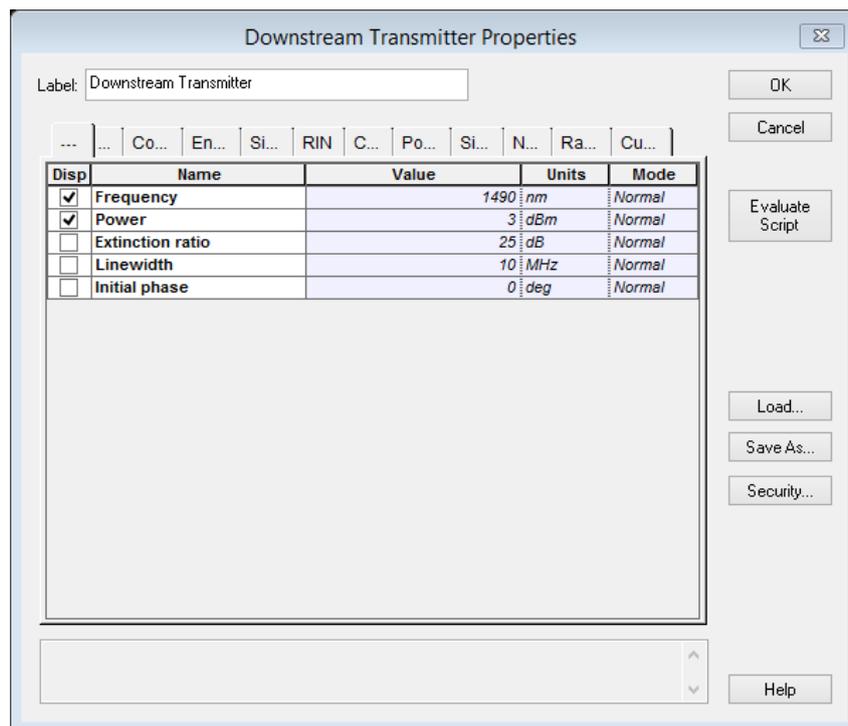


Figura 82. Configuración ventana de transmisión y potencia de salida

Fuente: Captura de pantalla simulador Optisystem

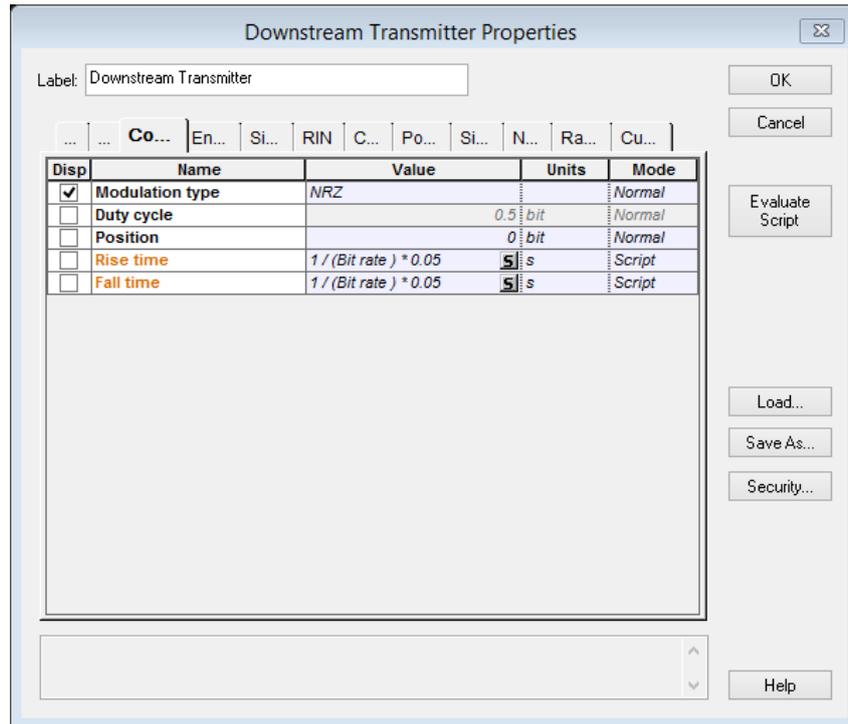


Figura 83. Configuración código de línea

Fuente: Captura de pantalla simulador Optisystem

#### 4.5.2 CONFIGURACIÓN DE LA FIBRA OPTICA

Para la simulación de la fibra óptica se utiliza el dispositivo Optical Fiber que se caracteriza por ser una fibra monomodo bidireccional en donde las señales de luz son transmitidas en ambas direcciones, este elemento es el que interconecta la OLT con el splitter.

Este elemento permite introducir los valores de distancia este caso se llena la casilla length con el valor de 6 Km que es una longitud que considera el peor de los casos lo cual prueba el desempeño de la red G-PON en un caso extremo ya que la trayecto más alejado es el que se señala el inciso. Adicionalmente se puede introducir valores de atenuación de la fibra, valores de dispersión entre otros, el más significativo es la referencia de longitud de onda en este caso

como se está analizando desde la OLT en dirección a la ONT se utiliza como referencia 1490 nm. (Ver Figura 84)

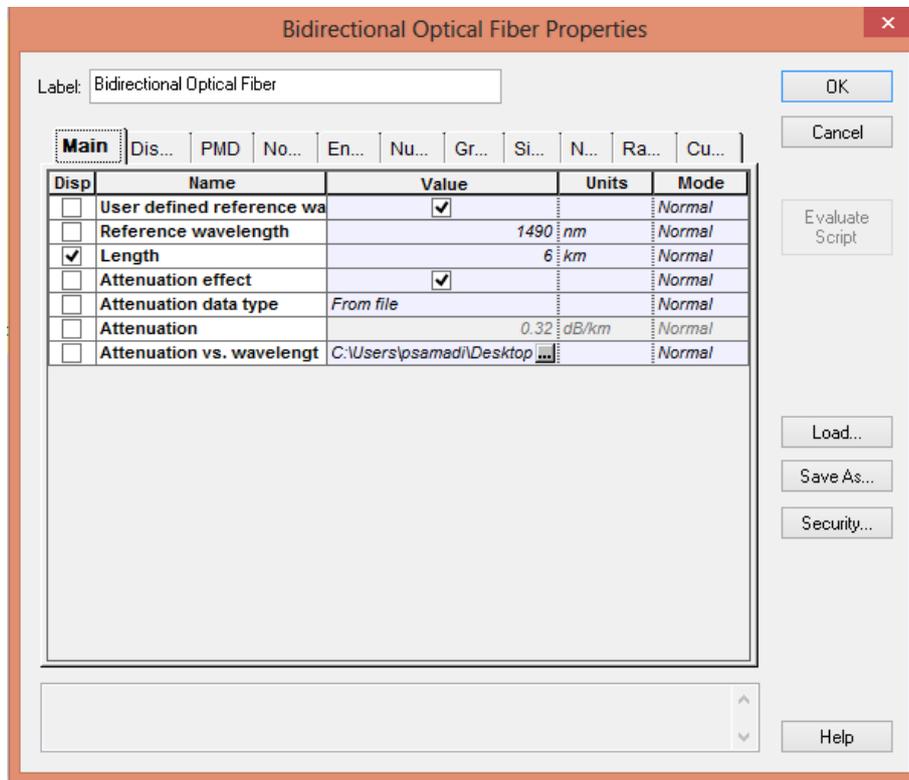


Figura 84. Configuración propiedades fibra óptica

Fuente: Captura de pantalla simulador Optisystem

#### 4.5.3 SPLITTER G-PON

Entre la amplia librería de optisystem se encuentra el dispositivo pasivo que divide la señal óptica, para este proyecto se utiliza el splitter 1x32 esto acorde al diseño ya definido. (Ver Figura 85)

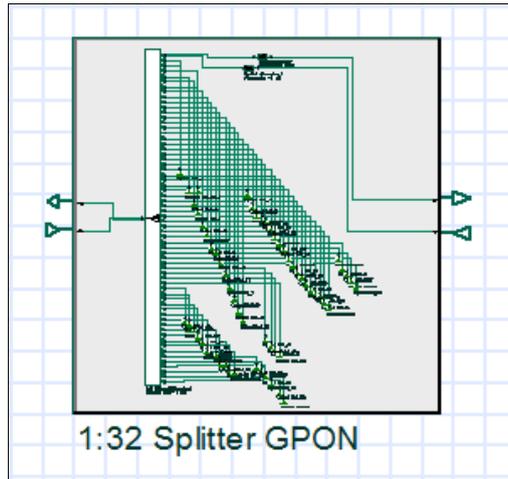


Figura 85. Splitter 1x32

Fuente: Captura de pantalla simulador Optisystem

#### 4.5.4 PROPIEDADES DE LA ONT

Este módulo de contiene un detector de luz en este caso un fotodetector PIN, (Ver Figura 86) el cual tiene como objetivo transformar la señal óptica en una señal eléctrica convirtiéndose en el primer elemento que conforma la ONT.

