

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**



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

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

### **COMUNICACIÓN**

#### **TEMA**

**DISEÑO DE UNA RED GPON QUE PROPORCIONE EL SERVICIO DE  
INTERNET EN EL SECTOR YACUCALLE - EJIDO DE CARANQUI EN LA  
CIUDAD DE IBARRA PARA LA EMPRESA TELCONET S.A.**

**AUTOR: TREJO ESPINOZA RAMIRO VINICIO**

**DIRECTOR: MSc. EDGAR ALBERTO MAYA OLALLA**

**Ibarra 2016**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

#### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

#### TÉCNICA DEL NORTE

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

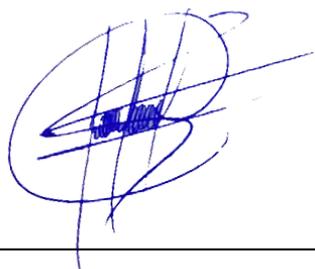
La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional determina la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DEL CONTACTO	
Cédula de Identidad	1003317714
Apellidos y Nombres	Ramiro Vinicio Trejo Espinoza
Dirección	Calle Ambato 2-50 y San Cristóbal
Email	ramiro_fut85@hotmail.com
Teléfono Fijo	062 454 117
Teléfono Móvil	094011518

DATOS DE LA OBRA	
Título	DISEÑO DE UNA RED GPON QUE PROPORCIONE EL SERVICIO DE INTERNET EN EL SECTOR YACUCALLE - EJIDO DE CARANQUI EN LA CIUDAD DE IBARRA PARA LA EMPRESA TELCONET.
Autor	Ramiro Vinicio Trejo Espinoza
Fecha	03/02/2016
Programa	Pregrado
Título por el que se aspira	Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación
Director	Ing. Edgar Maya

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

Yo, Ramiro Vinicio Trejo Espinoza, con cédula de identidad Nro. 1003317714, 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 forma 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 de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior Artículo 144.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'R' and 'E' intertwined, with several horizontal and vertical strokes crossing through them.

---

Firma

Nombre: Ramiro Vinicio Trejo Espinoza

Cédula: 1003317714



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

**CONSTANCIAS**

El autor (es) manifiesta (n) 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 (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asumen (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 03 de febrero de 2016

EL AUTOR:

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized letter 'R' with a horizontal line through it, and some additional scribbles.

Firma

Nombre: Ramiro Vinicio Trejo Espinoza

Cédula: 1003317714



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

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

Yo, Ramiro Vinicio Trejo Espinoza, con cédula de identidad Nro. 1003317714, 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 de la obra o trabajo de grado denominado: **“DISEÑO DE UNA RED GPON QUE PROPORCIONE EL SERVICIO DE INTERNET EN EL SECTOR YACUCALLE - EJIDO DE CARANQUI EN LA CIUDAD DE IBARRA PARA LA EMPRESA TELCONET.”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **Ingeniería 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.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above a horizontal line.

Firma

Nombre: Ramiro Vinicio Trejo Espinoza

Cédula: 1003317714



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

#### DECLARACIÓN

Yo, Ramiro Vinicio Trejo Espinoza, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las Leyes de Propiedad Intelectual, Reglamentos y Normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above a horizontal line.

Firma

Nombre: Ramiro Vinicio Trejo Espinoza

Cédula: 1003317714



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

**CERTIFICACIÓN**

Certifico, que el presente trabajo de titulación **“DISEÑO DE UNA RED GPON QUE PROPORCIONE EL SERVICIO DE INTERNET EN EL SECTOR YACUCALLE - EJIDO DE CARANQUI EN LA CIUDAD DE IBARRA PARA LA EMPRESA TELCONET.”** fue desarrollado en su totalidad por el Sr. Ramiro Vinicio Trejo Espinoza, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized letter 'E' followed by a smaller signature.

Firma

Ing. Msc. Edgar Maya

DIRECTOR DEL PROYECTO

## **AGRADECIMIENTOS**

Ante todo agradecer a Dios por darme la vida y las fuerzas para culminar este objetivo de titulación.

A mis padres por darme el apoyo incondicional durante mi vida estudiantil.

Mis más sinceros agradecimientos al Ing. Jimmy Enríquez como jefe coordinador de la zona norte de la empresa Telconet S.A. por darme la apertura necesaria para la realización de mi tema de trabajo de grado.

Al personal que conforma la zona norte de la empresa Telconet S.A. por darme su ayuda y apoyo para la elaboración de mi proyecto.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Electrónica y Redes de Comunicación por ser guía en la formación académica.

A mis compañeros de clase que fueron parte fundamental en mi vida por compartir la amistad y supieron estar presentes en todo momento, mil gracias por compartir el aula de clases durante todo este tiempo.

## **DEDICATORIA**

Este triunfo está dedicado totalmente a mi madre porque ella supo estar pendiente de mí en los momentos tristes y alegres, y gracias a ella soy la persona que soy, me supo inculcar valores y concejos para ser una persona de bien, inmensamente agradecido por traerme al mundo y darme todo su amor y apoyarme en lo que ella pudo siempre con el amor de una madre.

Dedico también este logro a mi padre que supo darme todo su amor y su apoyo tanto moral y económico, además que siempre confió en mí para alcanzar esta meta, mil gracias por ser mi padre.

A mi hijo Joseph Ismael Trejo Andrade la persona más importante que llegó a mi vida, mi gran motivación y que por él día a día siempre me impulsa a superarme para poder educarle con el ejemplo.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	vii
DEDICATORIA.....	viii
ÍNDICE GENERAL .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xix
CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES.....	1
1.1    TEMA.....	1
1.2    PROBLEMA.....	1
1.3    OBJETIVOS .....	3
1.3.1    Objetivo general .....	3
1.3.2    Objetivos específicos .....	3
1.4    ALCANCE .....	4
1.5    JUSTIFICACIÓN .....	6
CAPÍTULO II .....	9
MARCO TEÓRICO .....	9
2.1    LA FIBRA ÓPTICA .....	9
2.1.1    ESTRUCTURA.....	10
2.1.1.1    Cable de Fibra Óptica desde el interior al exterior.....	10
2.1.2    FUNCIONAMIENTO .....	12
2.1.2.1    Refracción .....	12
2.1.2.2    Reflexión.....	12
2.1.2.3    Monomodo .....	13
2.1.2.4    Multimodo.....	13
2.1.3    TIPOS DE CONECTORES .....	14
2.1.4    APLICACIONES.....	15

2.2	DETALLES TECNOLOGÍA DE CONEXIONES POR FIBRA ÓPTICA .....	16
2.2.1	VENTAJAS .....	16
2.2.2	DESVENTAJAS.....	17
2.3	RED GPON .....	18
2.3.1	OLT (EQUIPO CENTRAL ÓPTICO).....	19
2.3.2	ODN (RED DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA) .....	20
2.3.3	ONU (UNIDAD DE RED ÓPTICA).....	20
2.3.4	ONT (EQUIPO DE USUARIO ÓPTICO).....	20
2.4	TECNOLOGÍA FTTH (FIBRA HASTA EL HOGAR) .....	21
2.4.1	DESCRPCIÓN DEL SISTEMA FTTH .....	21
2.5	CARACTERÍSTICAS DE LA FTTH.....	23
2.6	ARQUITECTURA DE UNA RED FTTH.....	27
2.6.1	REDES DE ACCESO .....	27
2.7	SISTEMAS ACTIVOS Y SISTEMAS PASIVOS .....	28
2.8	SISTEMAS DIRECCIONALES .....	29
2.9	CONFIGURACIÓN PUNTO A PUNTO .....	30
2.10	CONFIGURACIÓN PUNTO A MULTIPUNTO .....	31
2.11	ARQUITECTURA EN ESTRELLA O EN ÁRBOL .....	32
2.12	APLICACIONES.....	33
2.13	RECOMENDACIONES PARA REDES GPON .....	33
2.13.1	RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.1. ....	34
2.13.2	RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.2 .....	34
2.13.3	RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.3 .....	35
2.13.4	RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.4 .....	35
	CAPÍTULO III.....	36
	SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR YACUCALLE – EJIDO DE CARANQUI Y LA RED ACTUAL DE LA EMPRESA .....	36

3.1	ANTECEDENTES DE LA EMPRESA TELCONET S.A. ....	36
3.2	INTERNET DEDICADO.....	37
3.2.1	SERVICIOS DE INTERNET .....	37
3.2.2	SLA O ACUERDO DE NIVEL DE SERVICIO OFRECIDO EN INTERNET.....	37
3.3	TRAYECTORIA DE LA EMPRESA TELCONET S.A. ....	38
3.4	SITUACIÓN ACTUAL DE RED GPON EN LA CIUDAD DE IBARRA. ....	40
3.5	NODOS PROYECTADOS A FUTURO .....	41
3.6	NETLIFE DEPARTAMENTO ENCARGADO DE DAR EL SERVICIO FTTH A CLIENTES EN LA CIUDAD DE IBARRA. ....	42
3.7	TECNOLOGÍA UTILIZADA.....	43
3.7.1	COMPARTICIÓN 2 A 1 .....	43
3.8	ESTRUCTURA DE LA RED PRINCIPAL DE LOS NODOS QUE ESTAN OPERATIVOS .....	44
3.8.1	NODO SDH-IBARRA.....	45
3.8.2	NODO MUTUALISTA.....	46
3.8.3	NODO YACUCALLE .....	47
3.8.4	NODO MARIANO ACOSTA .....	48
3.9	EMPRESAS QUE BRINDAN EL SERVICIO DE INTERNET EN EL SECTOR A REALIZAR EL DISEÑO DE LA RED GPON. ....	49
3.9.1	CNT (CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES) .....	49
3.9.1.1	Producto internet fast boy fijo .....	50
3.9.1.1.1	Características y beneficios:.....	50
3.9.1.1.2	Velocidades .....	50
3.9.1.1.3	Restricciones .....	51
3.9.1.1.4	Tecnología ADLS.....	51
3.9.2	SAITEL .....	52
3.9.2.1	Costos.....	53
3.9.2.2	Tecnología radio enlace .....	53

3.9.3	ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGIAS PRESENTES EN EL SECTOR YACUCALLE – EJIDO DE CARANQUI .....	55
	CAPÍTULO IV .....	57
	DISEÑO DE LA RED GPON .....	57
4.1	SECTOR A DISEÑAR LA RUTA YACUCALLE – EJIDO DE CARANQUI.....	57
4.2	TIPOS DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA EMPLEADA POR TELCONET .....	59
4.2.1	FIBRA DE 144 HILOS PARA LA RED PRINCIPAL O RED MPLS .....	59
4.2.2	TENDIDO DE CABLE DE FIBRA DE 2 HILOS (clientes Gpon).....	60
4.3	MUFAS O MANGAS .....	62
4.4	POSTERÍA .....	63
4.4.1	HERRAJES TIPO A.....	64
4.4.2	HERRAJES TIPO B .....	65
4.5	DISTRIBUCIÓN DE LAS BAJAS BMX (CAJAS DISTRIBUCIÓN DE ABONADO).....	66
4.6	CABLE DE FIBRA DE DOS HILOS UTILIZADO PARA CLIENTES .....	69
4.7	ETIQUETADO DE LAS CAJAS.....	70
4.8	ARMADO DE CAJA BMX (CAJA DE DISTRIBUCIÓN PARA ABONADOS) O CAJA TURCA .....	73
4.9	DISEÑO DEL NODO.....	77
4.10	ODF DE 144 HILOS (DISTRIBUCIÓN DE FIBRA ÓPTICA).....	81
4.11	ARMADO DEL ODF DE 144 HILOS .....	83
4.12	OLT (EQUIPO CENTRAL ÓPTICO).....	84
4.12.1	CARACTERÍSTICAS .....	85
4.13	PATCH CORD DE FIBRA ÓPTICA.....	87
4.14	SPLITERS .....	88
4.14.1	CARACTERÍSTICAS DE UN DIVISOR ÓPTICO O SPLITTERS .....	89
4.14.2	COMBINACIONES DE SPLITTERS.....	90
4.14.3	DOS NIVELES DE SPLITTERS .....	91
4.14.4	ETIQUETADO DEL SPLITTERS .....	92

4.15	ETIQUETADO DEL ODF DE 64 HILOS.....	95
4.16	SIMBOLOGÍA DEL SPLITTER EN AUTOCAD.....	96
4.17	ONT (EQUIPO DE USUARIO ÓPTICO).....	97
4.17.1	ONT EP-3204N.....	97
4.17.2	CARACTERÍSTICAS .....	98
4.17.3	DESCRIPCIÓN.....	99
4.18	ESTRUCTURA GENERAL DE LA RED GPON.....	101
4.18.1	ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE UNA RED PON .....	102
4.18.2	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS .....	102
	4.18.2.1 Canal descendente.....	103
	4.18.2.2 Canal ascendente .....	104
	CAPÍTULO V .....	105
	CÁLCULOS Y PRUEBAS PARA DETERMINAR QUE EL DISEÑO ES VIABLE .....	105
5.1	FACTORES A CONSIDERAR PARA EL DISEÑO DE UNA RED GPON .....	105
5.2	SISTEMA BÁSICO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA.....	105
5.2.1	ATENUACIÓN.....	106
	5.2.1.1 Factores propios.....	106
	5.2.1.1.1 Las pérdidas por absorción.....	106
	5.2.1.1.2 Las pérdidas por dispersión (esparcimiento).....	107
	5.2.1.1.3 Pérdidas de radiación.....	107
	5.2.1.1.4 Factores externos.....	107
5.2.2	COEFICIENTE DE ATENUACIÓN .....	109
5.3	CÁLCULO DE LAS ATENUACIONES COMPRENDIDAS ENTRE LOS NODOS YACUCALLE Y EL NODO EJIDO DE CARANQUI Y SUS RESPECTIVAS CAJAS. ....	111
5.3.1	DISTANCIAS COMPRENDIDAS ENTRE LAS CAJAS Y LOS NODOS .....	112
	5.3.1.1 Nodo Yacucalle .....	113
	5.3.1.1.1 Cálculos caja # 1 .....	113

CAPÍTULO VI.....	118
ANÁLISIS COSTO BENEFICIO.....	118
6.1 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO QUE EVIDENCIE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA QUE GARANTICE QUE EL DISEÑO SERÁ APLICABLE.....	118
6.2 COSTOS DE INVERSIÓN.....	119
6.3 INGRESOS DEL SERVICIO.....	120
6.4 ANÁLISIS FINANCIERO.....	121
6.5 FLUJO DE CAJA .....	122
6.6 DEPRECIACIONES DE ACTIVOS FIJOS .....	124
6.7 CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN) .....	126
6.8 CÁLCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) .....	127
6.9 CÁLCULO DEL PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI) .....	130
6.10 ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO (B/C).....	132
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES EN BASE AL PROYECTO REALIZADO .....	134
7.1 CONCLUSIONES .....	134
7.2 RECOMENDACIONES .....	136
ANEXOS 138	
ANEXO A.....	139
Cálculos caja # 3.....	140
Cálculos caja # 5.....	142
Cálculos caja # 7.....	144
Cálculos caja # 9.....	146
Cálculos caja # 11.....	148
Cálculos caja # 13.....	150
Cálculos caja # 15.....	152
Cálculos caja # 17.....	154
Cálculos caja # 19.....	156
ANEXO B.....	158
RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.1.....	158
ANEXO C.....	178

RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.2.....	178
ANEXO D.....	189
RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.3.....	189
ANEXO E.....	200
RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.4.....	200
ANEXO F.....	218
RECOMENDACIÓN UIT-T G.652.....	218
ANEXO G.....	227
DATASHEET DE EQUIPO OLT.....	227
ANEXO H.....	230
PLANO DE LA RUTA GPON YACUCALLE – EJIDO DE CARANQUI.....	230
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	232
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	234

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. La fibra óptica .....	9
Figura 2. Estructura interna del cable de la fibra óptica .....	10
Figura 3. Refracción y reflexión .....	12
Figura 4. Tipos de fibra óptica. ....	13
Figura 5. Fibra óptica de índice escalonado y gradual, fibra óptica monomodo. ....	14
Figura 6. Tipos de conectores .....	14
Figura 7. Diagrama de la red GPON. ....	19
Figura 8. Fibra óptica hasta la casa. ....	21
Figura 9. Topología FTTH.....	22
Figura 10. Tecnología FTTH .....	24
Figura 11. Sistemas activos y pasivos .....	30
Figura 12. Red punto a punto.....	31
Figura 13. Arquitectura en estrella o árbol .....	32
Figura 14. Cable Submarino que conecte al Ecuador con el mundo.....	38
Figura 15. Anillo de fibra óptica actualmente operativo. ....	41
Figura 16. Estructura de la red Gpon y la interconexión de las OLTs. ....	44
Figura 17. Nodo Sdh-Ibarra .....	45
Figura 18. Nodo Mutualista .....	46
Figura 19. Nodo Yacucalle. ....	47
Figura 20. Nodo Mariano Acosta.....	48
Figura 21. Sector donde se diseñara la ruta GPON en la ciudad de Ibarra.....	57
Figura 22. Trazado de la ruta mediante Google Earth.....	58
Figura 23. Color de buffers y de hilos del cable de fibra óptica de 144 hilos. ....	59
Figura 24. Cable de fibra de 144 hilos.....	60
Figura 25. Partes y características de la fibra de dos hilos. ....	60
Figura 26. Vinchas para sujetar el cable de fibra óptica de dos hilos al poste.....	61
Figura 27. Colocación de las vinchas en el poste para sujetar a la fibra. ....	61
Figura 28. Armado de una manga de empalme de 144 hilos.....	62

Figura 29. Herraje tipo A utilizado para cruces de calles, avenidas o tramos largos. ....	64
Figura 30. Herraje tipo B o herraje de paso se utiliza para tramos en línea recta. ....	65
Figura 31. Habilitar las cajas BMX con sus respectivos buffers. ....	67
Figura 32. Distribución de las cajas mediante software AutoCAD 2010. ....	68
Figura 33. Distribución de las cajas BMX y los postes. ....	69
Figura 34. Características del cable de fibra óptica de 2 hilos. ....	69
Figura 35. Inventario de cajas y rutas mediante el software AutoCAD 2013. ....	72
Figura 36. Simbología utilizada por la empresa Telconet en AutoCAD 2013. ....	72
Figura 37. Caja BMX (caja de distribución para clientes). ....	73
Figura 38. Armado de la caja BMX con los casetes para clientes corporativos y clientes Gpon. ....	74
Figura 39. Colocación del splitters en el primer casete de la caja BMX. ....	75
Figura 40. Distribución de los puertos en una caja BMX. ....	76
Figura 41. Nodo estándar utilizado por la empresa Telconet. ....	77
Figura 42. Ubicación de los rack dentro de un nodo. ....	78
Figura 43. Vista frontal de los Rack. ....	79
Figura 44. Odf de 144 hilos para utilizado en las rutas comprendidas entre nodos. ....	81
Figura 45. Distribución de colores de los buffers según el estándar de la empresa en un Odf de 144 hilos. ....	82
Figura 46. Interior del ODF. ....	83
Figura 47. Equipo OLT o equipo central óptico para una red Gpon. ....	84
Figura 48. Características de la parte frontal de un quipo Olt. ....	86
Figura 49. Pach cord de fibra óptica de tipo SC. ....	87
Figura 50. Splitter o divisor óptico de 1/8 (1 entrada y 8 salidas). ....	88
Figura 51. Tarjeta PIU (puertos de unidad de interfaz) con sus respectivos puertos Giga. ....	94
Figura 52. Distribución de los puertos Giga en el Odf de 64 puertos. ....	95
Figura 53. Numeración de los puertos que contiene la giga. ....	95
Figura 54. Simbología utilizada por la empresa Telconet. ....	96
Figura 55. Inventario de los splitters en el software AutoCAD 2013 con los datos correspondientes. ....	96
Figura 56. Equipo Olt o equipo terminal de usuario. ....	97
Figura 57. Parte posterior del equipo óptico de usuario final. ....	98
Figura 58. Parte frontal del equipo óptico de usuario final. ....	100