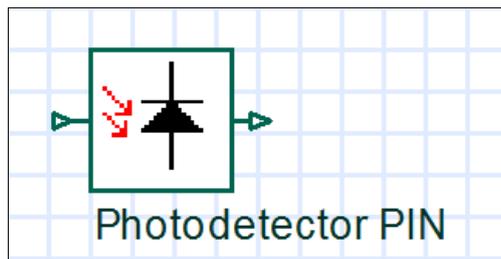


Figura 86. Módulo fotodetector PIN

Fuente: Captura de pantalla simulador Optisystem

El módulo 3R Regenerator es el elemento que regenera la señal eléctrica, en donde la primera salida es la secuencia de bits, la segunda es una señal NRZ

modulada y el último puerto es una copia de la señal de entrada, las cuales son conectadas directamente al BER Analyzer. (Ver Figura 87)

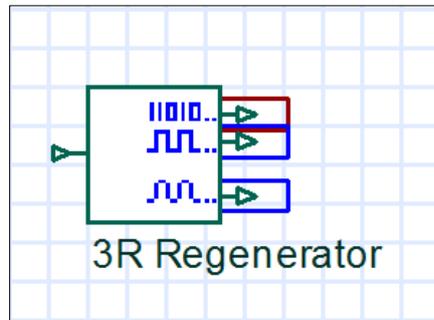


Figura 87. Módulo 3R Regenerator

Fuente: Captura de pantalla simulador Optisystem

#### 4.6 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Optisystem 13.0 a través de su módulo (BER Analyzer) permite calcular la tasa de bits errados BER, en esta sección se aprecia el número de bits admitidos de forma errónea respecto al total de bits transmitidos todo esto durante un determinado intervalo de tiempo.

La simulación se la realiza con el objetivo de tener una apreciación de la calidad del enlace óptico a través del diagrama del ojo.

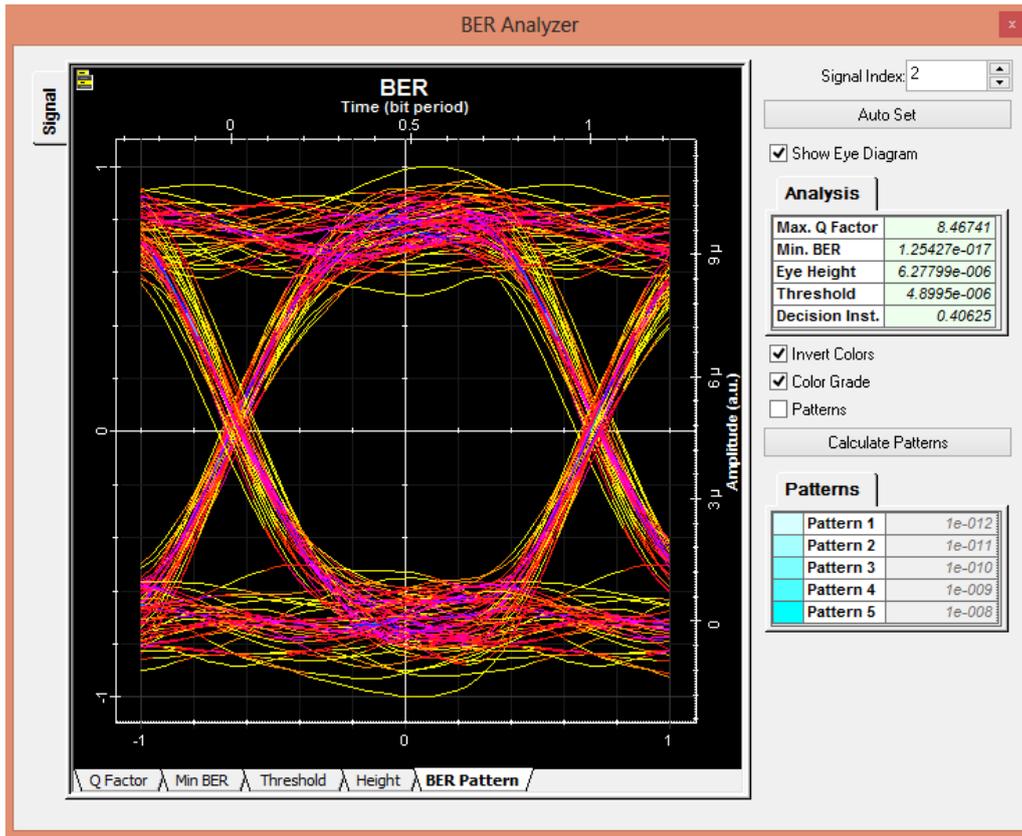


Figura 88. Diagrama del ojo

Fuente: Captura de pantalla simulador Optisystem

En la figura se aprecia un diagrama que exhibe la transposición de las diferentes combinaciones posibles de 1's y 0's en un rango de tiempo

Según la norma ITU-T G.984 la tasa de bits errados debe ser menor a  $1 \times 10^{-10}$  lo cual implica que se genera un bit errado de 10 000 millones de bits transmitidos.

En el presente proyecto se tiene un resultado  $1 \times 10^{-17}$  el cual indica que por cada bit errado se transmiten  $10^{17}$  bits, por lo cual se cumple que la tasa de bits errados sea menor a  $1 \times 10^{-10}$  según la norma anteriormente señalada. (Ver Figura 88)

#### **4.7 MEDICIONES DE LINKS ÓPTICOS- POWER METER Y OTDR**

#### **4.8 CERTIFICACIÓN Y PRUEBAS EN FIBRAS ÓPTICAS**

Existe un proceso para la recepción de la red el cual debe cumplir estrictamente el valor de la atenuación que sea menor a los 25 dB como se señaló anteriormente.

En este proceso la red no debe ser activada mientras no pase la certificación después de que se haya medido la atenuación de la red GPON si fuera necesario se ejecutara las respectivas correcciones.

Por tales motivos a continuación se plantea las pruebas que se puede realizar para el correcto funcionamiento de la red óptica

#### **4.9 MEDICIONES REALIZADAS EN EL LABORATORIO**

Si bien es cierto que los cables salen probados preliminarmente de fábrica, es ineludible realizar las pruebas de campo antes e inmediatamente después de la instalación las pruebas que se realizan son de continuidad y atenuación con esto se podrá valorar el enlace y observar si se conservaron las especificaciones originales de fábrica.

Hay que tener mucho cuidado cuando se realicen las pruebas, si en el extremo de la fibra óptica ya se encuentra un equipo activo que emite luz, no se debe mirar directamente la fibra óptica ya que los equipos activos operan con luz infrarroja que pueden perjudicar gravemente la visión de quien este manipulando la fibra, en la figura se puede apreciar el logo que advierte la emisión de luz. (Ver figura 89)

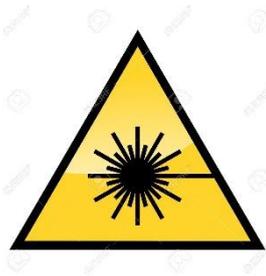


Figura 89. Señal de advertencia fuente óptica

Fuente: Huawei Technologies Co., Ltd

#### 4.9.1 PRUEBAS DE CONTINUIDAD

La prueba de continuidad consiste en confirmar la emisión de luz de un extremo al otro extremo de la fibra óptica, esta prueba radica en utilizar un elemento activo llamado VFL<sup>24</sup> el cual actúa como fuente luminosa de forma continua o intermitente generalmente laser en color rojo

#### 4.9.2 PRUEBAS DE ATENUACIÓN

Esta prueba consiste en comprobar la atenuación que sufre la señal al recorrer el medio de transmisión, esta atenuación denominada pérdida de inserción se produce por radios de curvatura excesivos, empalmes ineficientes, conectores con impurezas lo cual aumenta la atenuación total del enlace

Para las fibras Multimodo (MMF), las pruebas se basan en las referencias de TIA/EIA-526-14 método B y para las fibras monomodo (SM) en TIA/EIA-526-7

---

<sup>24</sup> Visual factor locator: Factor de localizador visual

método A.1. Se reconocen por norma las Pruebas de Atenuación Absoluta y las Pruebas Analíticas. (Furukawa, 2009)

#### 4.9.3 PRUEBAS DE ATENUACIÓN ABSOLUTA

Incluyen las medidas de atenuación de los enlaces ópticos en 850nm y 1300nm para fibra Multimodo en 1.310nm y 1.550nm para fibras monomodo. EL objetivo es determinar, por medio de las pruebas ejecutadas con el Power Meter, cuanta potencia óptica se pierde en el enlace.

#### 4.10 PRUEBAS ANALÍTICAS

Las pruebas analíticas se ejecutan por equipos denominados Reflectómetros Ópticos en el Dominio del Tiempo (OTDR), cuyo funcionamiento se basa en la emisión de pulsos de la luz de corta duración.

Al manejar el OTDR, es importante prestar atención a los siguientes detalles:

Evite mirar directamente el haz láser, este es invisible y provoca daños irreparables en la retina del ojo humano;

No inserte o retire el conector óptico de la unidad de medida durante el procedimiento de prueba cuando el diodo láser esté en estado de emisión de luz;

No utilice el OTDR cuando existan otros haces de luz prolongándose en la fibra, además del emitido por el propio equipo;

Solamente una de las dos extremidades del cable de fibra óptica necesita conectarse al OTDR, permaneciendo la otra extremidad libre.

#### 4.10.1 DETALLE DEL OTDR

Para detectar posibles eventos en la red G-PON tales como conectores, fusiones, cables con elevada atenuación, secciones de rotura se utiliza un elemento activo llamado OTDR el cual basa su funcionamiento en la detección de la luz reflejada, esto a partir de un extremo de la fibra óptica.

El OTDR emite pulsos de luz que se caracterizan por tener una breve duración, este equipo opera en las longitudes de onda de 850nm, 1300nm, 1330nm y 1550nm. Los pulsos son enviados por un láser que es controlado por un generador de pulsos mientras que la señal reflejada es captada por un fotodetector. Cabe señalar que las pruebas para la red GPON se las debe realizar en las ventanas de 1490nm y 1310nm de acuerdo con ANSI/TIA/EIA-526-7, Method A.1.

## **CAPÍTULO V**

### **5 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO**

En este capítulo se realizará el análisis Costo-Beneficio, que va a poder permitir la factibilidad del proyecto a ser desarrollado.

#### **5.1 INTRODUCCION**

Para poder realizar un análisis costo beneficio o financiero del proyecto se toma en cuenta los costos de los servicios; para lo cual se toma como referencia los planes comerciales que maneja la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP., a nivel nacional los cuales varían según los planes comerciales que se ofrecen al público, cada uno de estos cuenta con diferentes costos y descuentos, a nivel de consumo e instalación.

#### **5.2 COSTOS DE INVERSIÓN**

Los costos de inversión que se deberá costear para la implementación del proyecto son referentes a los que la CNT EP., cuenta para cada proyecto de planta externa, tomando en cuenta que cada costo de material incluye la mano de obra.

Los costos de la inversión se subdivide en: costos de la OLT, costo de la canalización, costo del feeder, costo red distribución, costo red de dispersión y finalmente el costo del back-up, al sumar estos valores obtenemos el costo total de la inversión del proyecto.

Cabe señalar que el costo de respaldo de la red no se realiza la división de OLT, feeder, canalización ya que se la toma como un solo costo de back-up

Tabla 39. Costo equipo activo OLT

<p style="text-align: center;"><b>VOLUMENES DE OBRA</b> <b>OLT</b></p>  <p>CENTRAL OLT CARANQUI FEEDER: FT01 ZONA: 2</p>							
ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	EXISTENCIA SI(S)/NO(N)	CANTIDAD	PRECIO		
					UNITARIO	UNITARIO SIN ELEMENTO ENTREGADO POR CNT	TOTAL
	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE EQUIPO ACTIVO OLT MA5600T	U		1,00	\$ 29.204,15	\$ -	\$ 29.204,15

Fuente: Memoria técnica CNT

Tabla 40. Costos Red Feeder

ITEM		UNIDAD DE PLANTA	U	EXISTENCIA SI(S)/NO(N)	CANTIDAD	PRECIO		
						UNITARIO	UNITARIO SIN ELEMENTO ENTREGADO POR CNT	TOTAL
FO257	FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA		U		6,00	\$ 8,60	\$ -	\$ 51,60
FO23	PORTA RESERVAS DE FIBRA EN GALERIA DE CABLES		U		1,00	\$ 14,80	\$ -	\$ 14,80
FO24	PORTA RESERVAS FIBRA ÓPTICA POZO		U		11,00	\$ 12,87	\$ -	\$ 141,57
FO311	INSTALACION Y SUMINISTRO DE MANGUERA CORRUGADA DE 3/4"		M		100,00	\$ 2,31	\$ -	\$ 231,00
FO253	PREFORMADO HELICOIDAL PARA VANO DE 120M PARA FIBRA ADSS 12,30-12,9mm		U		54,00	\$ 21,28	\$ -	\$ 1.149,12
FO255	PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA Y SUJECION DE CABLES DE 6 - 96 HILOS		U		2,00	\$ 7,29	\$ -	\$ 14,58
FO248	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 2 EXTENSIONES (VANO 120M)		U		27,00	\$ 11,08	\$ -	\$ 299,16
FO314	HERRAJE TIPO B (CÓNICO) PARA CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS		U		7,00	\$ 14,89	\$ -	\$ 104,23
FO4	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 8 cm X 4 cm		U		100,00	\$ 5,10	\$ -	\$ 510,00
FO5	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 12,5 cm X 6 cm		U		33,00	\$ 6,10	\$ -	\$ 201,30
FO205	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA SUBTERRÁNEA PARA FUSIÓN DE 96 FO, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)		U	N	1,00	\$ 401,93	\$ 10,12	\$ 401,93
FO157	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ODF DE 96 HILOS (INCLUYE PIG TAILS SC/FC-APC G 652.D) CON PACHEO LATERAL		U		1,00	\$ 2.142,64	\$ -	\$ 2.142,64
FO272	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SUBIDA A POSTE PARA FIBRA ÓPTICA CON TUBO EMT DE 5 M DE 2"		U		3,00	\$ 68,33	\$ -	\$ 204,99
FO64	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 24 HILOS G.652.D VANO 120 METROS		m	S	1601,00	\$ 2,75	\$ 0,51	\$ 820,35
FO106	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 96 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G652.D		m	S	3397,00	\$ 5,40	\$ 0,54	\$ 1.823,51
<b>TOTAL</b>								<b>\$ 8.110,78</b>