Figura 59. Estructura general de una red Gpon.....	101
Figura 60. Ventanas de transmisión que utiliza una red Gpon. ....	103
Figura 61. Ruta que cubrirá el sector Yacucalle – Ejido de Caranqui .....	111
Figura 62. Traza medida desde el nodo hacia la caja # 1 .....	115
Figura 63. Medición de potencia desde la caja # 1 hacia el nodo .....	115
Figura 64. Traza medida desde el nodo hacia la caja # 3 .....	141
Figura 65. Medición de potencia desde la caja # 3 hacia el nodo .....	141
Figura 66. Traza medida desde el nodo hacia la caja # 5 .....	143
Figura 67. Medición de potencia desde la caja # 5 hacia el nodo .....	143
Figura 68. Traza medida desde el nodo hacia la caja # 7 .....	145
Figura 69. Medición de potencia desde la caja # 7 hacia el nodo .....	145
Figura 70. Traza medida desde el nodo hacia la caja # 9 .....	147
Figura 71. Medición de potencia desde la caja # 9 hacia el nodo .....	147
Figura 72. Traza medida desde el nodo hacia la caja # 11 .....	149
Figura 73. Medición de potencia desde la caja # 11 hacia el nodo .....	149
Figura 74. Traza medida desde el nodo hacia la caja # 13 .....	151
Figura 75. Medición de potencia desde la caja # 13 hacia el nodo .....	151
Figura 76. Traza medida desde el nodo hacia la caja # 15 .....	153
Figura 77. Medición de potencia desde la caja # 15 hacia el nodo .....	153
Figura 78. Traza medida desde el nodo hacia la caja # 17 .....	155
Figura 79. Medición de potencia desde la caja # 17 hacia el nodo .....	155
Figura 80. Traza medida desde el nodo hacia la caja # 19 .....	157
Figura 81. Medición de potencia desde la caja # 19 hacia el nodo .....	157

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Planes del servicio de la empresa CNT.....	50
Tabla 2. Planes del servicio de la empresa SAITEL. ....	53
Tabla 3. Características de las tecnologías que el cliente puede elegir para su servicio de internet.....	55
Tabla 4. Etiquetado de las cajas correspondiente a la ruta diseñada.....	70
Tabla 5. Descripción de las unidades de rack. ....	77
Tabla 6. Combinaciones posibles para el diseño de una red Gpon.....	90
Tabla 7. Niveles de atenuación que presenta en los tipos de splitter. ....	90
Tabla 8. Etiquetado de los splitters que pertenecen a cada caja.....	92
Tabla 9. Características de la ONT implementada en el usuario. ....	100
Tabla 10. Distancias comprendidas desde los nodos a las cajas. ....	112
Tabla 11. Valor de la potencia de las cajas.....	116
Tabla 12. Atenuación de las ventanas en las que se transmite los datos de una red Gpon.....	117
Tabla 13. Costos totales de inversión.....	119
Tabla 14. Planes tarifarios.....	120
Tabla 15. Equipos a depreciarse durante los 10 años de utilidad.....	122
Tabla 16. Cálculo total del valor de la depreciación de los equipos.....	122
Tabla 17. Flujo de caja.....	125
Tabla 18. Resolución del VAN.....	126
Tabla 19. Relación del valor del VAN con el TIR que tiene a 0.....	129
Tabla 20. Significado del valor del VAN cuando es $<$ , $>$ e $=$ a 0.....	130
Tabla 21. Periodo de recuperación.....	131

## RESUMEN

El presente proyecto consiste en realizar un diseño de una red Gpon para el sector de Yacucalle – Ejido de Caranqui en la ciudad de Ibarra, la misma que está avalada por la empresa Telconet S.A., posteriormente luego de ser analizada será implementada para poder brindar el servicio de internet mediante fibra óptica hasta el hogar.

El primer capítulo describe los antecedentes del trabajo de tesis, los cuales nos permitan plantear un tema, determinar el problema, un objetivo general y objetivos específicos para el desarrollo de los capítulos, alcance del proyecto y justificación del mismo.

El segundo capítulo contiene los fundamentos teóricos necesarios para el desarrollo del diseño, una descripción breve de la fibra óptica, FTTH y la tecnología Gpon. Además de las recomendaciones UIT-T G.984.x, las cuales son estándares para el diseño de la red Gpon.

El tercer capítulo detalla la situación actual como se encuentra el sector en cuanto a proveedores del servicio de internet y las tecnologías que utilizan, de igual manera como está actualmente constituida la red operativa de la empresa Telconet S.A.

El cuarto capítulo se centra en el diseño de la red Gpon, en definir la ruta de nodo a nodo, distribución de cajas de abonados y diseño de los nodos.

El quinto capítulo permite determinar los valores ideales de atenuación para una red Gpon mediante ecuaciones matemáticas y estos a su vez comprobar con equipos para

mediciones ópticas como OTDR y Power Meter en un escenario físico que tiene las mismas características del diseño propuesto en el proyecto.

El sexto capítulo se especifica el análisis de costo y beneficio el cual permita determinar si es rentable o no, en caso de ser factible la empresa tendrá la disposición de la implementación del proyecto en el sector.

El séptimo capítulo contiene las conclusiones y recomendaciones que se identifican durante la realización del proyecto.

## **ABSTRACT**

This project is to produce a design of a GPON network to place Yacucalle - Ejido de Caranqui in the city of Ibarra, the same is endorsed by the company Telconet SA, later after being tested will be implemented to provide the Internet service via fiber optics to the home.

The first chapter describes the background of the thesis work, which will allow us to raise an issue, determine the problem, a general objective and specific objectives for the development of the chapters, project scope and justification thereof.

The second chapter contains the theoretical foundations necessary for the development of design, a brief description of the optical fiber, FTTH and GPON. Besides G.984.x ITU-T recommendations, which are standard for the design of the GPON network.

The third chapter details the current situation in the sector in terms of internet service providers and technologies used in the same way as currently constituted operating company network Telconet S.A.

The fourth chapter focuses on the design of the GPON network, define the path from node to node, distribution boxes and design subscribers nodes.

The fifth chapter to determine the ideal values of attenuation for GPON network using mathematical equations and these in turn test equipment for optical measurements as

OTDR and power meter in a physical setting that has the same characteristics of the proposed project design.

The sixth chapter the cost and benefit analysis which to determine whether it is profitable or not, if the company will be feasible arrangement of project implementation in the field is specified.

The seventh chapter contains the conclusions and recommendations are identified during the project.

# **CAPÍTULO I**

## **ANTECEDENTES**

### **1.1 TEMA**

Diseño de una red Gpon que proporcione el servicio de internet en el sector Yacucalle - Ejido de Caranqui en la ciudad de Ibarra para la empresa Telconet S.A.

### **1.2 PROBLEMA**

La empresa Telconet lleva en el mercado ya 18 años brindando servicios de Conectividad, Internet, Centro de Datos y Servicios Gerenciados en todo el país, con una sólida plataforma de infraestructura de fibra óptica que permite llegar a los usuarios con todos los requerimientos que necesiten, tanto para empresas, agencias financieras, centros educativos, servicio a hogares etc. El servicio a hogares únicamente se proporciona en las provincias de Pichincha y Guayas, por tanto la empresa quiere proveer este servicio a nivel nacional siendo así la ciudad de Ibarra una de las principales ciudades que se acoge a este proyecto de FTTH (fibra hasta el hogar). En la ciudad de Ibarra la empresa Telconet actualmente tiene un anillo de fibra óptica de 144 hilos los mismo que están conectados a través de 4 nodos los cuales llega a gran parte de la ciudad dando así el servicio de Internet y redes privadas a empresas públicas y privadas. En sectores como Alpachaca, Azaya, La Victoria, Caranqui y Yacucalle – Ejido de Caranqui se proyecta a futuro realizar tendidos de fibra óptica para llegar a los usuarios con el fin de brindar el servicio de internet tanto corporativo como para hogares.

Desde la llegada de la fibra óptica al Ecuador los usuarios esperan tener mejores servicios por la empresas que poseen este medio de transmisión debido a las características que posee este tipo de tecnología, por tanto los enlaces por medio de cable de par trenzado (UTP) cada vez van perdiendo espacio en las comunicaciones debido a que su limitado del ancho de banda ya que no soportan servicios integrados; hoy en día la empresa TELCONET es pionera en brindar servicios por medio de fibra óptica a nivel nacional, lo que pretende esta empresa es poder tener la red más grande del Ecuador es decir llegar a lugares remotos del país con esta tecnología para que los usuarios tengan servicios de calidad, por lo que es una solución más óptima para la ciudad de Ibarra en este caso el sector de Yacucalle - Ejido de Caranqui realizar un diseño de una red GPON para proveer la conexión a internet.

Los usuarios del sector Yacucalle – Ejido de Caranqui cuentan con un servicio de internet ofrecido por la empresa pública y privada los mismos que llegan al sector con distinta tecnología, en la actualidad los habitantes necesitan diferentes ofertas del servicio que permitan adaptarse a los requerimientos de los clientes del sector lo cual su mejor opción sea tanto en costos, calidad, ancho de banda y soporte del técnico, por tanto la empresa TELCONET ha visto la necesidad de poder brindar este servicio de internet, previamente a un análisis poblacional se evidencio en este sector existe un crecimiento de un 3% de población en los 12 últimos años según el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) por lo cual es un factor que garantiza la aceptación para poder brindar internet a este sector por parte de la empresa TELCONET S.A. gracias a las características y presentaciones que posee su red de fibra óptica.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo general**

Diseñar la red de fibra óptica con tecnología GPON para el sector Yacucalle- Ejido de Caranqui, basado en los requerimientos de la empresa TELCONET S.A. y el estándar ITU-T G.984.x, para soportar el acceso a internet.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Definir los antecedentes del proyecto los cuales contengan los requerimientos de la empresa y los objetivos propuestos para realizar el diseño de la red GPON.
- Recopilar la información de la tecnología GPON (Red Óptica Pasiva Gigabit) y el estándar ITU-T G984.x para fundamentar de forma teórica el diseño de la red GPON.
- Determinar la situación actual del sector Yacucalle- Ejido de Caranqui donde se pueda verificar si existen o no otros proveedores del servicio de internet, además se considerará los requerimientos de los usuarios y la factibilidad de una red en este lugar la cual permita analizar la mejor ruta que cubra este sector.

- Diseñar la red GPON en base a los requerimientos de la empresa TELCONET S.A. y el estándar ITU-T G984.x.
- Ejecutar las pruebas necesarias que permita garantizar que el diseño de la red GPON pueda ser implementado posteriormente para dar el servicio a los usuarios del sector Yacucalle- Ejido de Caranqui.
- Desarrollar un análisis costo beneficio que evidencie la factibilidad económica que garantice que el diseño será aplicable.
- Realizar las conclusiones y recomendaciones en base al proyecto realizado.

## **1.4 ALCANCE**

Para poder realizar el diseño de la red GPON es necesario analizar los fundamentos teóricos que posee esta tecnología para entender el propósito con la que fue creada y sus ventajas como transmisiones de datos a grandes velocidades. Una de las desventajas es la alta fragilidad que posee la fibra óptica al momento de su manipulación lo que el personal técnico debe tener conocimiento para trabajar con este tipo de cable. Estas son las características de una red GPON de forma general, además los elementos que propone esta tecnología para brindar servicios a los usuarios mediante la fibra óptica, el estándar ITU-T G984.x se encarga de las estandarizaciones de las redes PON a velocidades superiores a 1 Gbit/s. La fibra óptica en la actualidad es aplicada en área de las comunicaciones tanto en largas distancias como la conexión entre ciudades, países etc. Y cortas distancias es decir tecnología FTTH (fibra hasta el hogar).

Posteriormente luego de tener conocimiento de la teoría de la tecnología GPON se analizará la situación actual del sector Yacucalle- Ejido de Caranqui para tener en consideración la oferta actual de otros proveedores del servicio de internet para lo cual poder competir en el mercado tanto en prestaciones y costos del servicio que brinden estos proveedores a los habitantes del sector, además analizar la mejor ruta para realizar el tendido de fibra óptica en el caso de ser implementada la misma que pueda cubrir este sector para dar el servicio de internet a la mayor parte de usuarios, además evaluar cómo y de que nodo realizar nuestra extensión de la red de TELCONET S.A. hacia el sector Yacucalle - Ejido de Caranqui tomando en cuenta los estándares que propone la empresa para cubrir esta ruta.

Para el servicio de internet en el sector Yacucalle- Ejido de Caranqui se diseñará una red GPON basada en la recomendación ITU-T G.984.x además que cumpla con los requerimientos de la empresa los cuales permita diseñar el nodo que concentre a los puertos de los usuarios mediante una OLT (equipo central óptico) donde se gestione el servicio a los usuarios mediante la interfaz PIU (Unidad de interfaz de puertos de fibra óptica) donde se encuentra el primer nivel de splitter (acopladores divisores), posteriormente mediante un ODF(Distribuidor de Fibra Óptica) de puertos PON se direccionará hacia un ODF (Distribuidor de Fibra Óptica) de la red principal los cuales se conectará mediante los pach cord de fibra en los puertos del hilo rosado de cada buffer, los cuales llegarán hacia las cajas BMX (cajas de distribución de abonados) que se encuentran en la ruta del sector, en cada caja se colocará un splitter de segundo nivel que habilitará así los puertos los cuales permitirá brindar el servicio hacia los clientes, una vez armado de esta manera la caja BMX (cajas de distribución de abonados) se procederá a realizar el

tendido de fibra hacia el usuario llegando así a una ONT (equipo de usuario) donde el usuario se conectará al servicio mediante un cable par trenzado UTP.

Una vez realizado el diseño se procederá a realizar las pruebas correspondientes mediante los equipos de fibra óptica como el OTDR, VFL y Power Meter que permitan tener los resultados de potencia de la transmisión, atenuaciones intrínsecas y extrínsecas en la fibra óptica, la distancia de la ruta para verificar pérdidas de la señal, estos parámetros nos dará los resultados necesarios para ver si la red de fibra óptica diseñada cumple con los requerimientos de la empresa TELCONET S.A. para poder justificar que el diseño es factible para su posterior implementación.

La técnica de Análisis de Costo/Beneficio, tiene como objetivo fundamental proporcionar una medida de rentabilidad del diseño a realizar, mediante la comparación de los costos previstos con los beneficios esperados en la realización del mismo. El análisis Costo-Beneficio, nos permitirá definir la factibilidad del diseño de la red, tomando en cuenta la necesidad de la realización del diseño, la cual permita definir si es óptima la red de fibra óptica para los habitantes del sector, además justifique los gastos para este diseño y su posterior implementación.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

La carrera de Electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte dentro de la preparación y formación profesional a los estudiantes garantiza que se encuentran en condiciones de poder elaborar proyectos de electrónica y redes de comunicación, en este caso este tema va ligado a las redes de comunicación mediante

fibra óptica para solucionar una necesidad que requiere la empresa TELCONET S.A. la cual es brindar servicio de internet al sector de Yacucalle- Ejido de Caranqui.

Según la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) GPON es la tecnología más atractiva al momento de brindar velocidades superiores al Gbps. en servicios de comunicación, llegando directamente a lugares como hogares, oficinas y edificios, por lo que esta tecnología con sus características y sus ventajas se adapta a las necesidades y requerimientos al momentos de poder tener acceso de internet para los usuarios del sector Yacucalle - Ejido de Caranqui en el que se requiere una red de fibra óptica.

La empresa TELCONET S.A. tiene la visión de llegar con la tecnología GPON la cual llegará con fibra óptica hasta el hogar con lo que garantizará el servicio de internet al sector Yacucalle - Ejido de Caranqui, por lo que los usuarios de este sector de la ciudad de Ibarra serán beneficiados en tener más opciones de elegir un proveedor de internet, siendo así la empresa brindará el ancho de banda que el usuario deseará contratar, además la empresa se caracteriza en poder dar soporte y monitoreo a sus clientes para que tengan un servicio de calidad.

Debido al crecimiento poblacional determinado por el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) en el sector Yacucalle- Ejido de Caranqui la empresa TELCONET S.A. se realizará un análisis de la situación actual del sector el cual permitirá realizar la creación de un nodo en el sector de Ejido de Caranqui para trazar la ruta Yacucalle- Ejido de Caranqui que cubra la mayoría de usuarios los cuales generen ganancia económicas para la empresa. Para lo cual es viable la necesidad de realizar un diseño de una red GPON para dar el servicio de internet a los usuarios del sector, por lo

que es de total apertura por parte del jefe Técnico Provincial Imbabura - Carchi para proponer un diseño que dará solución a este requerimiento de la empresa (se adjunta carta de aceptación).

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 LA FIBRA ÓPTICA

Es un medio de transmisión de datos y son filamentos de vidrio; compuestos de cristales naturales o cristales artificiales plástico, del espesor de un pelo entre 10 y 300 micrones y son los encargados de llevar mensajes en forma de pulso de luz que representa los datos. La fuente de luz puede provenir de un láser o un diodo LED<sup>1</sup>. (Mendez, 2013)



Figura 1. La fibra óptica

Fuente: Un mundo de la información en nuestras manos. Recuperado de: [www.coitcv.org/blog/2013/03](http://www.coitcv.org/blog/2013/03)

---

<sup>1</sup>LED (Light Emitting Diode) Diodo emisor de luz.

## 2.1.1 ESTRUCTURA

Angel (2013) afirma que :

Un cable está compuesto por diferentes partes, debemos anotar también que muchos tipos de cables que se adaptan a distintas ocasiones y aplicaciones como: en el interior, exterior, etc.