Fuente: Memoria técnica CNT

Tabla 41. Costos red distribución

<b>VOLUMENES DE OBRA RED DISTRIBUCION</b>							
<b>CENTRAL OLT CARANQUI FEEDER: FT01 ZONA: 2</b>							
							
ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	EXISTENCIA SI(S)/NO(N)	CANTIDAD	PRECIO		
					UNITARIO	UNITARIO SIN ELEMENTO ENTREGADO POR CNT	TOTAL
FO311	INSTALACION Y SUMINISTRO DE MANGUERA CORRUGADA DE 3/4"	M		8,00	\$ 2,31	\$ -	\$ 18,48
FO253	PREFORMADO HELICOIDAL PARA VANO DE 120M PARA FIBRA ADSS 12,30-12,9mm	U		124,00	\$ 21,28	\$ -	\$ 2.638,72
FO256	PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA Y SUJECION DE CABLES DE 144 A 288 HILOS	U		2,00	\$ 10,05	\$ -	\$ 20,10
FO255	PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA Y SUJECION DE CABLES DE 6 - 96 HILOS	U		8,00	\$ 7,29	\$ -	\$ 58,32
FO248	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 2 EXTENSIONES (VANO 120M)	U		62,00	\$ 11,08	\$ -	\$ 686,96
FO225	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN ARMARIO FTTH DE 288 PUERTOS	U	S	2,00	\$ 10.154,22	\$ 106,51	\$ 213,01
FO151	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN AÉREA DE 12 PUERTOS SCI/PC	U	N	23,00	\$ 293,02	\$ 16,08	\$ 6.739,46
FO4	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 8 cm X 4 cm	U		2,00	\$ 5,10	\$ -	\$ 10,20
FO5	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 12,5 cm X 6 cm	U		62,00	\$ 6,10	\$ -	\$ 378,20
FO201	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA AÉREA PARA FUSIÓN DE 24 FO, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	U	S	6,00	\$ 261,19	\$ 9,62	\$ 57,73
FO204	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA SUBTERRÁNEA PARA FUSIÓN DE 144 FO, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	U	N	2,00	\$ 410,82	\$ 10,12	\$ 821,64
FO56	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 12 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	m	S	856,00	\$ 2,72	\$ 0,51	\$ 438,61
FO64	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 24 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	m	S	1036,00	\$ 2,75	\$ 0,51	\$ 530,85
FO72	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 48 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	m	S	185,00	\$ 4,39	\$ 0,51	\$ 94,79
<b>TOTAL</b>							<b>\$ 12.707,07</b>

Fuente: Memoria técnica CNT

Tabla 42. Costos red dispersión

<b>VOLUMENES DE OBRA</b> <b>RED DISPERSION</b>							
<b>CENTRAL: OLT CARANQUI</b> <b>FEEDER: FT01</b> <b>ZONA: 2</b>							
							
ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	EXISTENCIA SI(S)/NO(N)	CANTIDAD	PRECIO		
					UNITARIO	UNITARIO SIN ELEMENTO ENTREGADO POR CNT	TOTAL
FO257	FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U		178,00	\$ 8,60	\$ -	\$ 1.530,80
FO266	PRUEBA REFLECTOMÉTRICA UNI DIRECCIONAL POR FIBRA EN UNA VENTANA GPON + TRAZA REFLECTOMETRICA	HILO		178,00	\$ 8,21	\$ -	\$ 1.461,38
FO210	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ROSETA ÓPTICA 2 HILOS DE FIBRA, INCLUYE: 2 ADAPTADORES SC/APC; 2 MANGU	U	N	178,00	\$ 24,98	\$ 3,02	\$ 4.446,44
FO145	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO DE 2 FIBRAS ÓPTICAS G.657A1(DROP) 6mm	m	S	4000,00	\$ 1,54	\$ 0,46	\$ 1.854,40
<b>TOTAL</b>							<b>\$ 9.293,02</b>

Fuente: Memoria técnica CNT

Tabla 43. Costos canalización

VOLUMENES DE OBRA CANALIZACIÓN					
CENTRAL: OLT CARANQUI					
ZONA: 2					
ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	CANTIDAD	PRECIO	
CC19	CANALIZACION ACERA 2 VIAS	m	38,20	\$ 22,27	\$ 850,71
CC41	POZO ACERA 48 BLOQUES 2 CONVERGENCIAS	U	11,00	\$ 803,43	\$ 8.837,73
CC50	POZO CALZADA 48 BLOQUES 2 CONVERGENCIAS	U	10,00	\$ 885,99	\$ 8.859,90
CC58	ROTURA Y REPOSICIÓN ACERA	m <sup>2</sup>	328,69	\$ 21,33	\$ 7.010,96
CC59	ROTURA Y REPOSICIÓN ADOQUIN CEMENTO	m <sup>2</sup>	5,57	\$ 11,49	\$ 64,00
CC60	ROTURA Y REPOSICIÓN ADOQUIN PIEDRA	m <sup>2</sup>	9,24	\$ 18,79	\$ 173,62
CC64	ROTURA Y REPOSICIÓN EMPEDRADO	m <sup>2</sup>	373,35	\$ 7,43	\$ 2.773,99
CC105	CANALIZACIÓN ACERA 2 VIAS + TRIDUCTO	m	547,81	\$ 28,44	\$ 15.579,72
CC107	CANALIZACIÓN CALZADA 2 VIAS + TRIDUCTO	m	631,53	\$ 32,42	\$ 20.474,20
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 64.624,83</b>	

Fuente: Memoria técnica CNT

Tabla 44. Costos red Back-up

<b>VOLUMENES DE OBRA RED BACK UP</b>							
<b>CENTRAL: OLT CARANQUI FEEDER: FT01 ZONA: 2</b>							
							
ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	EXISTENCIA A S(S)/NO(N) )	CANTIDAD	PRECIO		
					UNITARIO	UNITARIO SIN ELEMENTO ENTREGADO POR CNT	TOTAL
FQ257	FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U		4,00	\$ 8,60	\$ -	\$ 34,40
FQ252	PREFORMADO HELICOIDAL PARA VANO DE 120M PARA FIBRA ADSS 10,8-11,4mm	U		132,00	\$ 19,09	\$ -	\$ 2.519,88
FQ266	PRUEBA REFLECTOMÉTRICA UNI DIRECCIONAL POR FIBRA EN UNA VENTANA GPON + TRAZA REFLECTOMETRICA	HILO		4,00	\$ 8,21	\$ -	\$ 32,84
FQ248	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 2 EXTENSIONES (VANO 120M)	U		66,00	\$ 11,08	\$ -	\$ 731,28
FQ314	HERRAJE TIPO B (CÓNICO) PARA CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS	U		9,00	\$ 14,89	\$ -	\$ 134,01
FQ4	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 8 cm X 4 cm	U		72,00	\$ 5,10	\$ -	\$ 367,20
FQ5	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 12,5 cm X 6 cm	U		75,00	\$ 6,10	\$ -	\$ 457,50
FQ207	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA SUBTERRÁNEA PARA FUSIÓN DE 48 FO, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	U	N	1,00	\$ 278,91	\$ 9,29	\$ 278,91
FQ158	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ODF DE 96 HILOS (INCLUYE PIG TAILS SC/APC G 652.D)	U		1,00	\$ 899,46	\$ -	\$ 899,46
FQ272	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SUBIDA A POSTE PARA FIBRA ÓPTICA CON TUBO EMT DE 5 M DE 2"	U		1,00	\$ 68,33	\$ -	\$ 68,33
FQ72	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 48 HILOS G. 652.D VANO 120 METROS	m	S	3894,00	\$ 4,39	\$ 0,51	\$ 1.995,29
FQ100	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 48 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G652.D	m	S	1939,00	\$ 3,49	\$ 0,51	\$ 993,54
<b>TOTAL</b>							<b>\$ 9.299,36</b>

Fuente: Memoria técnica CNT

Tabla 45. Costos totales

DESCRIPCIÓN	COSTO
EQUIPO ACTIVO	29204,15
FEEDER	8110,78
DISTRIBUCION	12707,07
DISPERSION	9293,02
CANALIZACION	64624,83
BACK UP	20999,36
TOTAL	144939,21

Fuente: El Autor

Los ingresos del proyecto se determinan mediante la cantidad de dinero que se recibe la empresa por la venta de los servicios ofrecidos. En este caso para la red GPON se basa en dos rubros que son: el costo mensual por el consumo de telefonía fija e internet. (Ver Tabla 45)

Actualmente los ingresos por internet se los determina basándose en los planes económicos de cada uno de ellos, como por ejemplo el plan de 5 Mbps con el cual se puede estimar el consumo por cada abonado. (Ver Tabla 46)

Tabla 46. Planes tarifarios

PRODUCTO	Derecho de Inscripción	Costo Mensual	Características
Telefonía fija	\$ 60	6.20	150 min on net incluidos
Internet fijo banda ancha	\$ 50	24.90	5 megas de velocidad

Fuente: CNT área comercial

En lo referente a telefonía fija, se tiene un consumo referencial tomando en cuenta la pensión básica además se determina el consumo de los usuarios durante un periodo de tiempo usando los servicios de telecomunicaciones.

Los ingresos importantes para la empresa es el costo por inscripción de cada servicio, estos se los divide por la contratación individual de cada servicio teniendo en cuenta que si se lo hace por empaquetamiento se tiene otro valor, pero para este caso se tomara en cuenta un valor fijo, teniendo en cuenta que a todos estos valores sean por consumo o inscripción se le añade el 12 % de IVA, dicho porcentaje no será tomado en cuenta en el proyecto debido a que son rubros que no van a las ganancias de la empresa.

Los ingresos que generarán los servicios de voz e internet son los siguientes:

En la red GPON se contará con 178 clientes en el servicio de voz, en esta sección generando un ingreso anual de:

$$178 \text{ abonados} * \frac{14,03}{\text{mes} * \text{abonado}} * 12 \text{ meses} = 29.968,08 \text{ dólares}$$

El precio de 14,03 es un valor promedio que generalmente un usuario común gasta al mes este dato fue entregado por el área comercial de CNT.

El servicio de internet contará con 178 abonados los cuales podrían acceder al plan básico teniendo un ingreso anual de:

$$178 \text{ abonados} * \frac{24,90}{\text{mes} * \text{abonado}} * 12 \text{ meses} = 53.186,4 \text{ dólares}$$

Cabe tomar en cuenta que los servicios de voz e internet generan un ingreso adicional por inscripción, en la red GPON se tiene con 178 clientes en el servicio de voz, en esta sección se toma en cuenta que 82 clientes ya tienen el servicio de telefonía con CNT (Ver Tabla 11) por lo cual ya no son considerados y no se les cobra la inscripción en este caso pasa a ser migración de servicios, por lo tanto los clientes que se les cobra la inscripción son 96.

Derecho de inscripción servicio de voz

$$96 \text{ abonados} * \frac{60}{\text{abonado}} = 5760 \text{ dólares}$$

Derecho de inscripción servicio de voz

$$178 \text{ abonados} * \frac{50}{\text{abonado}} = 8900 \text{ dólares}$$

### 5.3 ESTUDIO FINANCIERO

Para realizar el análisis financiero se requiere de la siguiente: inversiones, ingresos, costos, gastos, con los cuales se puede realizar una evaluación y determinar si el proyecto es factible, tomando en cuenta algunos evaluadores de viabilidad que a continuación se listan.

Flujo de caja

Valor anual neto

Tasa interna de retorno

Período de recuperación de la inversión

Flujo de Caja

La CNT.EP, asume como propio el proyecto por lo cual realizará toda la inversión para el mismo, hay que tener en cuenta que se tomará valores fijos los servicios de voz e internet, lo cual facilitará la determinación de la rentabilidad del presente proyecto.

Para el cálculo del flujo de caja se tomará en cuenta los costos descritos anteriormente (Ver Tabla 45) además de los ingresos por servicios de voz e internet, se toma en cuenta el tiempo de vida útil de los equipos en este caso de 10 años, como se describe en la siguiente tabla. (Ver Tabla 47)

Tabla 47. Flujo de caja

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>INGRESOS</b>											
Voz	-	29968,08	29968,08	29968,08	29968,08	29968,08	29968,08	29968,08	29968,08	29968,08	29968,08
Internet	-	53186,4	53186,4	53186,4	53186,4	53186,4	53186,4	53186,4	53186,4	53186,4	53186,4
Derechos de inscripción Internet	-	8900	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Derechos de inscripción Voz	-	5760	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>97814,48</b>	<b>83.154,48</b>								
<b>COSTOS</b>											
Cotos de la red GPON	144.939,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costos de Ingeniería	2667,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costos de Mantenimiento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>147.607,02</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-</b>	<b>147.607,02</b>									

Fuente: Jiménez, F. Espinoza, C. Fonseca, L. (2007). Ingeniería Económica. Editorial tecnológica de Costa Rica

## 5.4 VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El valor actual neto es el valor que permite realizar el cálculo de un determinado flujo de cajas futuros en el caso de este proyecto se lo hace durante diez años, que son originados por una inversión, la metodología se basa en tomar en cuenta todos los ingresos y egresos generados en dicho proyecto para luego comparar con la inversión inicial si la equivalencia final que se tiene es mayor que la inversión se dice que el proyecto es viable.

La tasa de rentabilidad es un factor importante en este cálculo por lo cual en el presente proyecto se ha tomado una rentabilidad del 17,89 % establecida por la CNT.EP.

La fórmula que se presenta a continuación permite realizar el cálculo del VAN en el presente proyecto.

$$VAN = \sum_{t=1}^{10} \left[ \frac{FC}{(1+i)^t} \right] - I_0$$

Ecuación 2. Fórmula valor actual neto

Fuente: Jiménez, F. Espinoza, C. Fonseca, L. (2007). Ingeniería Económica. Editorial tecnológica de Costa Rica

t= tiempo de vida del proyecto

FC= flujo de caja

i= tasa de rentabilidad de la empresa

I<sub>0</sub>= inversión inicial

$$VAN = \frac{97814,48}{(1 + 0,1789)^1} + \sum_{t=2}^{10} \left[ \frac{83154,48}{(1 + 0,1789)^t} \right] - 147607,02$$

$$VAN = 165702,66$$

Si el valor es positivo del VAN eso nos permite saber si un proyecto es viable debido a que genera más efectivo del necesario para el reembolso del capital invertido , en este caso el valor del VAN es positivo lo cual indica que la recuperación del capital invertido inicialmente, llegando de esta manera a la conclusión de que el proyecto es viable económicamente por qué tiene una rentabilidad que sobrepasa el 17,89% , generando una ganancia de \$ 165702,66 con lo cual la CNT.EP, tendría un beneficio del proyecto.

## 5.5 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

El TIR es la tasa de interés efectiva del proyecto, siendo el máximo interés que se puede pagar por el financiamiento total de un proyecto. Con esta tasa de interés y con los ingresos generados del proyecto no se generarían pérdidas ni ganancias. El TIR se calcula con la siguiente fórmula.

$$0 = \sum_{t=1}^{10} \left[ \frac{FC}{(1 + TIR)^t} \right] - I_0$$

Ecuación 3. Fórmula tasa interna de retorno

Fuente: Jiménez, F. Espinoza, C. Fonseca, L. (2007). Ingeniería Económica. Editorial tecnológica de Costa Rica

- t= tiempo de vida del proyecto
- FC= flujo de caja
- I<sub>0</sub>= inversión inicial
- A continuación se indican los valores que el presente proyecto tomará para la determinación del VAN.

$$0 = \frac{97814.48}{(1 + TIR)^1} + \sum_{t=2}^{10} \left[ \frac{83154,5}{(1 + TIR)^t} \right] - 147607,2$$

$$TIR = 42,17\%$$

El valor porcentual obtenido es de 42,17% del TIR, esto indica que el proyecto es rentable y viable para la CNT.EP, ya que este valor es superior a la tasa de rentabilidad esperada de 17,89 %.