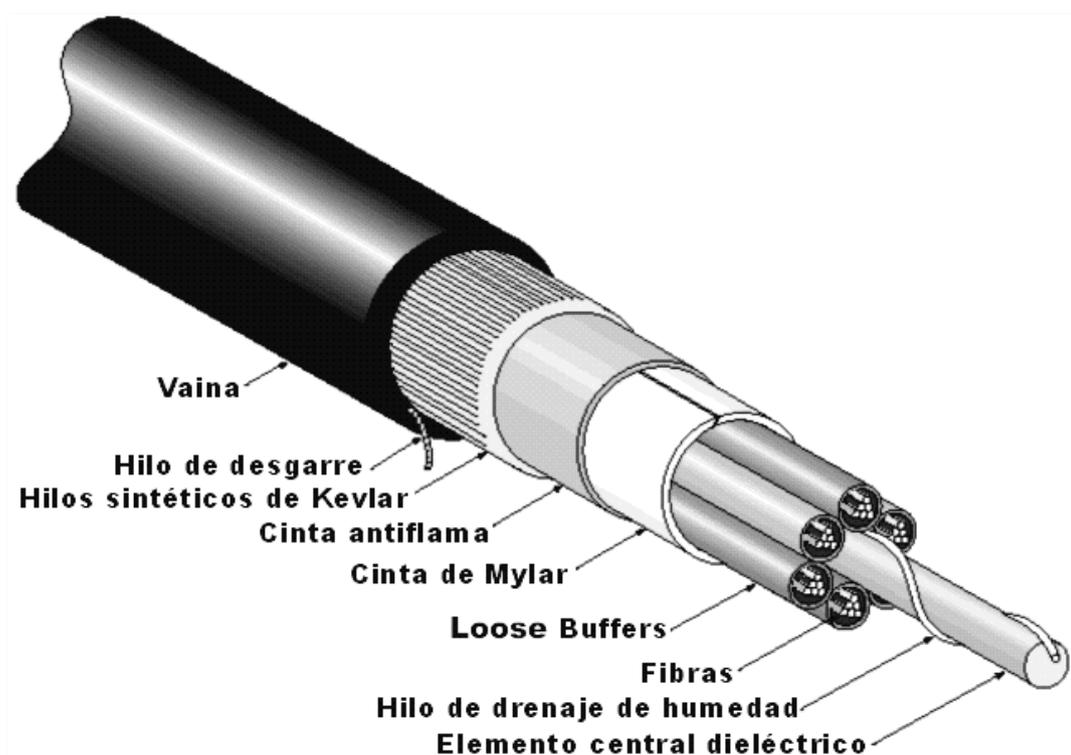


Figura 2. Estructura interna del cable de la fibra óptica

Fuente: Fibra Óptica - Qué es y Cómo funciona. Recuperado de: <http://www.alebentelecom.es/servicios-informaticos/faqs/fibra-optica-que-es-y-como-funciona>

### 2.1.1.1 Cable de Fibra Óptica desde el interior al exterior

Para ilustrar su estructura tomamos el de la figura 2 como referencia porque se pueden ver detalladamente que elementos puede contener. Esta información les servirá porque comúnmente en los catálogos de cables de fibra óptica, se especifican su estructura y características.

- **Elemento central dieléctrico:** este elemento central que no está disponible en todos los tipos de fibra óptica, es un filamento que no conduce la electricidad y que ayuda a la resistencia mecánica del cable.
- **Hilo de drenaje de humedad:** Protege de la humedad a los filamentos.
- **Fibras:** Es el medio por dónde viaja la información. Pueden ser fabricados de silicio (vidrio) o plástico muy procesado. Aquí es donde se producen los fenómenos físicos de reflexión y refracción. La pureza de este material nos indica si es buena para transmitir. Una simple impureza puede desviar el haz de luz, haciendo que este se pierda o no llegue a destino.
- **Lose o buffers:** es un pequeño tubo que recubre la fibra en algunos casos contiene un gel de capa oscura lo que impide que los rayos de luz se dispersen hacia afuera de la fibra.
- **Cinta de mylar:** es una capa de poliéster fina que cumple el rol de aislante.
- **Cinta antinflama:** es recubrimiento que sirve para proteger al cable del calor.
- **Hilos sintéticos:** estos hilos ayudan mucho a la consistencia y protección del cable, además permite soportar el estiramiento de sus hilos.
- **Hilo de desgarre:** son hilos que ayudan a la consistencia del cable.
- **Vaina:** la capa superior del cable que aísla al conjunto que tiene en su interior.

## 2.1.2 FUNCIONAMIENTO

Los dos principios por los que la fibra funciona son la Reflexión y la Refracción.

### 2.1.2.1 Refracción

Es el cambio de dirección que llevan las ondas cuando pasan de un medio a otro. Sencillamente para mejor comprensión, esto se experimenta cuando metemos una cuchara en un vaso con agua y pareciera que se desplaza dentro de este. (Angel, 2013)

### 2.1.2.2 Reflexión

También es el cambio de dirección de la onda, pero hacia el origen. Esto sería lo que sucede cuando nos miramos en el espejo, .sin la reflexión no podríamos vernos.

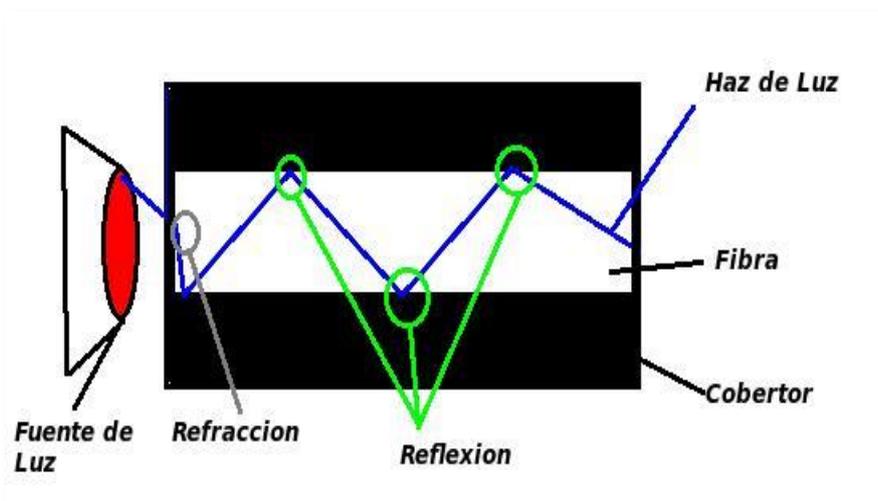


Figura 3. Refracción y reflexión

Fuente: Fibra Óptica - Qué es y Cómo funciona. Recuperado de:  
<http://www.alebentelecom.es/servicios-informaticos/faqs/fibra-optica-que-es-y-como-funciona>

Tenemos dos tipos de fibra monomodo y multimodo, este agrupamiento se debe en la forma en que transmiten la luz por dentro de la fibra. (Angel, 2013)

### 2.1.2.3 Monomodo

Se transmite un sólo haz de luz por el interior de la fibra. Tienen un alcance de transmisión de 300 km. en condiciones ideales, siendo la fuente de luz un láser. (Rodríguez, 2012)

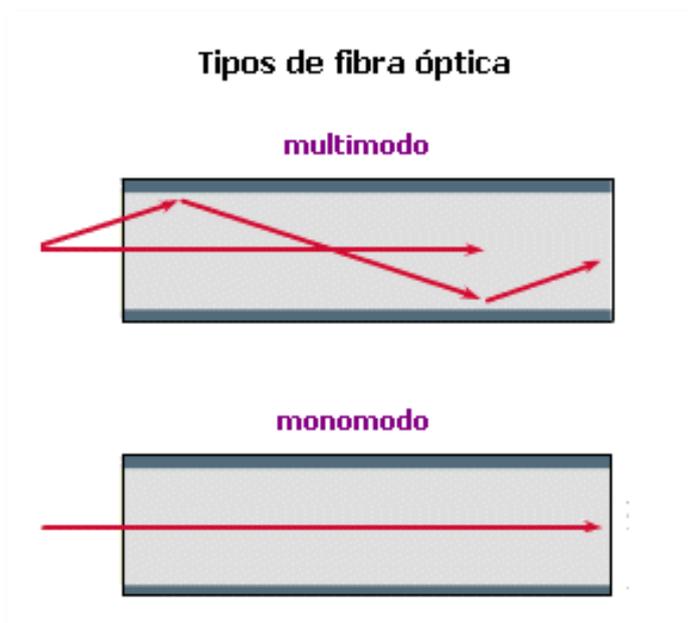


Figura 4. Tipos de fibra óptica.

Fuente: Historia de la fibra óptica (II). Recuperado de: <http://www.cablesyconectoreshoy.com/lo-mas-leido/>

### 2.1.2.4 Multimodo

Rodríguez (2012) afirma que:

Se pueden transmitir varios haces de luz por el interior de la fibra. Generalmente su fuente de luz son diodos de baja intensidad, teniendo distancias cortas de propagación hasta 20 Km, además son más económicas y su estación es muy fácil.

Finalmente como ya conocemos cómo es una fibra óptica, que materiales de fabricación y los tipos que hay. Tenemos que conocer como conectarlas entre si los dispositivos y

cómo son las placas de red quienes son los encargados de “transformar” la luz en código binario (foto sensores) para que el dispositivo pueda interpretar.

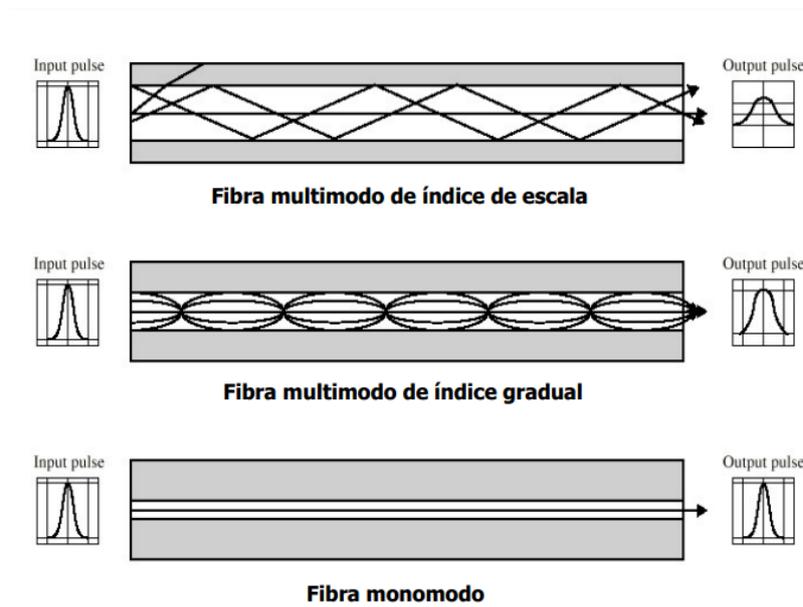


Figura 5. Fibra óptica de índice escalonado y gradual, fibra óptica monomodo.

Fuente: Historia de la fibra óptica (II). Recuperado de: <http://www.cablesyconectoreshoj.com/lo-mas-leido/>

### 2.1.3 TIPOS DE CONECTORES

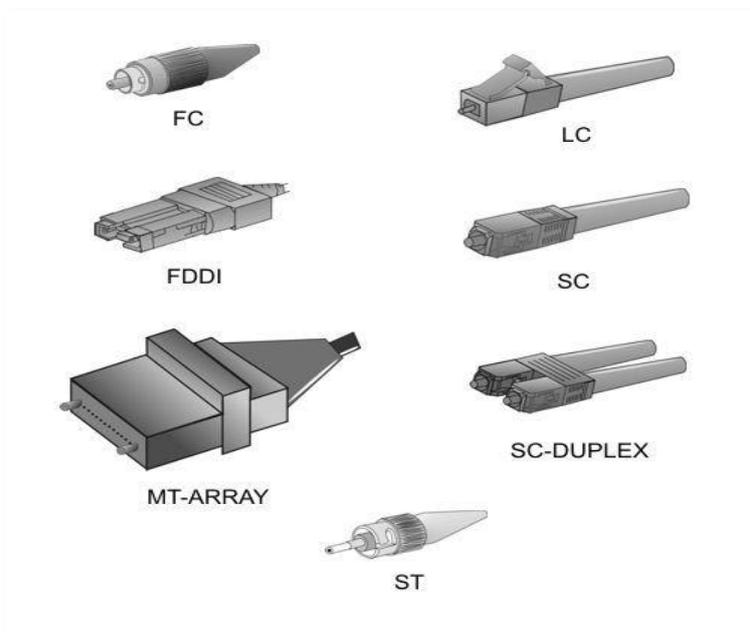


Figura 6. Tipos de conectores

Fuente: Conectores más utilizados en una red. Recuperado de: <http://www.alebentelecom.es/servicios-informaticos/faq/fibra-optica->

Rodriguez (2012) afirma que:

Estos elementos se encargan de conectar las líneas de fibra a un elemento, ya puede ser un transmisor o un receptor. Los tipos de conectores disponibles son muy variados, entre los que podemos encontrar se hallan los siguientes:

- **FC:** que se usa en la transmisión de datos y en las telecomunicaciones
- **FDDI:** se aplica en la redes de fibra óptica.
- **LC y MT-Array:** que se utilizan en transmisiones de alta densidad de datos
- **SC y SC Dúplex:** se utilizan para la transmisión de datos.
- **ST o BFOC:** se usa en redes de edificios y en sistemas de seguridad.
- **LED:** son baratos, no tienen mucha potencia y se usan en los cables multimodo.
- **LAS TARJETAS DE RED:** además de darnos la interfaz de conexión, son las encargadas de “convertir” los impulsos de luz en binarios para la comprensión de la computadora. Básicamente toman los impulsos de esta manera: Impulso de Luz = 1, oscuridad = 0. Así es como forma el binario.

#### 2.1.4 APLICACIONES

Se utilizan ampliamente en telecomunicaciones, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a una gran distancia, con velocidades similares a las de la radio y superiores a las de un cable convencional. Son el medio de transmisión por excelencia, al ser inmune a las interferencias electromagnéticas, y también se utilizan para redes locales donde se necesite aprovechar las ventajas de la fibra óptica sobre otros medios de transmisión. (V.S.Bagad, 2009)

## 2.2 DETALLES TECNOLOGÍA DE CONEXIONES POR FIBRA ÓPTICA

V.S.Bagad (2009) afirma que:

Su funcionamiento se basa en transmitir por el núcleo de la fibra un haz de luz, tal que este no atraviese el revestimiento, sino que se refleje y se siga propagando. Esto se consigue si el índice de refracción del núcleo es mayor al índice de refracción del revestimiento, y también si el ángulo de incidencia es superior al ángulo límite.

### 2.2.1 VENTAJAS

- Alto ancho de banda, haciendo que la transmisión dependa de la capacidad de procesamiento del emisor-receptor más que del medio.
- Multiprotocolo (TCP/IP<sup>2</sup>, SCSI<sup>3</sup>, etc.).
- Muy segura ya que no hay manera de acceder a los datos transmitidos sin romper la fibra.
- El cable es muy liviano y se corroe con dificultad
- Son ligeros y de tamaño reducido
- Son capaces de soportar grandes anchos de banda a altas velocidades de transmisión de datos.
- Están relativamente libres de la interferencia electromagnética.
- Tienen una alta fiabilidad junto con una larga vida operativa.

---

<sup>2</sup> TCP/IP Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet.

<sup>3</sup> SCSI (Small Computer System Interface) interfaz de sistema para pequeñas computadoras.

- Tienen un reducido ruido y cruce de datos comparados con los cables de cobre convencionales.
- Tienen relativamente valores bajos de atenuación debido al medio de transmisión.
- Tienen aislamiento eléctrico y están libres de conexión a tierra.
- No se ve afectada por ruido ni interferencias.

### **2.2.2 DESVENTAJAS**

- El conjunto de conectores, cable, placas, dispositivos para fibra, etc. Son caros para el uso no comercial, por eso se utiliza como backbone donde se debe transmitir un gran volumen de información a grandes velocidades.
- La fibra es frágil, lo que complica un poco la instalación.
- Los empalmes entre fibra son complejos.
- Siempre se va a necesitar un conversor óptico-eléctrico, ya que es casi imposible tener toda una red.
- La resistencia de la industria a la introducción de una nueva tecnología.
- Necesidad de un alto grado de precisión cuando se conectan cables y terminales conectores.
- Necesidad de tener en cuenta la resistencia mecánica de las fibras y la necesidad de asegurar que las curvas que dan los cables tengan radios suficientemente grandes para minimizar las pérdidas o la posibilidad de daños a las fibras.

## 2.3 RED GPON

Martínez (2013) afirma que:

GPON<sup>4</sup>, la tecnología de acceso mediante fibra óptica con arquitectura punto a multipunto es una de la más avanzada en la actualidad. Las economías de escala y experiencia acumulada en el núcleo de la red, con elevados niveles de tráfico sobre sistemas WDM<sup>5</sup> permitido que la viabilidad económica de la fibra y los componentes ópticos sea un hecho. Los servicios que se pueden emplear sobre una red de estas características son además los mismos que se pueden ofrecer sobre la red móvil, gracias a la integración que supone la introducción de IMS<sup>6</sup>.

Las redes GPON son diseñadas para ofrecer satisfactoriamente servicios que requieren un gran ancho de banda: voz, datos y televisión de alta definición con velocidades de acceso mayores a 50 Mbps<sup>7</sup>, para el internet, con costos más bajos de mantenimiento y operación.

Esto permite llevar la Fibra óptica lo más cerca posible del usuario, para esto se hace uso de las nuevas tecnología que han surgido como las arquitecturas que reducen el uso conductores de cobre. Para una mejor ilustración de la estructura de una red GPON pongo a su consideración un esquema, en el que se detallan los diferentes elementos que definen esta red así como su función de conexiones.

---

<sup>4</sup> GPON: La Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit.

<sup>5</sup> WDM: multiplexación por división de longitud de onda.

<sup>6</sup> IMS: Subsistema Multimedia IP.

<sup>7</sup> Mbps: Megabit por segundo.

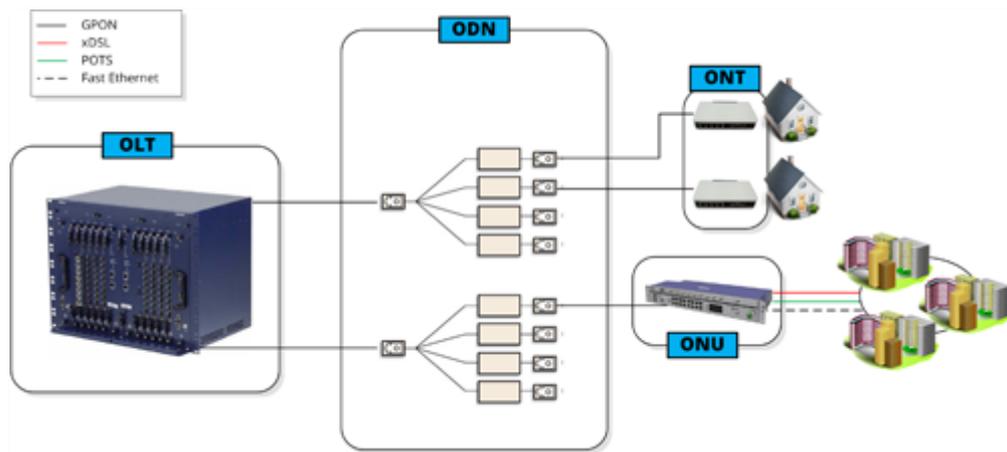


Figura 7. Diagrama de la red GPON.

Fuente: Red Gpon y sus diferentes elementos que definen la red. Recuperado de: <http://www.telequismo.com/>

### 2.3.1 OLT (EQUIPO CENTRAL ÓPTICO)

Martínez (2013) afirma que:

El OLT es el equipo de cabecera, estos equipos conectan la red del operador con la red GPON y normalmente se ofrecen en un formato modular que permiten la adecuación a los diferentes escenarios existentes.

De esta manera podremos disponer de puertos para conexión de uplink<sup>8</sup> tanto eléctricos como ópticos y puertos de acceso que al margen de los puertos GPON que son lo que nos interesan hoy puede ofrecer alternativas basadas en cobre como VDSL2<sup>9</sup> o ADSL2+<sup>10</sup>. Es por ello que es bastante habitual encontrar referencias a los OLT como MSAN<sup>11</sup>.