## 5.6 PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI)

El periodo de recuperación de la inversión, permite identificar la liquidez de un proyecto, al igual que el riesgo de la inversión que se tiene en el mismo, debido a que con un fácil cálculo se mide el tiempo de recuperación de la inversión. Dicho periodo de recuperación de la inversión se puede obtener de la siguiente expresión.

$$PRI = \# \text{ de años anteriores a la recuperación total} + \frac{\text{costo anual no recuperado}}{\text{flujo de caja durante el año}}$$

Ecuación 4. Fórmula periodo de la recuperación de la inversión

Fuente: Haime, L. Planeación Financiera en la Empresa Modera. (2005). Ediciones Fiscales ISEF.

El número de años anteriores a la recuperación vienen dados de la suma de los flujos de caja, desde el año cero hasta cuando la suma nos dé un valor positivo. El año anterior al que nos dio el valor positivo es él el que representará a los años anteriores a la recuperación total.

En este caso, el valor positivo se lo tiene en el segundo año por lo que el número de años en los que se recuperara el total de la inversión es de 2 años como se puede ver a continuación siendo el costo acumulado. (Ver Tabla 48)

Tabla 48. Costo acumulado.

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2
Ingresos		97814,48	83154,48
Egresos	-147607,02	-147607,02	-49792,54
Total Recuperación		-49792,54	33361,94

Fuente: El autor

Tomando los valores obtenidos anteriormente, se puede determinar el período de recuperación de la inversión, como se observa a continuación.

$$PRI = 2 + \frac{33361,94}{97814,48}$$

$$PRI = 2 + 0,34$$

$$PRI = 2,34$$

Para poder saber exactamente el tiempo en el que se recuperar la inversión se realiza el siguiente calculo. (Ver Tabla 49)

Tabla 49. Tiempo de recuperación

AÑOS	MESES	DIAS
2	12*0.34	
2	4,08	
2	4	30*0,8
2	4	24

Fuente. El Autor

El valor del PRI obtenido, representa que los flujos de caja serán recuperados en un tiempo de 2 años, 4 meses y 24 días, donde se sobrepasara los costos generados por la implementación del proyecto. Siendo por lo tanto un proyecto rentable para la CNT.EP.

## 5.7 RELACIÓN COSTO – BENEFICIO (B/C)

La relación costo beneficio es una técnica dentro del ámbito de la toma de decisiones para ver la viabilidad del proyecto y la rentabilidad que brindara a la empresa en este caso a la CNT EP., si los beneficios obtenidos de un proyecto exceden los costos de la inversión, el proyecto sería rentable, caso contrario se debería descartarse.

La relación costo-beneficio del proyecto durante los diez años de vida útil de los equipos se la obtiene de la siguiente relación.

$$B/C = \frac{\text{suma del flujo de caja del año 1 al año 10}}{\text{inversión inicial del proyecto presentado en el año 0}}$$

Ecuación 5. Fórmula costo beneficio

Fuente: Sullivan, W. Wicks, E. Luxhoj, Ingeniería económica de DeGarmo. (2004). Prentice Hall

*En donde:*

La suma del flujo de caja del año 1 al año 10 = 748390,32

Inversión inicial del proyecto presentado en el año 0 = 147607,02

$$B/C = \frac{748390,32}{147607,02}$$

$$B/C = 5,07$$

Lo que significa que por cada dólar que se invierta se obtendrá 5,07 dólares de utilidad, esto significa que se tendrá una recuperación de la inversión muy favorable, siendo por lo tanto un proyecto rentable económicamente para la CNT EP.

## CONCLUSIONES

- Con el diseño de este proyecto que contempla aspectos de ingeniería y a su vez tiene un enfoque social el cual está dirigido al sector 19 de Enero se pretende mejorar la calidad de vida de todos y cada uno de sus habitantes sin importar las barreras, siempre pensado en el bienestar de la colectividad y defendido la igualdad de todas las personas ya que desde el inicio que se realizó el proyecto se hizo con mucho esfuerzo, compromiso y una gran voluntad con el único afán de servir a los demás.
- El levantamiento de la información del Nodo permitió generar datos reales que permitieron proyectar la OLT con lo cual estos fundamentos pueden ser ocupados para planificar las futuras expansiones en los nodos para propagar la red GPON.
- El diseño de una red GPON se somete estrictamente a los cálculos que se realice en el presupuesto óptico sin superar el límite establecido de 25 dB, ya que esto define la distancia del recorrido de la fibra óptica y su vez la densidad de usuarios a brindar el servicio, así como también puntualiza la capacidad del puerto GPON que según el resultado del presupuesto óptico el puerto puede ser potencializado
- La convergencia de la red la cual unifica los servicios telefonía datos e IPTV hace que los costos por adquirir los servicios bajen considerablemente ya que la administración, gestión, operación & mantenimiento se realizan en una sola red, a diferencia que si se contrata cada servicio por un proveedor diferente.
- Si bien el costo de inversión de la canalización es alto lo cual baja la recuperación del proyecto este es necesario, ya que el cable de fibra óptica de capacidad de 96 hilos arteria principal de la red GPON debe

estar protegida por la canalización la cual servirá para las posibles derivaciones que tiene planeado CNT

- Entre más cerca se encuentre splitter que se ubica en el armario, la inversión para la construcción de la red GPON disminuye, ya que al dividir la señal óptica de 1x32 ya no basta llevar solo un hilo de fibra si no que se necesita tender 32 hilos de fibra lo cual implica el aumento de capacidad del cable y por obvias razones el incremento de la longitud del cable por lo cual se concluye que existe una relación inversamente proporcional entre más cerca se encuentre el splitter de sector a cubrir menor será el costo de inversión y mientras más alejado la inversión de construcción subirá
- La red GPON que contempla este proyecto tiene la capacidad de expansión ya que es un diseño fundamentado para concebir más ingresos con los recursos disponibles es decir que es una red escalable, no solamente en lo que contempla planta externa como es la fibra óptica G652D misma que acapara el 100% de la red tendida, mangas, armarios, splitters, cajas de distribución, elementos con los que se cuenta para escalar a la tecnología 10-GPON, sino también es escalable en el equipo activo OLT ya que con cambiar las tarjetas de servicio GPBD se podrá acceder a 10GPON, por tal motivo se arma la OLT por módulos y tarjetas.

## RECOMENDACIONES

- En lo que respecta a los criterios de construcción en a la sección de tendido de cable canalizado es que se debe colocar un tritubo en el ducto PVC de 4 pulgadas para brindar protección adicional al cable de fibra óptica además se recomienda que la fibra se pase por el ducto más bajo ya que cuando se intervienen las aceras o calzadas los ductos superiores son los primeros en ser rotos o ser afectados
- A lo largo del diseño se no debe utilizar conectores de diferentes terminaciones se recomienda usar conectores SC/APC para que todo el despliegue de la red GPON tenga la menor pérdida posible
- Cada tarjeta de servicio GPBD puede ser potencializada cambiando el módulo SFP de cada puerto GPON para proceder con un splitter con un número más alto de salidas y así atender un mayor número de abonados
- Desde el Nodo Caranqui salen varias fibras que atienden clientes corporativos en donde su conexión es punto a punto y utilizan generalmente una cable de 6 hilos por tal motivo se recomienda realizar un reflejo para interconectar la fibra de última milla a la OLT y así poder potenciar la fibra existente pasando de atender 1 a 192 clientes con la fibra existente.
- La OLT expuesta en este proyecto de acuerdo a sus características tiene la potencialidad para realizar un migración de todos los clientes del Nodo Caranqui que actualmente se atiende por la red de cobre, el justificativo de esta afirmación es que la OLT presenta 14 tarjetas de servicio, las cuales constan de 8 puertos cada una y a su vez cada puerto puede servir a 32 clientes, teniendo una capacidad total de 3584 posibles suscriptores, con lo cual se supera la capacidad que actualmente tiene el nodo.

- La instalación de mini OLT`s al finalizar un feeder potenciaría al doble su capacidad de atender clientes, ya que cuando se corta un hilo de la fibra este puede ser utilizado por la otra OLT que se encuentra al final del feeder en este caso se pasaría de tan solo con utilizar un hilo a brindar el servicio a 64 posibles clientes utilizando la tecnología GPON.