<sup>8</sup> UPLINK: enlace o conexión de subida.

<sup>9</sup> VDSL2: línea de abonado digital de muy alta tasa de transferencia.

<sup>10</sup> ADSL2+: línea de abonado digital asimétrica.

<sup>11</sup> MSAN: Nodo de acceso multiservicios.

### **2.3.2 ODN (RED DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA)**

Martínez (2013) afirma que:

Se refiere a la ODN como los diferentes elementos ópticos existentes entre la OLT y las diferentes ONTs/ONUs de la red GPON. Suele estar compuesto por diferentes fibras ópticas y de los splitters requeridos para diversificar la red. Está compuesta por elementos pasivos, logrando así un considerable ahorro en el mantenimiento.

### **2.3.3 ONU (UNIDAD DE RED ÓPTICA)**

La ONU es uno de los elementos que pueden acoplarse a una OLT. En se trata de dispositivos de distribución que dan servicio a más de un usuario, ofrece conectividad GPON para la interconexión con la OLT y dispone de diferentes tecnologías para dotar de servicio a los usuarios.

### **2.3.4 ONT (EQUIPO DE USUARIO ÓPTICO)**

Es equipo que ofrecerá el servicio al usuario y que conectará directamente con la OLT, utilizar fibra óptica tiene muchas ventajas, tales como: Mayores anchos de banda, mayores distancias desde la central hasta el abonado, mayor resistencia a la interferencia electromagnética, mayor seguridad de la red, menor degradación de las señales, entre otras. demás, la reducción de repetidores y otros dispositivos supondrán menores inversiones iniciales, menor consumo eléctrico, menor espacio, menos puntos de fallo, etc.

## 2.4 TECNOLOGÍA FTTH (FIBRA HASTA EL HOGAR)

### 2.4.1 DESCRPCIÓN DEL SISTEMA FTTH

Boquera (2003) afirma que:

FTTx es conocido como, donde x es una variable que nos indica los diferentes destinos. La industria de las telecomunicaciones diferencia distintas arquitecturas dependiendo de la distancia entre la fibra óptica y el usuario final. Las más importantes en la actualidad son: FTTN<sup>12</sup>, FTTC<sup>13</sup>, FTTB<sup>14</sup> y FTTH<sup>15</sup>.



Figura 8. Fibra óptica hasta la casa.

Fuente: Opciones de fibra óptica. Recuperado de: <http://sx-de-tx.wikispaces.com/FTTx>

<sup>12</sup> FTTN: fibra hasta el nodo.

<sup>13</sup> FTTC: fibra cabina o armario de telecomunicaciones está más cerca del usuario.

<sup>14</sup> FTTB: fibra hasta la acometida del edificio.

<sup>15</sup> FTTH: fibra hasta el hogar.

En FTTH la fibra óptica llega hasta el hogar u oficina del abonado. En FTTB la fibra termina antes en el interior o en sectores cercanos del edificio de los abonados. En FTTN la fibra termina muy distante de los abonados como en un nodo, en las inmediaciones del barrio. La elección de una arquitectura adecuada dependerá principalmente del costo unitario por usuario final, del tipo de servicios que desee el usuario y del servicio que quiera ofrecer el operador.

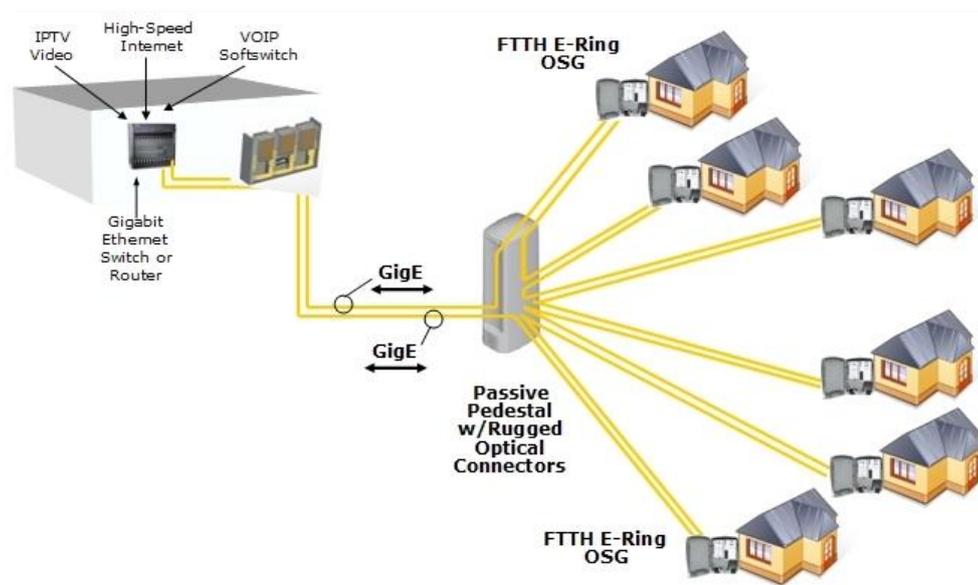


Figura 9. Topología FTTH

Fuente: Esquema de la red FTTH. Recuperado de: <http://www.dielectroindustrial.es/area/12>

Para concluir podemos añadir que son sistemas compuestos por fibra óptica que llegan hasta el hogar del abonado, se basa en la utilización de cables de fibra óptica y sistemas de distribución ópticos adaptados a esta tecnología capaces de soportar un ancho de banda más amplio para la distribución de servicios tales como: VOIP<sup>16</sup>, HDTV<sup>17</sup>, VOD<sup>18</sup>, Internet de banda ancha, juegos en red y Video.

<sup>16</sup> VOIP: Voz sobre protocolo de internet.

<sup>17</sup> HDTV: La televisión de alta definición.

<sup>18</sup> VOD: Video bajo demanda.

## 2.5 CARACTERÍSTICAS DE FTTH

Velasco (2013) afirma que:

En FTTH la velocidad que recibe el usuario deja de ser dependiente de la distancia a la central del operador o del estado del par de cobre, cambiando así por completo el mapa de cobertura de las ciudades y, cara al usuario, el esquema del equipamiento utilizado también cambia, puesto que verá cómo llega a su casa un cable de fibra que termina en un ONT (Optical Network Terminal), es decir, un conversor de señales ópticas a Ethernet y un router que, además, también puede transportar nuestras llamadas de voz (al ser VoIP).

La tecnología FTTH esta compuesto por fibra y aparatos opticos, utilizan lo sistemas PON lo que permite tener un ancho de banda mucho mas amplio permitiendo su uso a futuro, esto no se conseguia con la utilizacio de los sistemas GPON Y EPON.

Cataño (2010) afirma que:

Las redes FTTH en la actualidad utilizan la tecnología de los sistemas opticos pasivos y que a futuro sera la unica solucion para la demanda del servicio. Con la utilizacion de la tecnología PON una red FTTH tiene las siguientes características:

- Las redes PON tienen un alcance hasta 20 Km desde el equipo central OLT.
- Minimizan el despliegue de fibra en el bucle local, y simplifican la densidad del equipamiento de central, reduciendo el consumo.
- Ofrecen un mayor de ancho de banda por usuario debido por la mayor capacidad de la fibra para transportar información.
- Aumentan la calidad del servicio y simplifican el mantenimiento de la red,

- No les afecta los ruidos electromagnéticos
- Permite crecer a mayores tasas de transferencia superponiendo longitudes de onda adicionales
- En estos momentos parece que sea la opción preferida para edificar la futura red de acceso al abonado.
- Con la arquitectura punto-multipunto, las PON permiten superponer una señal óptica de Televisión procedente de una cabecera CATV<sup>19</sup> en otra longitud de onda.

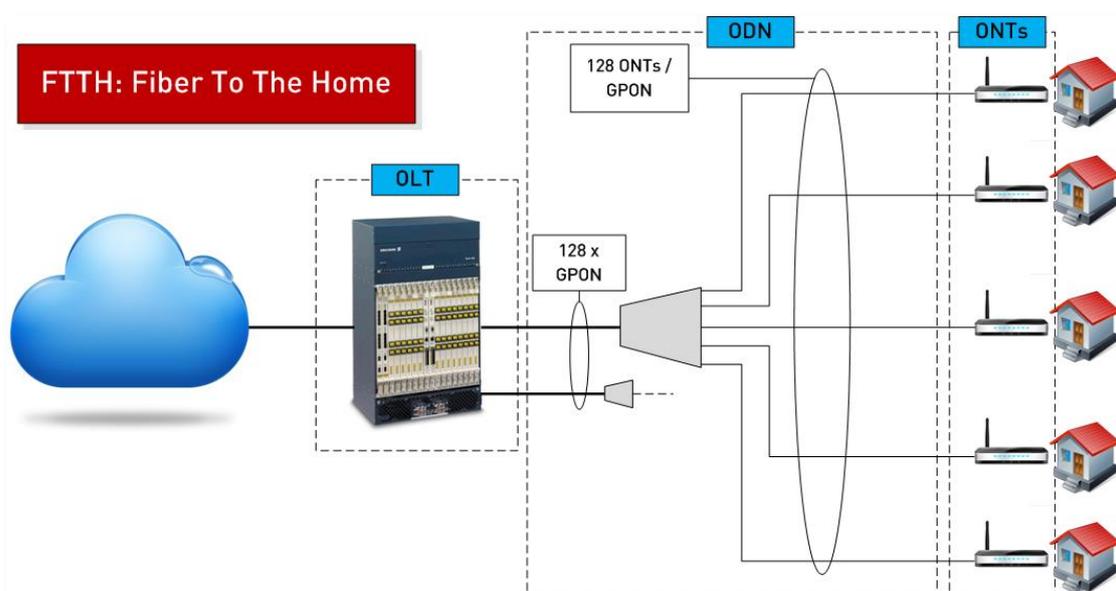


Figura 10. Tecnología FTTH

Fuente: Esquema de una red FTTH. Recuperado de: <http://www.telequismo.com/>

Las instalaciones para FTTH presentan varias diferencias con respecto a otras instalaciones de fibra óptica y se hacen presentes dependiendo de las topologías y modos de trabajo utilizados en los sistemas FTTH.

<sup>19</sup> CATV: (Community Antenna Television) o televisión por cable.

En los sistemas donde la fibra óptica es el medio de transporte de la información, las conexiones son punto a punto, en FTTH las conexiones son punto a multipunto, pudiendo existir varios puntos de distribución en el sistema, generalmente se ha utilizado una sola longitud de onda a pesar de que los sistemas DWDM<sup>20</sup> utilicen varias portadoras, todas éstas están en el mismo rango de longitud de onda.

Los sistemas FTTH utilizan 2 o 3 ancho de banda bastante separado entre sí: 1310nm, 1490nm y 1550nm. Cada uno de los sectores de fibra óptica tendida está asociado a una única señal que puede ser transmitida en cualquier momento, ya que se disponía de una fibra dedicada a la misma.

En FTTH se utiliza la división en el tiempo para que cada uno de los clientes nos encontremos con que las señales se dividen en espacio, en frecuencia y también en el tiempo. Además, las topologías e interconexiones son más complejas. Los sistemas FTTH son divididas por medio de splitters en uno o varios puntos de la red, para llegar de los clientes. Pueden utilizarse conectores, fusiones o la utilización de los dos para la interconexión.

La utilización de un splitter de 1x32, esto induce una pérdida de unos 16 dB<sup>21</sup>, por lo que es necesario controlar cuidadosamente las pérdidas del resto de los elementos. Para una mejor ilustración de la estructura de una red GPON pongo a su consideración un esquema, en el que se detallan los diferentes elementos que definen esta red así como su función en el conexionado.

---

<sup>20</sup> DWDM: (Dense Wavelength Division Multiplexing) o Multiplexación por división de onda densa.

<sup>21</sup> dB: Es una unidad que representa la pérdida en equipos y enlaces ópticos

Los sistemas FTTH utilizan 2 o 3 longitudes de onda, para la separación de los tipos de señales del sistema:

- 1310nm para Voz y Datos, desde el ONT al OLT (Upstream, del Cliente a la Central).
- 1490nm para Voz y Datos (y en muchos casos Video, IPTV) desde el OLT al ONT (Downstream, de la Central al Cliente).
- 1550nm para Video de RF, desde la Central al ONT (Downstream, de la Central al Cliente).

Muchas veces esta señal no se utiliza. Desde la central el OLT (Optical Line Terminal) se transmiten Voz y Datos a los clientes, utilizando la longitud de onda de 1490nm, también puede incluir señal de video (IPTV). Puede utilizarse la longitud de onda de 1550nm para transmitir video.

Varios protocolos han sido definidos para sistemas FTTH o PON<sup>22</sup> (Passive Optical Networks), APON<sup>23</sup> (ATM-PON). Definido según la recomendación del ITU-T G.984.1 es un sistema basado en ATM<sup>24</sup> hasta 155Mb/s.

Se incrementa la posibilidad de transmisión a 1550nm para Video, la Velocidad máxima es de 155Mb/s Upstream (del cliente a la central) y de 622Mb/s Downstream (de la central al abonado). Es el sistema que más se utiliza en la actualidad, sobre todo en Estados Unidos.

---

<sup>22</sup> PON: (Passive Optical Network) o Red Óptica Pasiva.

<sup>23</sup> APON: Redes Ópticas Pasivas ATM.

<sup>24</sup> ATM: (Asynchronous Transfer Mode) o modo de transferencia asíncrona.

## **2.6 ARQUITECTURA DE UNA RED FTTH**

Marchukov (2011) afirma que:

En este punto se va a estudiar la arquitectura de las redes FTTH, haciendo un estudio más profundo sobre PON, que es la tecnología más utilizada actualmente. También se revisaran y se contrastaran con los distintos tipos de sistemas y de topologías utilizadas en esta tecnología.

Las red pasiva PON está compuesta por splitters pasivos entre la central y el abonado, se puede considerar que una red PON no tiene electrónica en su arquitectura es decir es completamente óptica.

A pesar de las numerosas ventajas que pueden ofrecer las arquitecturas activas, estas tiene varios inconvenientes: el uso de elementos activos tiene u coste más elevado en su implementación y mantenimiento de la red, son sistemas que requieren más potencia y no resultan eficientes para ciertas frecuencias entre ellas las tipo ráfaga.

### **2.6.1 REDES DE ACCESO**

Marchukov (2011) afirma que:

Una red de acceso está compuesta por una serie de elementos y equipos necesarios para realizar la conexión entre el proveedor de servicio y el usuario. El nodo central es el punto en el cual los proveedores de servicios realizan la interconexión con la red de acceso. La red de acceso local se denomina como “la última milla”. Las redes de acceso puede ser implementadas diferentes maneras, pero la mejor es realizarlo por medios de acceso

óptico, que es considerada una de las mejores opciones debido al óptimo rendimiento que ofrece la fibra óptica para las redes FTTH, gran capacidad, pocas pérdidas, etc.

Generalmente una red óptica está integrada por los siguientes elementos:

- OLT (Optical Line Terminal): es un dispositivo pasivo situado en el nodo de distribución y sirve como el punto final del proveedor de servicios.
- ONT (Optical Network Terminal) u ONU (Optical Network Unit): es el terminal situado en casa del usuario y ofrece las interfaces al usuario.
- ODN: consiste en un nodo que distribuye la señal desde la central del proveedor hasta los hogares. Consta de splitters, tramos de fibras ópticas, empalmes y conectores.
- Splitter o Divisor óptico: elemento pasivo que se encarga de direccionar la señal proveniente del OLT hasta cada uno de los abonados.

## **2.7 SISTEMAS ACTIVOS Y SISTEMAS PASIVOS**

Marchukov (2011) afirma que:

En las redes activas, la información se procesa y se envía al enlace que es un enlace punto a punto y el ONT solo recibe información que va dirigida a este. En las redes pasivas la información no es procesada, el ONT es el encargado de aceptar o descartar la información recibida. Para los sistemas activos, no es necesario el uso del protocolo MAC<sup>25</sup>, sin embargo en las redes pasivas resulta necesaria su utilización.

---

<sup>25</sup> MAC: (Media Access Control) o Control de Acceso al Medio

La ventaja principal de los sistemas activos es que poseen un enlace entre el nodo remoto y el ONT dedicado, con lo cual es posible utilizar dispositivos electroópticos con un coste bajo en los ONTs. Por el contrario, en los sistemas pasivos todos los dispositivos trabajan con el total de ancho de banda.

## 2.8 SISTEMAS DIRECCIONALES

Llanos (2007) afirma que:

Los sistemas direccionales son los unidireccionales y los bidireccionales: los de transmisiones unidireccionales utilizan dos fibras, una para el canal de subida y otra para el canal de bajada; los bidireccionales disponen solo de una fibra para ambos canales, de subida y de bajada.

Para el transporte de la información en los sistemas unidireccionales se dispone de una capacidad de  $W^{26}$  canales (longitudes de onda) para cada cable de fibra óptica ( $W$  para el enlace ascendente y  $W$  para el enlace descendente). Mientras que en las redes bidireccionales se tiene una capacidad total de  $W$  canales, es decir  $W/2$  canales para la subida de datos y  $W/2$  para la bajada. A continuación se muestra la estructura de los dos sistemas explicados.

Los unidireccionales son más eficientes que las redes bidireccionales, ya que tienen el doble de canales que los bidireccionales.

---

<sup>26</sup>  $W_0$  (Wave) Longitud de Onda.

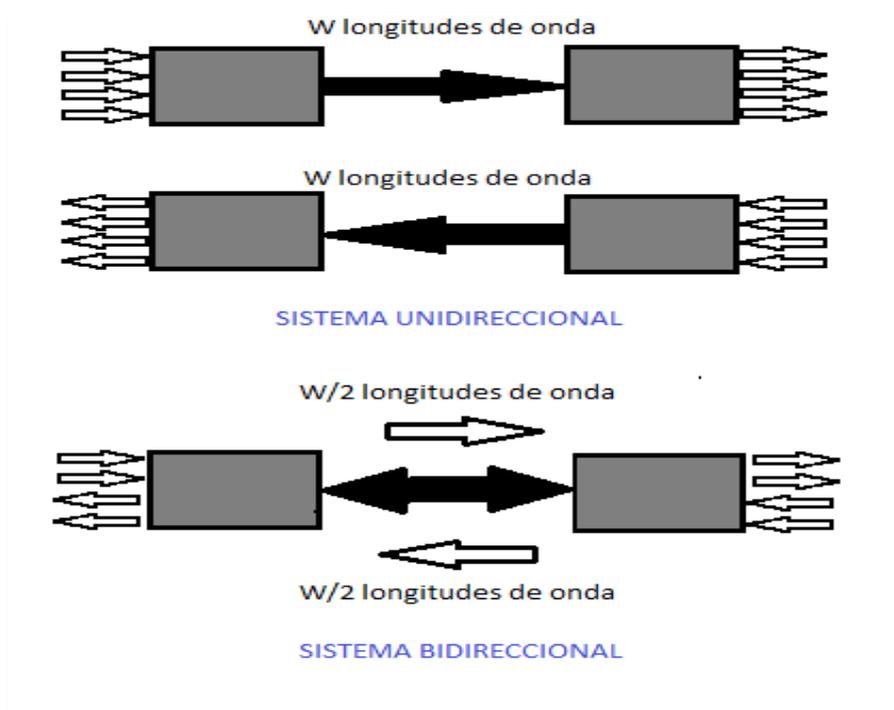


Figura 11. Sistemas activos y pasivos

Fuente: Esquema de un sistema unidireccional y bidireccional. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13413/memoria.pdf?sequence=1>

## 2.9 CONFIGURACIÓN PUNTO A PUNTO

Llanos (2007) afirma que:

Esta arquitectura es compuesta por un enlace entre el OLT y los ONT mediante unos cables de fibra óptica, se trata de un sistema no tan utilizado en las arquitecturas de fibra hasta el hogar debido a su elevado coste. El precio de la implantación de estas redes está en función del número de abonados (ONT). Este servicio es contratado, normalmente por empresas que necesitan un enlace entre distintas sucursales. Utilizan un sistema bidireccional.

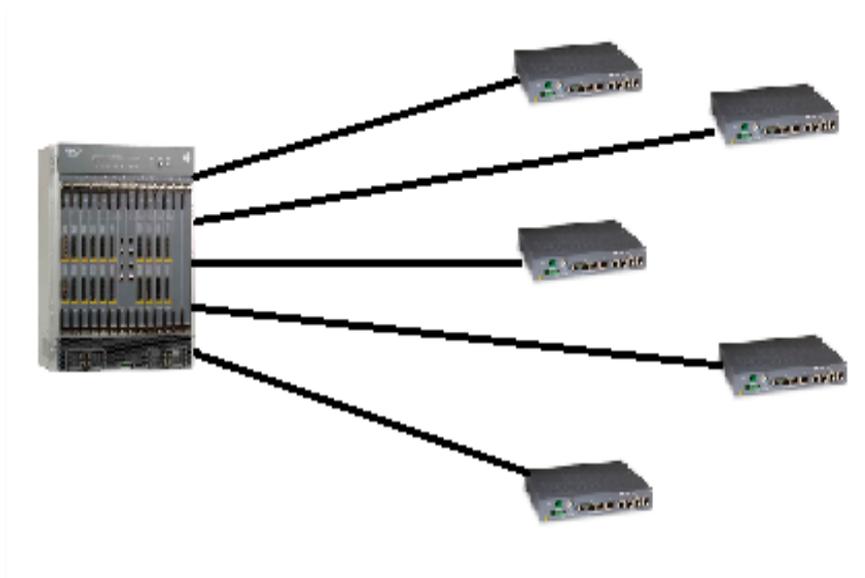


Figura 12. Red punto a punto

Fuente: Historia del internet. Recuperado de:  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13413/memoria.pdf?sequence=1>

## 2.10 CONFIGURACIÓN PUNTO A MULTIPUNTO

Llanos (2007) afirma que:

En la tecnología FTTH se utiliza la configuración punto a multipunto, llamada PON (Passive Optical Network) o Red Óptica Pasiva. Las redes PON constan de los siguientes elementos: OLT, ONT, ODN y divisores ópticos; elementos que se detallaran en capítulo posteriores.

Con la utilización de esta arquitectura se reduce el precio de la implementación de la red mediante el uso de elementos pasivos sencillos, los usuarios comparten un mismo cable de fibra que llega hasta el splitter, donde la señal es distribuida hacia sus respectivos abonados.

## 2.11 ARQUITECTURA EN ESTRELLA O EN ÁRBOL

Es la arquitectura más utilizada en las redes FTTH debido a su bajo coste y a su gran eficiencia. Su estructura consiste en la interconexión del nodo central con un divisor óptico mediante tan solo un tramo de fibra, el divisor es el dispositivo pasivo que se encarga de repartir la señal, enviándola a sus destinatarios, en el divisor para realizar la conmutación se asignan unos intervalos de tiempo específicos para los ONTS, basándose en la demanda de ancho de banda de cada uno de estos. En el canal ascendente se utiliza normalmente multiplexación por división en el tiempo (TDM<sup>27</sup>) (Llanos., 2007)

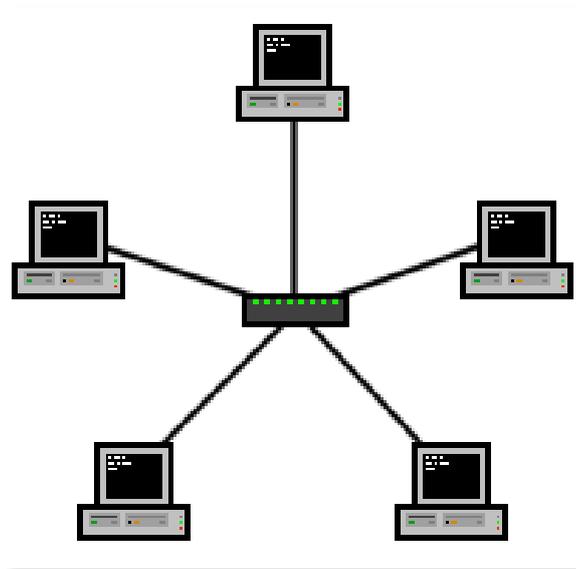


Figura 13. Arquitectura en estrella o árbol

Fuente: Historia del internet. Recuperado de:

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13413/memoria.pdf?sequence=1>

Este tipo de red brinda la facilidad para modificar la misma, si aumenta el número de usuarios la red en estrella puede dividirse en varias subredes, demostrando de esta manera la flexibilidad de la arquitectura.

<sup>27</sup> TDM: (Time Division Multiple Access) o Acceso Múltiple por División de Tiempo.

Estos sistemas en estrella presentan dificultades en cuanto a la fiabilidad. La rotura del tramo principal de fibra o un fallo divisor óptico, fallo de los amplificadores, o fallo del láser supondría la caída completa del todo el sistema.

## **2.12 APLICACIONES**

Alvear (2011) afirma que:

Una red de aplicación FTTH puede alcanzar distancias de hasta 20 Km con redes ópticas pasivas y se superan los inconvenientes que existen cuando se utilizan redes de cobre y se considera que su aplicación más importante es en barrios residenciales suburbanos. La distancia a la OLT no representa ningún inconveniente ni restringe el ancho de banda de la red debido a que una red de fibra óptica no necesita de una reingeniería por mucho tiempo.

La aplicación más importante en las telecomunicaciones esta la televisión en HD alta definición debido a que cada la oferta de canales en Alta Definición e cada vez mayor, otra de las aplicaciones es la video llamada ya que el usuario requiere de un servicio más rápido y de mejor calidad.

## **2.13 RECOMENDACIONES PARA REDES GPON**

Para lograr rendimientos ópticos de acuerdo a cada aplicación, diversos dopajes (impurezas agregadas controladamente) son incluidos en el vidrio que conforma la materia prima de la fibra óptica.

### **2.13.1 RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.1.**

En esta Recomendación se describe una red de acceso flexible de fibra óptica con capacidad para soportar las necesidades de ancho de banda de los servicios para empresas y particulares y abarca sistemas con velocidades de línea nominales de 1,2 Gbit/s y 2,4 Gbit/s en sentido descendente (hacia el destino) y de 155 Mbit/s, 622 Mbit/s; 1,2 Gbit/s y 2,4 Gbit/s en sentido ascendente (hacia el origen). Se describen sistemas de redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits (GPON, gigabitcapable passive optical network) simétricos y asimétricos (ascendentes/descendentes). Además, se proponen las características generales de los sistemas GPON basándose en las necesidades de servicio de los operadores. Esta Recomendación tiene por objeto mejorar el sistema descrito en la Rec. UIT-T<sup>28</sup> G.984.1 para lo cual se examina de nuevo el servicio de soporte, las políticas de seguridad, las velocidades de bit nominales, etc. Para garantizar la máxima continuidad de los sistemas y la infraestructura de fibra óptica existentes, en esta Recomendación se mantienen algunos de los requisitos de la Rec. (UIT-T Recomendación G.984.1, 2003)

### **2.13.2 RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.2**

En la presente enmienda se describen los balances de potencia recomendados en la práctica para los sistemas especificados en las Recomendaciones de la serie G.984 que funcionan a velocidades de 2,488 Gbit/s en sentido descendente y 1,244 Gbit/s en sentido ascendente. Estos balances han de considerarse como ampliaciones opcionales de la Recomendación, y corresponden a los valores ópticos observados en la práctica para este sistema en concreto. (UIT-T Recomendación G.984.2, 2006).

---

<sup>28</sup> UIT-T: Sector de Normalización de las Telecomunicaciones.

### **2.13.3 RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.3**

En esta Recomendación se describe la capa de convergencia de transmisión de redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits, una familia de redes de acceso flexible capaces de proporcionar una gama de servicios de banda ancha y de banda estrecha. Se describen sistemas que funcionan a velocidades de 1,24416 y 2,48832 Gbit/s en sentido descendente, y 0,15552; 0,62208; 1,24416 y 2,48832 Gbit/s en sentido ascendente.

Incluye las especificaciones de trama, mensajes, determinación de distancia, y seguridad de la convergencia de transmisión de las PON con capacidad de gigabits (GTC, Convergencia de Transmisión Gigabit). (UIT-T Recomendación G.984.3, 2004).

### **2.13.4 RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.4**

En esta Recomendación se especifica la interfaz de control y gestión (OMCI<sup>29</sup>) de la terminación de red óptica (ONT) para los sistemas de redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits (G-PON), como se define en las recomendaciones. UIT-T G.984.2 y G.984.3.

En primer lugar, se especifican las entidades gestionadas de una base de información de gestión (MIB<sup>30</sup>) independiente del protocolo que determina el intercambio de información entre la terminación de línea óptica (OLT) y la terminación de red óptica (ONT). Además, se describen el canal, el protocolo y los mensajes detallados de gestión y control de la ONT. (UIT-T Recomendación G.984.4, 2004).

---

<sup>29</sup> OMCI: (ONT Management and Control Interface) o Interfaz de Gestión y Control de la ONT.

<sup>30</sup> MIB: (Management Information Base) o Base de Información Gestionada.

## **CAPÍTULO III**

### **SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR YACUCALLE – EJIDO DE CARANQUI Y LA RED ACTUAL DE LA EMPRESA**

#### **3.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA TELCONET S.A.**

Telconet (2008) menciona que:

TELCONET es una empresa con operaciones en Ecuador con una trayectoria de más de 18 años en Soluciones de Conectividad, Internet, Centro de Datos y Servicios Gerenciados. Con una sólida plataforma de infraestructura de Fibra Óptica de un altísimo nivel de capilaridad que le ha permitido desarrollar negocios junto con el resto de sus filiales que pertenecen al Grupo Empresarial así como con sus asociados de Negocios.

En TELCONET sabemos que la esencia del negocio se encuentra en el entendimiento profundo de las necesidades de nuestros clientes. Somos una empresa comprometida con el servicio otorgando valor a cada solución ofrecida. Es por este motivo que nuestro Portafolio de Servicios ofrecido a través de nuestra red NGN<sup>31</sup> está orientado a cubrir esas necesidades, brindando calidad en cada uno de los procesos que se siguen, desde el contacto inicial con el cliente hasta el día a día del servicio entregado.

---

<sup>31</sup> NGN: Next Generation Networking) o Redes de Nueva Generación.

## **3.2 INTERNET DEDICADO**

Este servicio le proporciona una conexión permanente a Internet y le permite configurar las opciones de acuerdo a las necesidades específicas que tenga cada empresa.

Los servicios de Internet Dedicado de TELCONET, se brindan a través de una de las redes más avanzadas de América Latina. Cuenta con todos los servicios de un Centro de Operaciones de Red (NOC<sup>32</sup>), alta velocidad de interconexión al NAP<sup>33</sup> local en Ecuador y al NAP internacional en Miami, redundancia de plataforma y redundancia de interconexión internacional a los principales proveedores TIER<sup>34</sup> 1 en Estados Unidos, así como muchos otros servicios que aseguran un performance óptimo con altos estándares internacionales tanto tecnológicos como de servicio al cliente. (Telconet, 2008).

### **3.2.1 SERVICIOS DE INTERNET**

- Internet dedicado para empresas.

### **3.2.2 SLA O ACUERDO DE NIVEL DE SERVICIO OFRECIDO EN INTERNET**

- Disponibilidad desde: 99.6%
- Packet loss: cercanos al 0%
- Latencias al backbone en USA desde: 80 ms.

---

<sup>32</sup> NOC: (Network Operations Center) o Centro de Operaciones de Red

<sup>33</sup> NAP: (Network Access Point) o Punto de Acceso de Red.

<sup>34</sup> TIER1: Se refiere al datacenter de Nivel 1

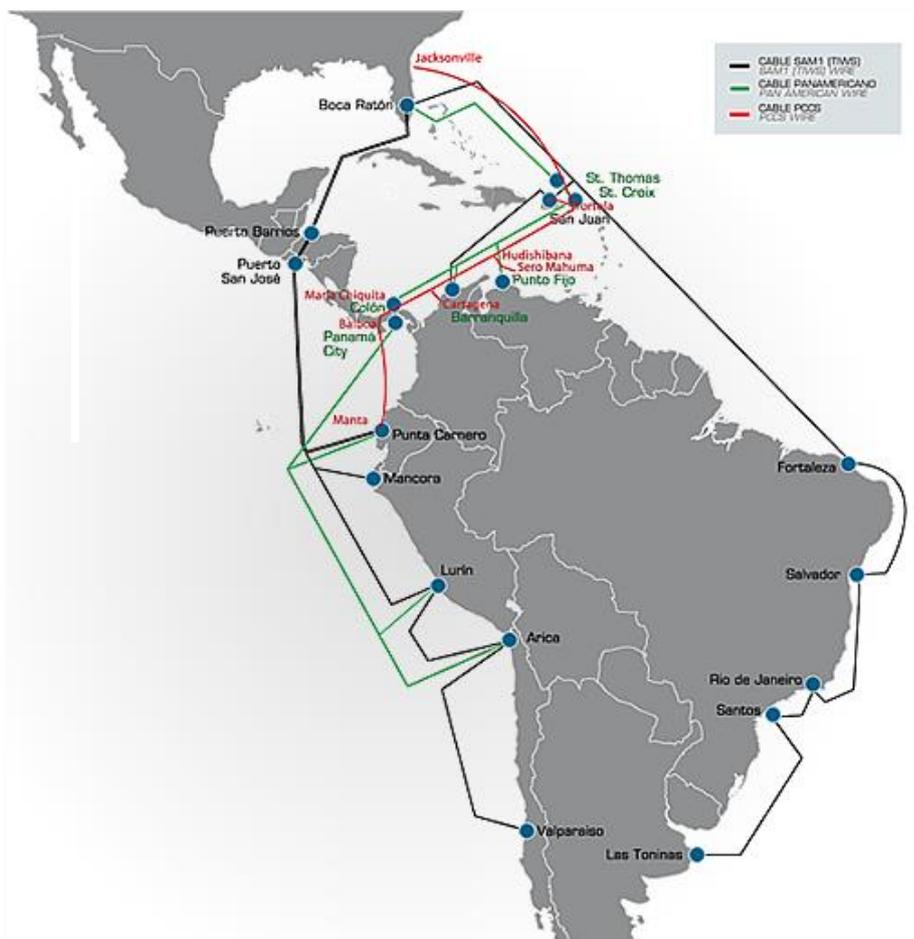


Figura 14. Cable Submarino que conecte al Ecuador con el mundo

Fuente: Cable submarino de Telconet. Recuperado de: <http://www.telconet.net/servicios/internetdedicado>

### 3.3 TRAYECTORIA DE LA EMPRESA TELCONET S.A.

**TELCONET**, tiene una gran trayectoria de telecomunicaciones al servicio del país.

- Primeros en empezar la construcción de una Red OTN de altísima tecnología que transportará Lambdas de 100G dentro de Ecuador. (2014)
- Primeros en desarrollar y empezar la construcción de una Fábrica de Cables de Fibra Óptica en Ecuador de altísima Tecnología (FiberHome Latam) en asociación con el gigante Chino FiberHome. (2013)

- Primeros en diseminar como empresa Ecuatoriana y liderar el Proyecto de construir un nuevo Cable Submarino que conecte el Ecuador con el mundo conectando un Cable Submarino con tecnología Alcatel de múltiples Lambdas de 100 Gigas que sale desde Manta Ecuador y termina en Jacksonville Estados Unidos. ( 2013)
- Primeros en construir y operar en Latinoamérica un Centro de Datos de Clase Mundial Categoría Tier IV Certificado por el Uptime Institute (2012).
- Primeros en brindar soluciones Dial Up con un segmento espacial privado de 128 Kbps, hace 13 años.
- Primeros en brindar servicios Corporativos de Internet por medio de un segmento espacial con modulación 16QAM.
- Primeros en tejer redes inalámbricas urbanas en bandas de 2.4 y 5.8 GHz.
- Primeros en desplegar redes de fibra óptica urbanas en las principales ciudades del país.
- Primeros en construir una Red de Fibra Óptica Nacional STM64 Anillo SDH<sup>35</sup> y una Red Nacional IP a 1 Giga que cubre las principales ciudades de la costa y sierra del Ecuador.
- Primeros en construir una Red IP MPLS a 10 Gigas.
- Primeros en desarrollar y comercializar Servicios de Transmisión de Video de High Definition para canales de televisión a través de fibra óptica.
- Primeros en brindar Servicios de Video Conferencia High Definition en todo el Ecuador a través de fibra óptica.

---

<sup>35</sup>SDH: (Synchronous Digital Hierarchy) o Jerarquía Digital Sincrónica.

- Primeros en brindar servicios de telecomunicaciones de muy alta disponibilidad (99.95%).
- Primeros en montar una plataforma de Red Cisco NGN de muy altas prestaciones.
- Primeros en brindar servicios de Internet y Transmisión de Datos en más de 110 ciudades en el Ecuador.
- Primeros en tener una capacidad internacional para conexión a Internet en los cables submarinos SAM1<sup>36</sup> y Panamericano de 80 STM1.