## **BIBLIOGRAFIA**

-Jiménez, F. Espinoza, C. Fonseca, L. (2007). Ingeniería Económica. Editorial tecnológica de Costa Rica.

-Haime, L. Planeación Financiera en la Empresa Modera. (2005). Ediciones Fiscales ISEF.

-Sullivan, W. Wicks, E. Luxhoj, Ingeniería económica de DeGarmo. (2004). Prentice Hal

-Weinstein, Stephen B.; Luo, Yuanqiu; Wang, Ting (2012). The ComSoc Guide to Passive Optical Networks : Enhancing the Last Mile Access. Retrieved from

-Sendín Escalona, Alberto. Tecnologías de acceso para las icts. el instalador, los servicios y las redes de telecomunicaciones. España: Ediciones Experiencia, 2008.

-Rosado, F. J. (2012). Mantenimiento y reparación de instalaciones de telefonía y comunicación (MF0121\_2). España: IC Editorial.

-Beltrán, J. (2013). "Diseño de redes de fibra óptica" CEC-EPN

-Manual Furukawa. (2009) DATA CABLING SYSTEM

-Manual Furukawa. (2009) FIBRA ÓPTICA

-Huawei Technologies. (2011). GPON FUNDAMENTALS

## **MANUALES PERTENECIENTES A LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES**

-MANUAL TÉCNICO DE DISEÑO DE ODN PARA LA RED GPON

-MANUAL TÉCNICO DE CONSTRUCCIÓN DE ODN PARA LA RED GPON

## **TESIS**

-María Sol Gómez y Adriana Morejón. “ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO GPON PARA LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES TRIPLE PLAY (VOZ, VIDEO Y DATOS) EN EL SECTOR ORIENTAL DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA” 2012. Capítulo 3 y 4

-Alejandro Emanuel Ruiz Quiranza “IMPLEMENTACIÓN DE UNA CENTRAL TELEFÓNICA, NODO YAHUARCOCHA PARA LA EMPRESA CNT-EP CON EL FIN DE BRINDAR SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES TRIPLE PLAY (VOZ, VIDEO Y DATOS) AL SECTOR MENCIONADO.” 2013. Capítulo 2.

-Juliana Alexandra Calderón Utreras. “PLAN DE NEGOCIOS DE UN SISTEMA INALÁMBRICO CDMA 450 EN LA PARROQUIA DE BUENOS AIRES-CANTON URCUQUÍ PARA LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES” 2014. Capítulo 5.

## ANEXO A

### Detalle de fusión de hilos para cada caja de distribución Área 1

*Tabla 50. Fusión de hilos de cajas de distribución y número de clientes (Serie A)*

FO1- 24H	FUSION DIRECTO	FO1- 08H	CAJA ÓPTICA	CLIENTES
1	<i>DIRECTO</i>		A1	6
2	<i>DIRECTO</i>			
3	<i>DIRECTO</i>			
4	<i>DIRECTO</i>			
5	<i>DIRECTO</i>			
6	<i>DIRECTO</i>			
7				
8				
9	<i>FUSIÓN</i>	1	A2	7
10	<i>FUSIÓN</i>	2		
11	<i>FUSIÓN</i>	3		
12	<i>FUSIÓN</i>	4		
13	<i>FUSIÓN</i>	5		
14	<i>FUSIÓN</i>	6		
15	<i>FUSIÓN</i>	7		
16		8		
17	<i>FUSIÓN</i>	1	A3	8
18	<i>FUSIÓN</i>	2		
19	<i>FUSIÓN</i>	3		
20	<i>FUSIÓN</i>	4		
21	<i>FUSIÓN</i>	5		
22	<i>FUSIÓN</i>	6		
23	<i>FUSIÓN</i>	7		
24	<i>FUSIÓN</i>	8		

*Tabla 51. Fusión de hilos de cajas de distribución y número de clientes (Serie B)*

FO2- 24H	FUSION DIRECTO	CAJA ÓPTICA	CLIENTES
1	<i>DIRECTO</i>	B1	8
2	<i>DIRECTO</i>		
3	<i>DIRECTO</i>		
4	<i>DIRECTO</i>		
5	<i>DIRECTO</i>		
6	<i>DIRECTO</i>		
7	<i>DIRECTO</i>		
8	<i>DIRECTO</i>		
9	<i>DIRECTO</i>	B2	8
10	<i>DIRECTO</i>		
11	<i>DIRECTO</i>		
12	<i>DIRECTO</i>		
13	<i>DIRECTO</i>		
14	<i>DIRECTO</i>		
15	<i>DIRECTO</i>		
16	<i>DIRECTO</i>		
17	<i>DIRECTO</i>	B3	6
18	<i>DIRECTO</i>		

19	DIRECTO
20	DIRECTO
21	DIRECTO
22	DIRECTO
23	
24	

Tabla 52. Fusión de hilos de cajas de distribución y número de clientes (Serie C)

FO3- 12H	FUSION DIRECTO	CAJA ÓPTICA	CLIENTES
1	DIRECTO	C1	10
2	DIRECTO		
3	DIRECTO		
4	DIRECTO		
5	DIRECTO		
6	DIRECTO		
7	DIRECTO		
8	DIRECTO		
9	DIRECTO		
10	DIRECTO		

Tabla 53. Fusión de hilos de cajas de distribución y número de clientes (Serie D)

FO3- 24H	FUSION DIRECTO	FO4- 12H	CAJA ÓPTICA	CLIENTES
1	FUSION	1	D1	9
2	FUSION	2		
3	FUSION	3		
4	FUSION	4		
5	FUSION	5		
6	FUSION	6		
7	FUSION	7		
8	FUSION	8		
9	FUSION	9		
10				
11				
12				
13	FUSION	1	D2	10
14	FUSION	2		
15	FUSION	3		
16	FUSION	4		
17	FUSION	5		
18	FUSION	6		
19	FUSION	7		
20	FUSION	8		
21	FUSION	9		
22	FUSION	10		
23				
24				

Detalle de fusión de hilos para cada caja de distribución (Área 2)

Tabla 54. Fusión de hilos de cajas de distribución y número de clientes (Serie A)

FO2-24H	FUSION DIRECTO	FO2 -08H	CAJA ÓPTICA	CLIENTES
1	DIRECTO		B1	7
2	DIRECTO			
3	DIRECTO			
4	DIRECTO			
5	DIRECTO			
6	DIRECTO			
7	DIRECTO			
8				
9	FUSIÓN	1	B2	8
10	FUSIÓN	2		
11	FUSIÓN	3		
12	FUSIÓN	4		
13	FUSIÓN	5		
14	FUSIÓN	6		
15	FUSIÓN	7		
16	FUSIÓN	8		
17	FUSIÓN	1	B3	7
18	FUSIÓN	2		
19	FUSIÓN	3		
20	FUSIÓN	4		
21	FUSIÓN	5		
22	FUSIÓN	6		
23	FUSIÓN	7		
24	FUSIÓN	8		

Tabla 55. Fusión de hilos de cajas de distribución y número de clientes (Serie B)

FO3-24H	FUSION DIRECTO	FO3-0H	CAJA ÓPTICA	CLIENTES
1	FUSIÓN	1	C1	7
2	FUSIÓN	2		
3	FUSIÓN	3		
4	FUSIÓN	4		
5	FUSIÓN	5		
6	FUSIÓN	6		
7	FUSIÓN	7		
8				
9	FUSIÓN	1	C2	8
10	FUSIÓN	2		
11	FUSIÓN	3		
12	FUSIÓN	4		
13	FUSIÓN	5		
14	FUSIÓN	6		
15	FUSIÓN	7		
16	FUSIÓN	8		

17	FUSIÓN	1	C3	6
18	FUSIÓN	2		
19	FUSIÓN	3		
20	FUSIÓN	4		
21	FUSIÓN	5		
22	FUSIÓN	6		
23				
24				

Tabla 56. Fusión de hilos de cajas de distribución y número de clientes (Serie C)