### **3.4 SITUACIÓN ACTUAL DE RED GPON EN LA CIUDAD DE IBARRA.**

En la actualidad existen 4 nodos operativos en la ciudad de Ibarra los cuales forman un anillo principal de fibra óptica de 144 hilos, este anillo permite brindar internet tanto corporativo como clientes home (hogares). Además existe un pétalo que sale del nodo Yacucalle y regresa al mismo nodo formando una ruta conocido dentro de la empresa como pétalo. Desde su implantación de la red Gpon en la ciudad de Ibarra ha tenido una acogida del servicio ya en 160 clientes en aproximadamente tres meses, los mismos que están contenidos en los siguientes nodos:

- Nodo Yacucalle
- Nodo Mariano Acosta
- Nodo SHD Ibarra
- Nodo Mutualista

---

<sup>36</sup>SAMI: (System for Award Management) o Sistema de Gestión Concesión

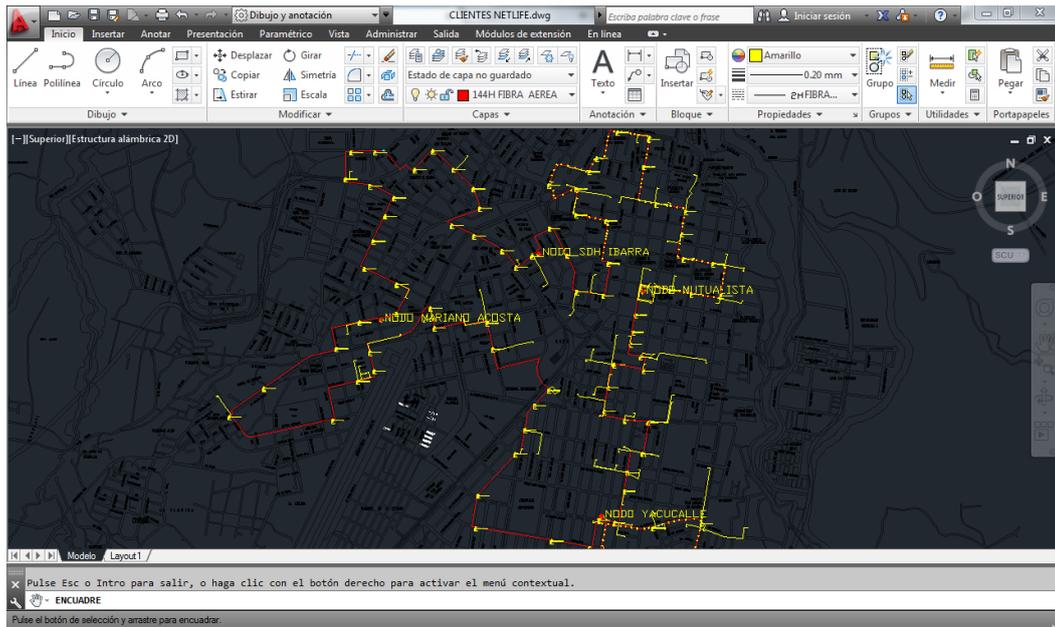


Figura 15. Anillo de fibra óptica actualmente operativo.  
Fuente: Nodos en la ciudad de Ibarra. El autor.

### 3.5 NODOS PROYECTADOS A FUTURO

Los nodos que se detallan a continuación entrarán en operación para cubrir los sectores más alejados de la ciudad de Ibarra, los cuales tendrán las mismas características que los nodos actuales, la empresa Telconet S.A. se basa en estándares de construcción y operación de forma general.

- NODO EJIDO DE CARANQUI
- NODO PILANQUI
- NODO ALPACHACA
- NODO AZAYA
- NODO 28 DE SEPTIEMBRE
- NODO LA VICTORIA

### **3.6 NETLIFE DEPARTAMENTO ENCARGADO DE DAR EL SERVICIO FTTH A CLIENTES EN LA CIUDAD DE IBARRA.**

Netlife (2010) menciona que:

Ser la organización líder en innovación tecnológica, facilitadora del acceso a la información y conocimiento a través de la provisión de soluciones digitales integradas, producto de la calidad, excelencia y compromiso de su gente, fomentando las relaciones a largo plazo con nuestros clientes.

Netlife es el primer Internet FTTH del país, que ofrece un desempeño único en su categoría. Velocidad incomparable, para que su vida en la red sea la mejor experiencia, porque tiene Fibra Óptica hasta el hogar con la menor compartición, velocidades inalcanzables y personal comprometido con ese ritmo de vida.

Mejorar la calidad de vida de nuestros clientes facilitando el acceso a la información, por medio de la provisión de servicios digitales integrados, apoyados en una constante innovación tecnológica y un recurso humano altamente calificado y motivado, contribuyendo así con el desarrollo de la Sociedad de la Información en el país.

Ser la organización líder en innovación tecnológica, facilitadora del acceso a la información y conocimiento a través de la provisión de soluciones digitales integradas, producto de la calidad, excelencia y compromiso de su gente, fomentando las relaciones a largo plazo con nuestros clientes.

## **3.7 TECNOLOGÍA UTILIZADA**

Netlife, Tecnología (2010) menciona que:

También conocida como Fibra hasta el Hogar (FTTH), es una tecnología de nueva generación que utiliza haces de luz como medio de transmisión de datos, y comunicación a una gran distancia, es el medio de transmisión por excelencia al ser inmune a interferencias electromagnéticas.

### **3.7.1 COMPARTICIÓN 2 A 1**

La compartición es la cantidad de servicios que utilizan la misma vía para poder contactarse al Internet, actualmente en el mercado nacional, la compartición puede variar dependiendo del segmento al cuál va dirigido, por ejemplo las ofertas para clientes home es de 8:1, profesionales 6:1 y pymes 4:1, NETLIFE, te ofrece la menor compartición del mercado a todos sus clientes 2:1.

### 3.8 ESTRUCTURA DE LA RED PRINCIPAL DE LOS NODOS QUE ESTAN OPERATIVOS

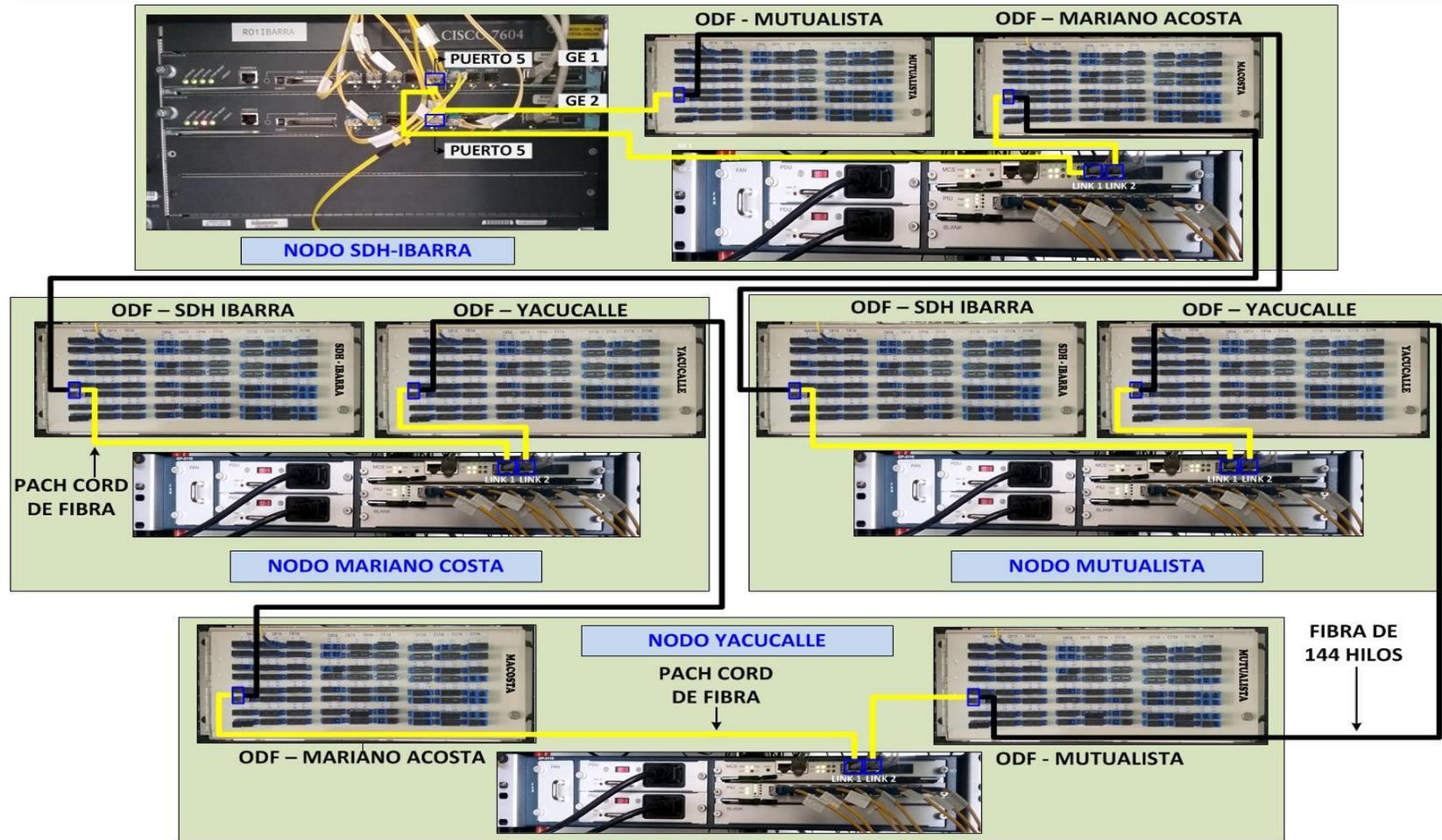


Figura 16. Estructura de la red Gpon y la interconexión de las OLTs.

Fuente: Telconet S.A. El Autor

Los nodos de la red Gpon que se encuentran actualmente operativos cubren gran parte de la ciudad de Ibarra brindando el servicio de internet, el departamento encargado de venta de los planes del servicio es Netlife el cual se encarga de realizar los contratos con los clientes y sus pagos.

### 3.8.1 NODO SDH-IBARRA

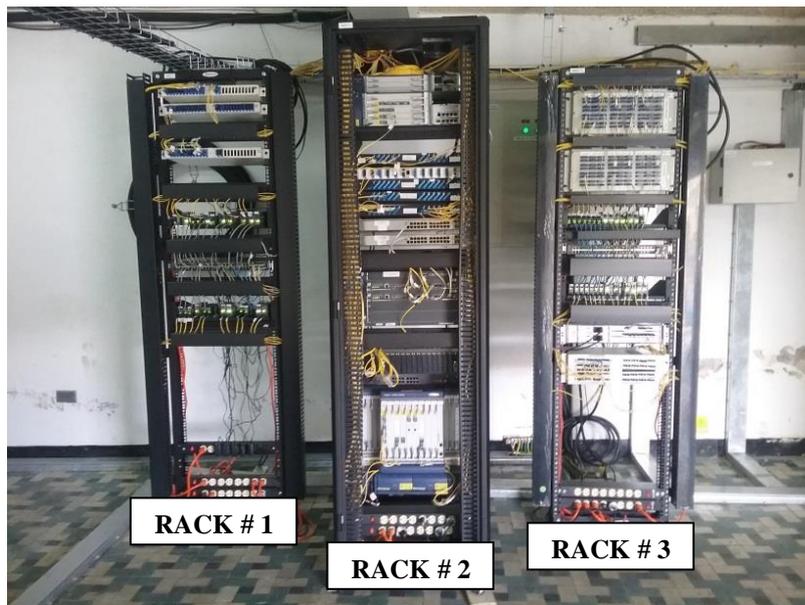


Figura 17. Nodo Sdh-Ibarra  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

La fibra interurbana llega tanto de la ciudad de Cayambe como enlace principal y de la ciudad de Tabacundo como enlace backup, dentro del nodo Sdh-Ibarra se tiene tres rack los cuales dan el servicio tanto para clientes corporativos como clientes a hogares mediante la red Gpon, el rack número uno y tres contiene los switch para dar el servicio a clientes corporativos, en el rack uno contiene además los ODF's de 24 puertos los cuales distribuyen los hilos de fibra de la ruta interurbana, el rack número dos contiene el router central para toda la red, el rack número tres contiene los ODF's para las rutas correspondientes hacia el nodo Mutualista y al nodo Mariano Acosta, también contiene el

equipo Olt para la red Gpon en donde habilita las cajas impares con dirección hacia en nodo Mutualista y las cajas pares hacia el nodo Mariano Acosta.

Posteriormente este nodo es considerado como un nodo agregador o SDH por el hecho de tener equipos los cuales permiten la implementación de un conjunto de protocolos de transmisión mediante fibra óptica, además el nodo SDH es un dispositivo digital que trabaja realizando multiplexación por división de tiempo. Además el suministro de energía está respaldado por un generador eléctrico el cual abastece de energía eléctrica dentro de un tiempo de 60 horas, en este lapso de tiempo personal de la empresa pueda llegar al nodo para abastecer de combustible al generador.

### 3.8.2 NODO MUTUALISTA

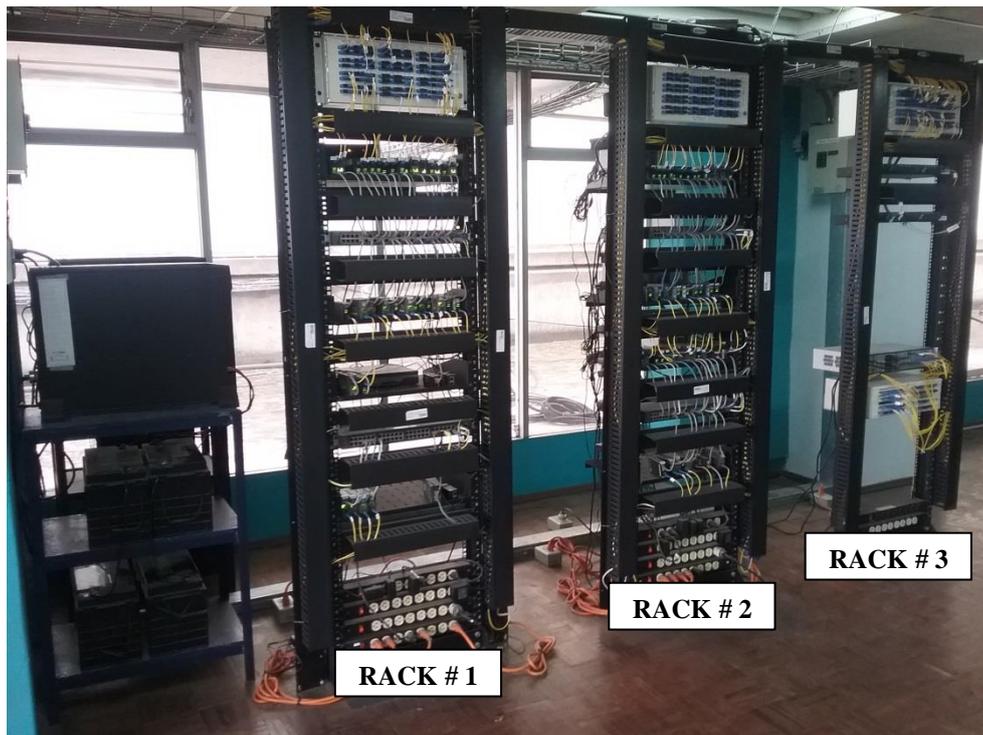


Figura 18. Nodo Mutualista  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

Este nodo es considerado como un nodo estándar ya que contiene tres rack, los dos primeros van a contener el equipamiento para clientes corporativos y el rack tres va a contener el equipo central Olt para la red Gpon, mediante este nodo las cajas impares se direccionan hacia el nodo Yacucalle y las cajas pares están direccionadas hacia el nodo Sdh-Ibarra.

### 3.8.3 NODO YACUCALLE

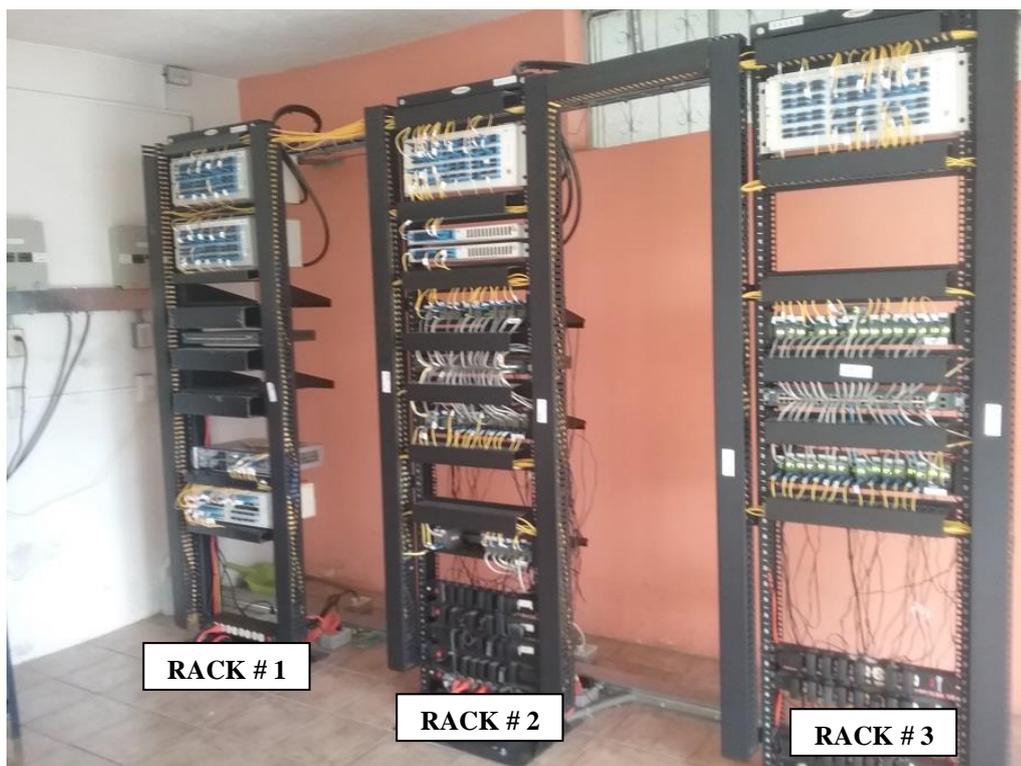


Figura 19. Nodo Yacucalle.  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

Este nodo de igual forma es considerado como un nodo estándar ya que únicamente contiene tres rack básicos, los dos primeros van a contener el equipamiento para clientes corporativos y el rack tres contiene el equipo central Olt para la red Gpon, mediante este nodo las cajas impares se direccionan hacia el nodo Mariano Acosta y las cajas pares están direccionadas hacia el nodo Mutualista.

### 3.8.4 NODO MARIANO ACOSTA

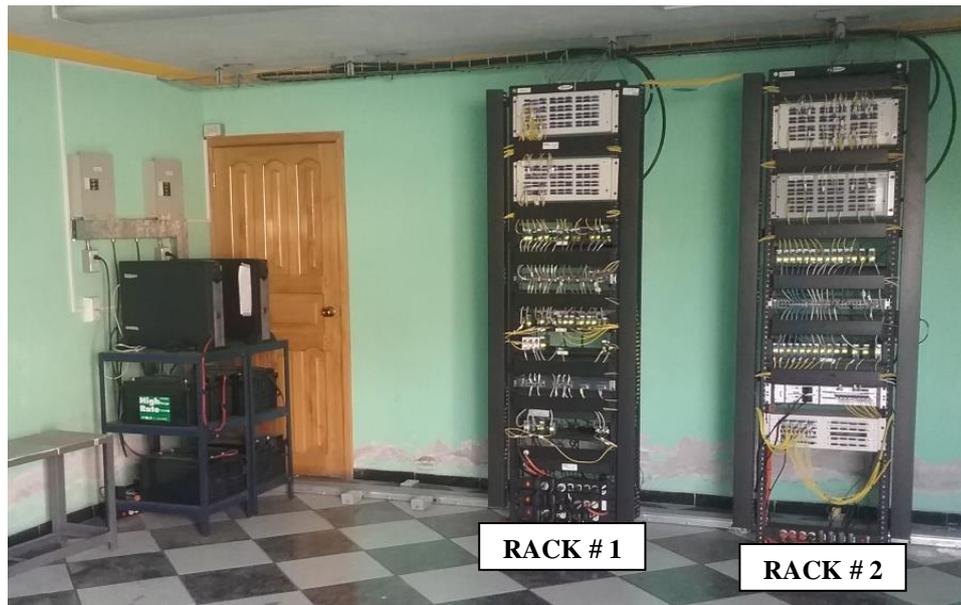


Figura 20. Nodo Mariano Acosta  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

Este nodo es considerado también como un nodo estándar ya que únicamente contiene dos rack debido a que los clientes corporativos no tienen tanta demanda, el primero va a contener el equipamiento para clientes corporativos y el rack dos el cual si tiene bastante demanda de clientes a hogares contiene el equipo central Olt para la red Gpon, este nodo direcciona las cajas impares hacia el nodo Sdh-Ibarra y las cajas pares están direccionadas hacia el nodo Yacucalle.

El diseño que se realizará para la ruta Yacucalle – Ejido de Caranqui estará basado en los estándares propuestos por la empresa los mismo que fueron utilizados para la implementación de las rutas que se encuentran operativas en la ciudad de Ibarra, en este diseño también estará contemplado los equipos tanto activos como pasivos los cuales son utilizados e implementados por la empresa Telconet S.A. para sus nodos y la red principal y la red Gpon.

### **3.9 EMPRESAS QUE BRINDAN EL SERVICIO DE INTERNET EN EL SECTOR A REALIZAR EL DISEÑO DE LA RED GPON.**

En el sector de Yacucalle – Ejido de Caranqui los habitantes obtienen el servicio de internet mediante la empresa CNT (publica) y Saitel S.A. (privada), por tal motivo se tendrá conocimiento de la tecnología, costos, ancho de banda que brindan a sus usuarios, información que nos servirá para determinar la demanda de clientes en este sector.

#### **3.9.1 CNT (CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES)**

La CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, CNT S.A es la empresa pública líder en el mercado de las telecomunicaciones del Ecuador, nace el 30 de octubre del 2008, con la finalidad de brindar un mejor servicio a todos los ecuatorianos y conectar a todo el país con redes de telecomunicaciones, resultado de la fusión de las extintas Andinatel S.A. y Pacifictel S.A.

La CNT fue creada el 30 de octubre del 2008 resultado de la fusión de las extintas Andinatel S.A. y Pacifictel S.A. luego de un poco más de un año, el día 4 de febrero del 2010, la CNT S.A., se convierte en empresa pública. La CNT brinda todos los servicios integrales que las nuevas tecnología de la telecomunicación lo permiten como telefonía fija y pública, internet, transmisión de datos, TICs y televisión.

### 3.9.1.1 Producto internet fast boy fijo

#### 3.9.1.1.1 Características y beneficios:

- Diferentes planes de internet pensando en sus necesidades
- La mejor red de transporte Ip/MPLS TE y red de acceso del país (Cobre ADSL2+).
- 5 salidas internacionales y propietarios del cable Panamá y Américas II
- Navegación ilimitada a mayor velocidad
- Modem WI-FI con 4 puertos de Ethernet, se puede conectar hasta 4 computadoras e inalámbricamente las computadoras que necesite el cliente.
- Disponibilidad del 98,30%

#### 3.9.1.1.2 Velocidades

Tabla 1. Planes del servicio de la empresa CNT

PLANES DE INTERNET FAST BOY FIJO				
VELOCIDAD DOWN	VELOCIDAD UP	VALOR MENSUAL USD.	TARIFA Inc. IVA	INSCRIPCIÓN USD.
<b>2000 Kbps (2 Megas)</b>	500 Kbps	\$18.00	\$20.16	\$50.00
<b>3000 Kbps (3 Megas)</b>	500 Kbps	\$24.90	\$27.89	\$50.00
<b>4000 Kbps (4 Megas)</b>	500 Kbps	\$36.00	\$40.32	\$50.00
<b>*6000 Kbps (6 Megas)</b>	500 Kbps	\$49.90	\$55.89	\$50.00
<b>*10000 Kbps (10 Megas)</b>	1000 Kbps	\$60.00	\$67.20	\$50.00
<b>*15000 Kbps (15 Megas)</b>	1000 Kbps	\$105.00	\$117.60	\$50.00

Fuente: Costos del ancho de banda que ofrece la empresa.

Recuperado:[http://soy.cnt.com.ec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=80:internet-fast-boy-fijo&catid=26:prodinte?Itemid=21](http://soy.cnt.com.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=80:internet-fast-boy-fijo&catid=26:prodinte?Itemid=21)

### **3.9.1.1.3 Restricciones**

- Modem WI-FI con 4 puertos de Ethernet, se puede conectar hasta 4 computadoras e inalámbricamente las computadoras que necesite el cliente.
- Disponibilidad del 98,30%.
- Es un servicio de Internet asimétrico enfocado al mercado Residencial con una compartición de 8:1
- La velocidad depende del hardware y software que utilice el cliente en su computadora.
- El servicio no tiene habilitado el puerto 25.
- El servicio incluye instalación en el sitio del cliente final, equipo terminal estándar y patchcord de 2mts hasta el PC. Si es necesario realizar un trabajo adicional de planta interna, tendrá un costo asociado por metro de material utilizado.
- El Modem es propiedad de la CNT, en el mes trece el Modem pasa a ser del cliente siempre y cuando haya cancelado las 12 mensualidades, si el cliente se retira antes del año de contrato, debe pagar el precio comercial proporcional de los meses restantes, en caso de WIMAX deberá entregar el equipo terminal, caso contrario CNT facturará el valor total del equipo al cliente.

### **3.9.1.1.4 Tecnología ADLS**

La tecnología ADSL ha sido una de las que más atención ha acaparado durante los últimos meses en nuestro país, por ser la elegida por el Ministerio de Fomento, para traer la tarifa plana en el acceso a Internet.

La funcionalidad inicial de la red telefónica, con alrededor de 800 millones de líneas de cobre enterradas y aéreas, ha sido progresivamente ampliada. El objetivo inicial era ofertar telefonía, pero actualmente ya se ha generalizado su utilización para el envío de fases, y la interconexión de ordenadores, sobre todo a través de Internet.

Sin embargo, los 56 Kbps sobre la red telefónica básica (RTB), y 64 ó 128 Kbps sobre la red digital de servicios integrados (RDSI), son insuficientes para la mayor parte de los usuarios domésticos para conectarse a Internet. Por otro lado, debido a que el acceso se cobra por tiempo de conexión y no por caudal transmitido, la lentitud de la conexión es algo que retrae a muchos usuarios potenciales. (Tejedor, Consultoría estratégica en tecnologías de la información y la comunicación, 1999)

### **3.9.2 SAITEL**

Soluciones Avanzadas Informáticas y Telecomunicaciones SAITEL, es una empresa que fue creada con el fin principal de brindar a la colectividad el servicio de Internet. Inicialmente sus operaciones las realizaba en la ciudad de Ibarra, posteriormente con la implementación de nuevas tecnologías y equipamiento la cobertura se amplió hacia los cantones aledaños y a la parte sur de la provincia del Carchi, lo que permitió además el montaje de sucursales en Cayambe, Joya de los Sachas y Tulcán. Actualmente Saitel.ec cubre casi la totalidad del territorio norte del país. SAITEL se proyecta para el futuro varios retos en la parte tecnológica, operativa y administrativa y espera lograr un crecimiento sostenido y cristalizar lo que se ha planteado como meta y como slogan de trabajo INTERNET WIRELESS PARA EL ECUADOR.

### 3.9.2.1 Costos

Tabla 2. Planes del servicio de la empresa SAITEL.

PLAN	VELOCIDAD (Kbps)	COSTO	COMPARTICIÓN	NIVEL DE SOPORTE
NOCTURNO	3584	\$ 15,00	6 - 1	1
NOCTURNO	4608	\$ 20,00	6 - 1	1
NOCTURNO ESPECIAL	3584	\$ 20,00	6 - 1	1
NOCTURNO ESPECIAL	4608	\$ 25,00	6 - 1	1
RESIDENCIAL	3000	\$ 17,90	6 - 1	1
RESIDENCIAL	3500	\$ 20,00	6 - 1	1
RESIDENCIAL	4000	\$ 25,00	6 - 1	1
RESIDENCIAL	4200	\$ 28,00	6 - 1	1
RESIDENCIAL	4500	\$ 30,00	6 - 1	1
RESIDENCIAL	5000	\$ 35,00	6 - 1	1
RESIDENCIAL	5500	\$ 40,00	6 - 1	1
RESIDENCIAL	6000	\$ 45,00	6 - 1	1
RESIDENCIAL	6500	\$ 55,00	6 - 1	1
RESIDENCIAL	7500	\$ 65,00	6 - 1	1
RESIDENCIAL	8192	\$ 75,00	6 - 1	1
RESIDENCIAL ESPECIAL	2458	\$ 20,00	6 - 1	1
RESIDENCIAL ESPECIAL	3072	\$ 25,00	6 - 1	1
RESIDENCIAL ESPECIAL	3584	\$ 30,00	6 - 1	1
RESIDENCIAL ESPECIAL	4096	\$ 35,00	6 - 1	1
RESIDENCIAL ESPECIAL	4608	\$ 40,00	6 - 1	1
RESIDENCIAL ESPECIAL	5120	\$ 50,00	6 - 1	1
RESIDENCIAL ESPECIAL	6144	\$ 60,00	6 - 1	1
RESIDENCIAL ESPECIAL	7168	\$ 70,00	6 - 1	1

Fuente: Costos del ancho de banda que ofrece la empresa. Recuperado:  
<http://www.saitel.ec/pags/planesHogar.html>

### 3.9.2.2 Tecnología radio enlace

Aquino (2015) afirma que:

Un enlace de larga distancia (también conocido como enlace remoto) es una conexión que usa tecnología inalámbrica (puntos de acceso, ruteadores y computadoras, entre otros) para enlazar equipos que se encuentran distantes. La separación de estos puntos por unir

puede ir desde los cientos de metros hasta kilómetros. Por ejemplo, un enlace nos permitirá conectar una red LAN de nuestra oficina con otro edificio o lugar de la ciudad o área geográfica.

Si los equipos que se van a vincular son fijos, entonces el servicio se denomina enlace remoto fijo. Ahora, si algún equipo es móvil (nos referimos a que el dispositivo posee la capacidad de moverse dentro de un determinado rango o área de cobertura), entonces el servicio se conoce como enlace remoto móvil.

Los radioenlaces establecen un concepto de comunicación del tipo dúplex. Para aclarar este último término, la palabra dúplex es utilizada para definir a un sistema que puede mantener una comunicación bidireccional. Por tanto el sistema dúplex enviará y recibirá mensajes de forma simultánea.

Vamos a centrarnos en los radioenlaces por microondas, que comprenden una escala de frecuencias entre 2 y 40 GHz. De modo informativo, decimos que los equipos que utilizan frecuencias cercanas a los 12 GHz, 18 GHz o 23 GHz pueden enlazar dos puntos separados por 1 a 25 kilómetros, aproximadamente. Los equipos que trabajan con frecuencias entre 2 GHz y 6 GHz logran transmitir información entre distancias de 30 a 50 kilómetros.

### 3.9.3 ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS PRESENTES EN EL SECTOR YACUCALLE – EJIDO DE CARANQUI

La empresa CNT en este sector utiliza tecnología ADSL, línea de abonado digital asimétrica, consiste en la transmisión analógica de datos digitales apoyada en el cable de pares simétricos de cobre. Las líneas telefónicas convencionales o líneas de abonado (Red Telefónica Conmutada, PSTN), siempre se transmiten bajo cable de cobre siempre y cuando la longitud de línea sea de hasta inclusive 5,5 km medidos desde la central telefónica, o no haya otros servicios por el mismo cable que puedan interferir.

Por otro lado la empresa SAITEL opta por la tecnología inalámbrica es decir enlace de larga distancia (también conocido como enlace remoto o radio enlaces) es una conexión que usa tecnología inalámbrica (puntos de acceso, ruteadores y computadoras, entre otros) para enlazar equipos que se encuentran distantes. La separación de estos puntos por unir puede ir desde los cientos de metros hasta kilómetros.

Tabla 3. Características de las tecnologías que el cliente puede elegir para su servicio de internet

	<b>FIBRA ÓPTICA</b>	<b>ADSL</b>	<b>RADIO ENLACE</b>
<b>TIPO DE SEÑAL</b>	Luz (onda electromagnética)	Pulsos eléctricos	Espacio libre (Ondas electromagnéticas)
<b>ATENUACIÓN</b>	Muy escasa	Considerable	Considerable
<b>INTERFERENCIAS</b>	Muy escasa	Considerable	Muy considerable
<b>ANCHO DE BANDA</b>	Muy alto	Intermedio	Intermedio
<b>COSTO</b>	Alto	Intermedio	Bajo
<b>USO</b>	Largas / muy largas distancias	Media / largas distancias	Media / largas distancias

Fuente: Características de las tecnologías que proveen internet en el sector. El autor.

Por tanto las dos tecnologías son una opción al momento de brindar servicios de telecomunicaciones, cada una con sus ventajas que les permiten llevar a los usuarios y proveer del servicio de internet, en mi diseño propuesto la tecnología a usar será fibra óptica con la cual se construirá una red Gpon para cubrir de igual manera a este sector. En la tabla 3 se aprecia las características de las tecnologías que el usuario debe considerar para poder elegir su proveedor de internet, además quien brinde más prestaciones de servicios, calidad y soporte, tomando en cuenta que tipo de tecnología se adapta más a sus necesidades

## CAPÍTULO IV

### DISEÑO DE LA RED GPON

#### 4.1 SECTOR A DISEÑAR LA RUTA YACUCALLE – EJIDO DE CARANQUI.

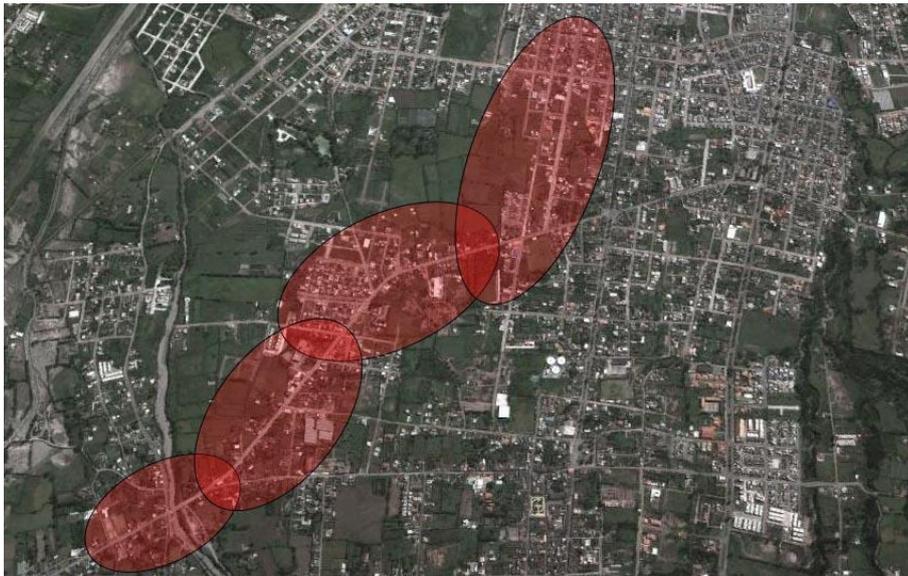


Figura 21. Sector donde se diseñara la ruta GPON en la ciudad de Ibarra.  
Fuente: Ruta Gpon a diseñar en el sector: El autor

La ruta por donde se va a realizar el diseño de la red Gpon será del nodo Yacucalle hacia el nodo Caranqui, con la creación de esta ruta a futuro la empresa pretende extenderse hacia esta parte de la ciudad por lo cual el anillo principal de fibra óptica alcanzará más cobertura, dentro del trazado de esta ruta se tomará en cuenta la demanda de clientes además se considerará como una prioridad a los condominios que existan dentro del sector la ruta debe estar contemplada dentro de una longitud de 4 Km de tendido de fibra óptica.

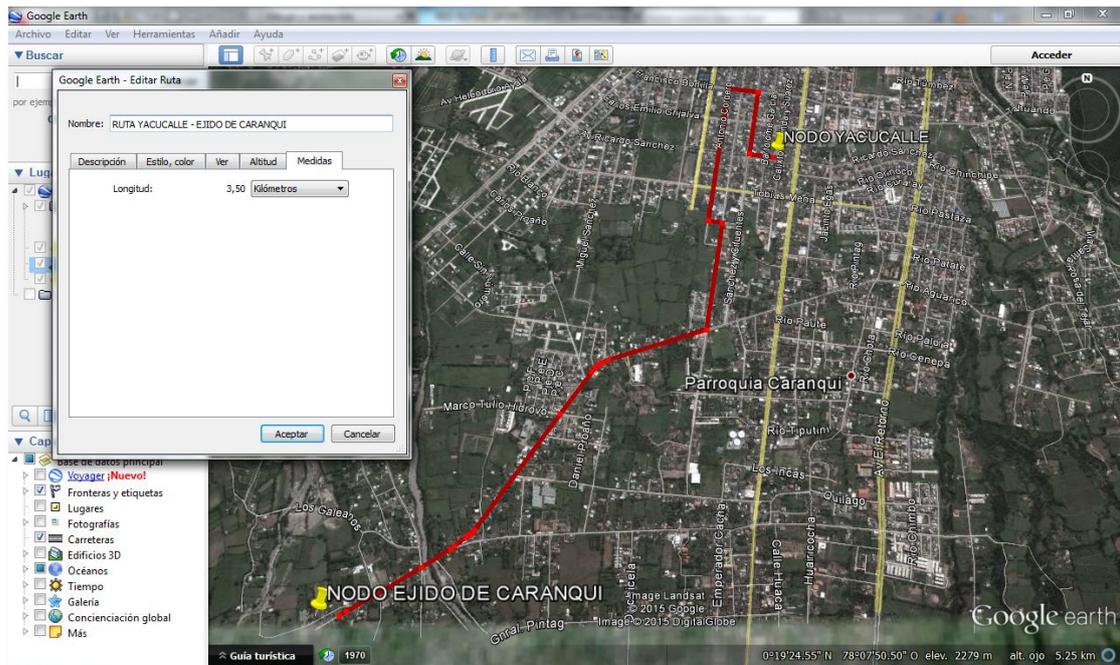


Figura 22. Trazado de la ruta mediante Google Earth.  
Fuente: Diseño de la ruta de nodo a nodo: El autor.

La ruta trazada que se muestra en la figura 22 es considerada para el diseño de la red Gpon debido a la petición de los propietarios de los condominios y de los moradores del sector por tanto para el diseño de esta ruta existe una demanda de usuarios considerable para su elaboración.

El tendido de fibra para ruta empieza en el nodo Yacucalle que se encuentra en las calles Av. Ricardo Sánchez y Calixto Miranda, recorre una cuadra y media por la Av. Ricardo Sánchez hasta la calle Sánchez y Cifuentes, recorre dos cuadras hacia el norte hasta la calle Francisco Bonilla, recorre dos cuadras a la derecha hasta la calle Eugenio Cordero, recorre hacia el sur hasta la calle Río Blanco, recorre hacia la derecha una cuadra hasta la calle Juana Atabalipa, recorre hacia el sur hasta la calle Hernán Gonzales de Saa, recorre hacia la izquierda por esta calle hasta llegar al nodo Ejido de Caranqui.