FO4-24H	FUSION DIRECTO	CAJA ÓPTICA	CLIENTES
1	DIRECTO	D1	8
2	DIRECTO		
3	DIRECTO		
4	DIRECTO		
5	DIRECTO		
6	DIRECTO		
7	DIRECTO		
8	DIRECTO		
9	DIRECTO	D2	8
10	DIRECTO		
11	DIRECTO		
12	DIRECTO		
13	DIRECTO		
14	DIRECTO		
15	DIRECTO		
16	DIRECTO		
17	DIRECTO	D3	8
18	DIRECTO		
19	DIRECTO		
20	DIRECTO		
21	DIRECTO		
22	DIRECTO		
23	DIRECTO		
24	DIRECTO		

Tabla 57. Fusión de hilos de cajas de distribución y número de clientes (Serie D)

FO4-24H	FUSION DIRECTO	CAJA ÓPTICA	CLIENTES
1	DIRECTO	D1	8
2	DIRECTO		
3	DIRECTO		
4	DIRECTO		
5	DIRECTO		
6	DIRECTO		
7	DIRECTO		
8	DIRECTO		
9	DIRECTO	D2	8
10	DIRECTO		
11	DIRECTO		

12	DIRECTO		
13	DIRECTO		
14	DIRECTO		
15	DIRECTO		
16	DIRECTO		
17	DIRECTO	<b>D3</b>	<b>8</b>
18	DIRECTO		
19	DIRECTO		
20	DIRECTO		
21	DIRECTO		
22	DIRECTO		
23	DIRECTO		
24	DIRECTO		

Tabla 58. Fusión de hilos de cajas de distribución y número de clientes (Serie E)

FO5-24H	FUSION DIRECTO	FO5-12H	CAJA ÓPTICA	CLIENTES
1	RESERVA		<b>E1</b>	
2	RESERVA			
3	RESERVA			
4	RESERVA			
5	RESERVA			
6	RESERVA			
7	RESERVA			
8	RESERVA			
9	FUSIÓN	<b>1</b>	<b>E2</b>	<b>8</b>
10	FUSIÓN	<b>2</b>		
11	FUSIÓN	<b>3</b>		
12	FUSIÓN	<b>4</b>		
13	FUSIÓN	<b>5</b>		
14	FUSIÓN	<b>6</b>		
15	FUSIÓN	<b>7</b>		
16	FUSIÓN	<b>8</b>		
17	FUSIÓN	<b>1</b>	<b>E3</b>	<b>8</b>
18	FUSIÓN	<b>2</b>		
19	FUSIÓN	<b>3</b>		
20	FUSIÓN	<b>4</b>		
21	FUSIÓN	<b>5</b>		
22	FUSIÓN	<b>6</b>		
23	FUSIÓN	<b>7</b>		
24	FUSIÓN	<b>8</b>		

## ANEXO B

-Detalle de pérdidas de la Zona 1 de la red GPON, continuación se efectúa el presupuesto óptico de cada caja de disolución.

*Tabla 59. Resultado de pérdidas caja A1*

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	4,7	0,35	1,65
TOTAL dB				21,15

Fuente: Basado en ANSI/EIA/TIA-568B.1

*Tabla 60. Resultado de perdidas caja A2*

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310	4,9	0,35	1,72
TOTAL dB				21,22

Fuente: Basado en ANSI/EIA/TIA-568B.1

*Tabla 61. Resultado de perdidas caja A3*

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	4,9	0,35	1,72
TOTAL dB				21,22

Fuente: Basado en ANSI/EIA/TIA-568B.1

*Tabla 62. Resultado de perdidas caja B1*

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	4,5	0,35	1,58
TOTAL dB				21,08

Fuente: Basado en ANSI/EIA/TIA-568B.1

Tabla 63. Resultado de perdidas caja B2

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	4,6	0,35	1,61
TOTAL dB				21,11

Fuente: Basado en ANSI/EIA/TIA-568B.1

Tabla 64. Resultado de perdidas caja B3

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	4,7	0,35	1,65
TOTAL dB				21,15

Fuente: Basado en ANSI/EIA/TIA-568B.1

Tabla 65. Resultado de perdidas caja C1

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	4,4	0,35	1,54
TOTAL dB				21,04

Fuente: Basado en ANSI/EIA/TIA-568B.1

Tabla 66. Resultado de perdidas caja D1

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	4,5	0,35	1,58
TOTAL dB				21,08

Fuente: Basado en ANSI/EIA/TIA-568B.1

Tabla 67. Resultado de pérdidas caja D2

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	4,4	0,35	1,54
TOTAL dB				21,04

Fuente: Basado en ANSI/EIA/TIA-568B.1

Detalle de pérdidas de la Zona 2 de la red GPON, a continuación se efectúa el presupuesto óptico de cada caja de distribución

Tabla 68. Resultado de pérdidas caja A1

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	5,09	0,35	1,78
TOTAL dB				21,28

Fuente: Basado en ANSI/EIA/TIA-568B.1

Tabla 69. Resultado de pérdidas caja A2

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	5,2	0,35	1,82
TOTAL dB				21,32

Fuente: Basado en ANSI/EIA/TIA-568B.1

Tabla 70. Resultado de pérdidas caja A3

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	5,2	0,35	1,82
TOTAL dB				21,32

Fuente: Basado en ANSI/EIA/TIA-568B.1

Tabla 71. Resultado de pérdidas caja B1

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	5	0,35	1,75
TOTAL dB				21,25

Fuente: Basado en ANSI/EIA/TIA-568B.1

Tabla 72. Resultado de pérdidas caja B2

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	5,2	0,35	1,82
TOTAL dB				21,32

Fuente: Basado en ANSI/EIA/TIA-568B.1

Tabla 73. Resultado de pérdidas caja B3

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	5,2	0,35	1,82
TOTAL dB				21,32

Fuente: Basado en ANSI/EIA/TIA-568B.1

Tabla 74. Resultado de pérdidas caja C1

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	5,1	0,35	1,785
TOTAL dB				21,285

Fuente: Basado en ANSI/EIA/TIA-568B.1

Tabla 75. Resultado de pérdidas caja C2

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	5,1	0,35	1,785
TOTAL dB				21,285

Fuente: Basado en ANSI/EIA/TIA-568B.1

Tabla 76. Resultado de pérdidas caja C3

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	5,1	0,35	1,785
TOTAL dB				21,285

Fuente: Basado en ANSI/EIA/TIA-568B.1

Tabla 77. Resultado de pérdidas caja D1

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	5,1	0,35	1,785
TOTAL dB				21,285

Fuente: Basado en ANSI/EIA/TIA-568B.1

Tabla 78. Resultado de pérdidas caja D2

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	5,2	0,35	1,82
TOTAL dB				21,32

Fuente: Basado en ANSI/EIA/TIA-568B.1

Tabla 79. Resultado de pérdidas caja D3

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	5,3	0,35	1,855
TOTAL dB				21,355

Fuente: Basado en ANSI/EIA/TIA-568B.1

Tabla 80. Resultado de pérdidas caja E1

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	5,1	0,35	1,785
TOTAL dB				21,285

Fuente: Basado en ANSI/EIA/TIA-568B.1

Tabla 81. Resultado de pérdidas caja E2

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	5,1	0,35	1,785
TOTAL dB				21,285

Fuente: Basado en ANSI/EIA/TIA-568B.1

Tabla 82. Resultado de pérdidas caja E3

COMPONENTE	LONGUITUD DE ONDA	CANTIDAD	ATENUACIÓN dB	ATENUACION TOTAL dB
CONECTORES		5	0,5	2,5
FUSION		7	0,1	0,7
SPLITTER 2:32		1	16,3	16,3
FIBRA OPTICA	1310 nm	5,1	0,35	1,785
TOTAL dB				21,285

Fuente: Basado en ANSI/EIA/TIA-568B.1

Los anexos C, D y E se encuentran en el CD adjunto.

**ANEXO C:**

Estándar ITU-T G.984

**ANEXO D:**

Población INEC

**ANEXO E:**

Planos de Construcción