## 4.2 TIPOS DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA EMPLEADA POR TELCONET

### 4.2.1 FIBRA DE 144 HILOS PARA LA RED PRINCIPAL O RED MPLS

Código de colores utilizado por la empresa Telconet S.A.



Figura 23. Color de buffers y de hilos del cable de fibra óptica de 144 hilos.  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

El cable de fibra de 144 hilos contiene 12 tubos o buffers de 12 hilos cada uno como se muestra en la figura 24, este tipo de cable es utilizado para las rutas y anillos que se encuentran dentro de la ciudad. Dentro de la Empresa Telconet el estándar que utilizan para una red Gpon es utilizar los hilos rosados de todos los buffers, por tanto estos hilos no podrán ser utilizados para clientes corporativos, a menos que en un determinado sector donde la cobertura se sature, con los permisos y autorización respectiva del departamento de Gpon se habilitará el siguiente hilo en forma descendente en este caso sería el hilo violeta, para la construcción líneas de derivación, la construcción de esta rutas se realizarán de acuerdo a un análisis de cajas BMX saturadas, contienen 8 cajas de 8 clientes disponibles cada uno dando así una cobertura de 64 clientes en la zona.

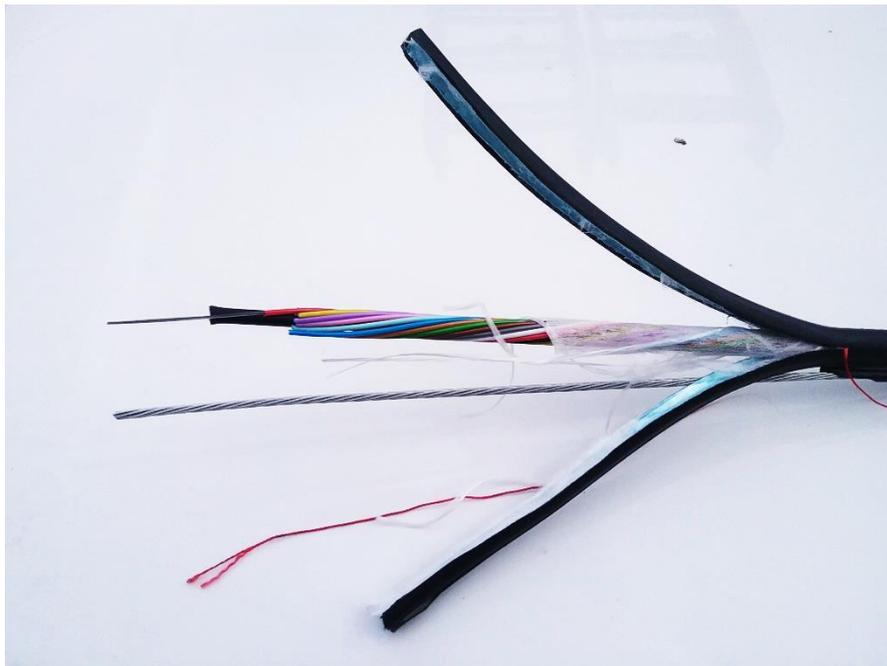


Figura 24. Cable de fibra de 144 hilos

Fuente: cable utilizado para enlaces principales dentro de una ciudad o red MPLS. El autor.

#### 4.2.2 TENDIDO DE CABLE DE FIBRA DE 2 HILOS (clientes Gpon)

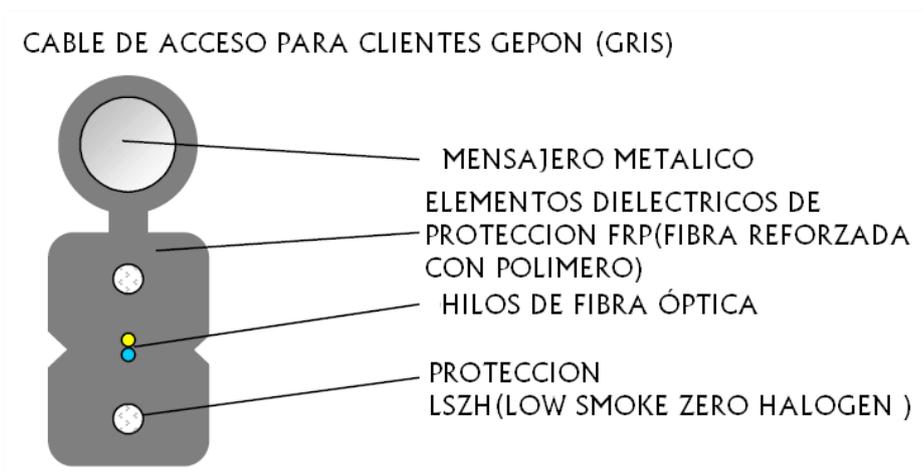


Figura 25. Partes y características de la fibra de dos hilos.

Fuente: Cable utilizado para dar el servicio a clientes. El autor.

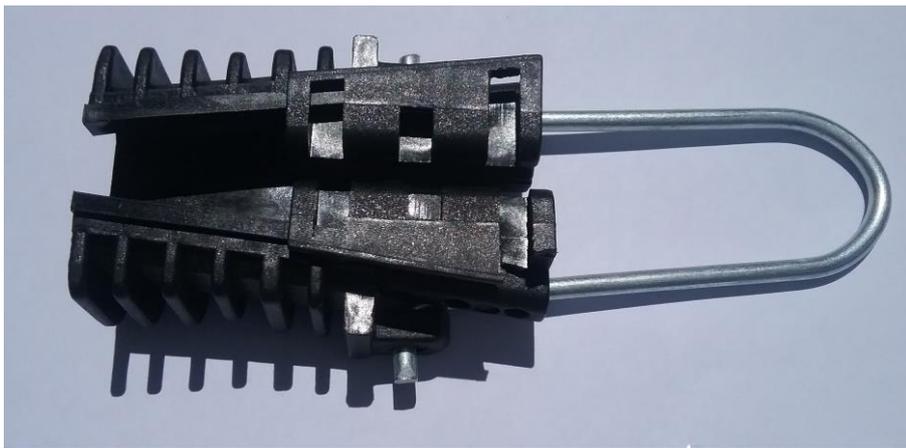


Figura 26. Vinchas para sujetar el cable de fibra óptica de dos hilos al poste.  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

En la figura 26 podemos apreciar el tipo de vinchas para realizar el tendido de fibra de dos hilos hacia el cliente. Para este tipo de fibra utilizamos fijadores con gancho ya que la figura plana de la fibra de acceso nos permite utilizar este tipo de fijador con un mínimo de atenuación el cual nos ayuda a conservar de mejor manera el presupuesto óptico.

La manera correcta de colocar el fijador con gancho o tensor es la siguiente como lo indica la figura 27.



Figura 27. Colocación de las vinchas en el poste para sujetar a la fibra.  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

Se muestra en la figura 27 como se encuentra sujeta la fibra al herraje por medio de las vinchas para fibra de dos hilos, las mismas son únicamente utilizadas para este tipo de cable por el cual se llega con el servicio al cliente.

### 4.3 MUFAS O MANGAS

La figura 28 nos indica el armado de una manga o un dispositivo destinado a dar soporte mecánico y realizar empalmes de fibra óptica, es decir su finalidad es encerrar de forma hermética las conexiones de seccionamiento que se establecen en determinados puntos de la red, con la finalidad de brindar seguridad, protección y prevención de efectos generados por las condiciones ambientales en tales puntos. En la ruta que se va a diseñar se va a encontrar una manga ya que la distancia de la ruta supera la distancia que tiene la bobina de fibra de 144 hilos.

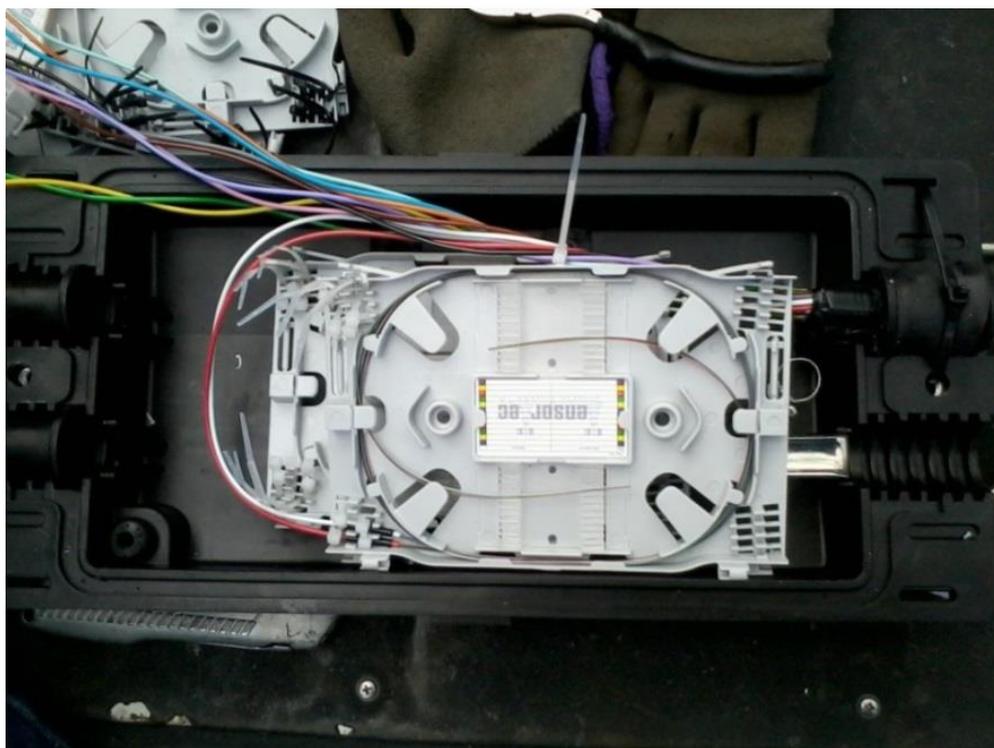


Figura 28. Armado de una manga de empalme de 144 hilos.  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

#### **4.4 POSTERÍA**

En lo que respecta a la postería para el diseño de la ruta Gpon la empresa Telconet cuenta con convenios con la empresa Eléctrica Emelnorte S.A. para el arriendo de sus postes, siendo así lo más conveniente para la optimización de los recursos económicos de la empresa, esta opción es la más óptima para realizar los tendidos de fibra óptica área, ese tipo de estándar manejan por toda su red a nivel nacional.

Existen casos excepcionales que sus tendidos interurbanos no cuentan con la postería de la empresa Eléctrica Emelnorte S.A. por tanto se ven obligados a la plantación de postes propios de la empresa Telconet, únicamente se firman contratos de arriendo de suelo ya sea con propietarios de terrenos o con el municipio respectivo.

La ruta que va desde el nodo Ejido de Caranqui hasta el nodo Yacucalle cuenta con 95 postes, los mismos que para el tendido del cable de fibra óptica de 144 hilos se utilizan herrajes tipo a, tipo b, estas herramientas se las utiliza dependiendo la distancia que existe de poste a poste, además en la dirección del recorrido que tenga la ruta.

#### 4.4.1 HERRAJES TIPO A



Figura 29. Herraje tipo A utilizado para cruces de calles, avenidas o tramos largos.  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

Este tipo de herraje como se muestra en la figura 29 está compuesto por dos abrazaderas las cuales son apretadas junto al poste por medio de dos pernos, en la parte frontal del herraje tiene soldado una argolla para poder sujetarse la fibra óptica, es utilizado cuando el cable de fibra óptica realice un ángulo menor a  $180^\circ$ , por ejemplo en cruces de calles o quebradas.

#### 4.4.2 HERRAJES TIPO B



Figura 30. Herraje tipo B o herraje de paso se utiliza para tramos en línea recta.  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

Este tipo de herraje está compuesto por dos abrazaderas como se aprecia en la figura 30, estas son apretadas junto al poste por medio de dos pernos, en la parte frontal tiene una sujeción con un perno pequeño que permite sujetar el cable, es tipo de herraje es utilizado cuando el cable siga una línea recta, por estándar según Telconet se coloca cada 3 postes.

## **4.5 DISTRIBUCIÓN DE LAS BAJAS BMX (CAJAS DISTRIBUCIÓN DE ABONADO)**

Para la distribución de las cajas BMX (cajas de distribución de abonados) tomamos como referencia la distancia que tiene la ruta del nodo Yacucalle hasta el nodo Ejido de Caranqui, además la cantidad de postes que tiene la ruta.

El tendido de fibra óptica que va desde el nodo Yacucalle al nodo Ejido de Caranqui es el cable de fibra óptica de 144 hilos, este tipo de cable tiene 12 buffers de 12 hilos, anteriormente se explicó el código de colores que tiene este cable, los dos primeros buffers es decir el buffer de color rojo y el buffer de color blanco no se los utiliza para habilitar cajas de abonados dentro de la ruta principal o ruta MPLS estandarizada por la empresa Telconet, los hilos de estos buffers son utilizados para conexión de switch, OLTs, gestión, administración y control de la red por parte de los departamentos de operaciones de Networking de la ciudad de QUITO.

Por cada buffer se tendrá 2 cajas BMX ya que al corta el buffer en la ubicación de cada caja será direccionada al nodo Yacucalle y la otra al nodo Ejido de Caranqui y el buffer que exista entre los postes que se encuentren las cajas habilitadas por el mismo buffer será determinada como zona muerta.

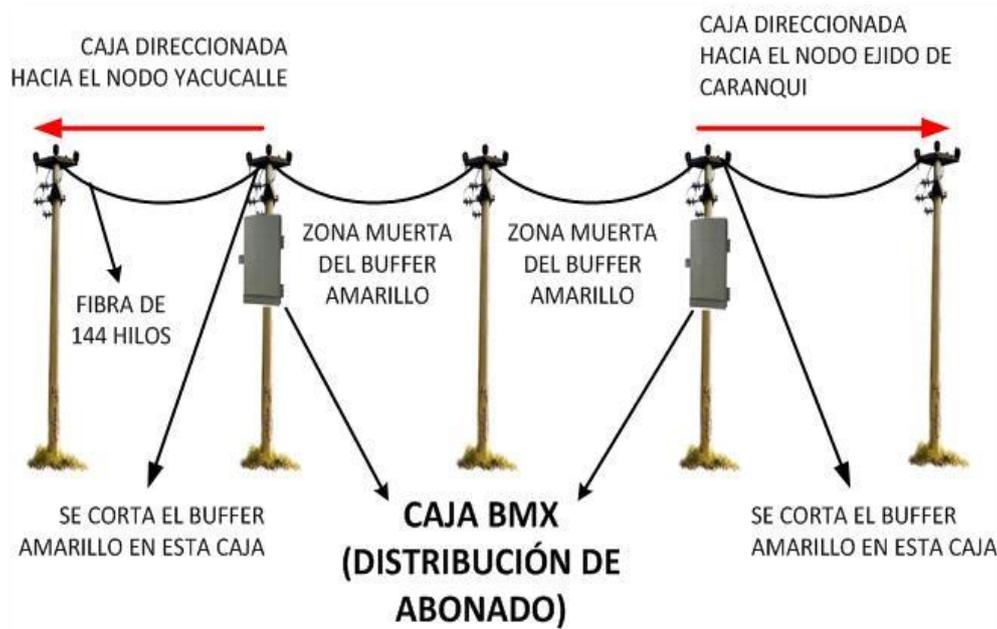


Figura 31. Habilitar las cajas BMX con sus respectivos buffers.  
Fuente: Direccionamiento de cajas. El autor

La ruta tiene una distancia de 3960 metros y una cantidad de 20 cajas por tanto realizamos el siguiente cálculo tomando la distancia en este caso.

$$\text{Distancia de la ruta} \div \# \text{ de cajas} = \text{Distancia aprox entre cajas} \quad (1)$$

$$3960 \text{ mts} \div 20 = \mathbf{198 \text{ mts}} \quad (2)$$

Por tanto la ruta comprendida entre los nodos tendrá 20 cajas separadas por una distancia de aproximadamente de 198 mts entre cajas como muestra la ecuación 2 (fórmula planteada por el autor para determinar la distancia promedio para la instalación de las cajas), la distancia establecida por la empresa oscila entre 150 y 200 metros de distancia entre cajas.

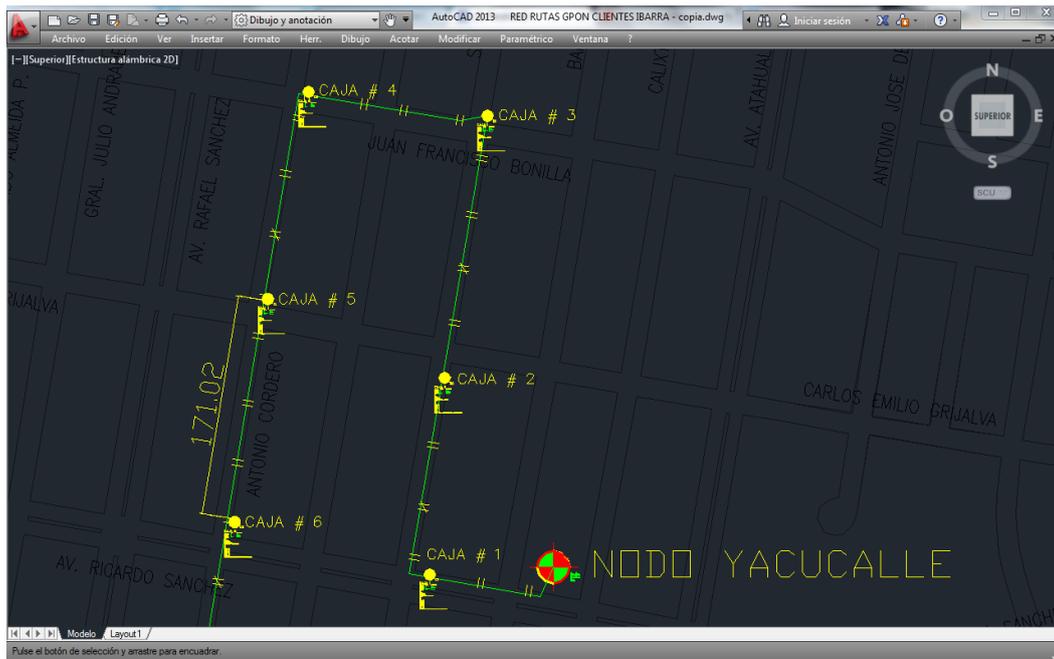


Figura 32. Distribución de las cajas mediante software AutoCAD 2010.  
Fuente: Software AutoCAD 2013. El autor.

En la figura 32 se muestra la distancia entre la caja # 5 y la caja # 6 se tomó como ejemplo para verificar la distancia que se estableció para la distribución de las cajas en la ruta principal, la distancia en este caso nos da como resultado 198 metros por cuanto esta correcta en relación al cálculo realizado anteriormente, luego de haber establecido la distancia entre cajas, procedemos a realizar la ubicación de las mismas en toda la ruta.

El estándar de Telconet que hace referencia a la distancia de las cajas BMX es de colocar la caja de distribución hacia el abonado a una distancia máxima de 200m y a un mínimo de 150m, por tanto la distribución de las cajas para este diseño entra en el rango establecido por la empresa. En la figura 33 se encuentra la distribución de las 20 cajas a lo largo de la ruta.

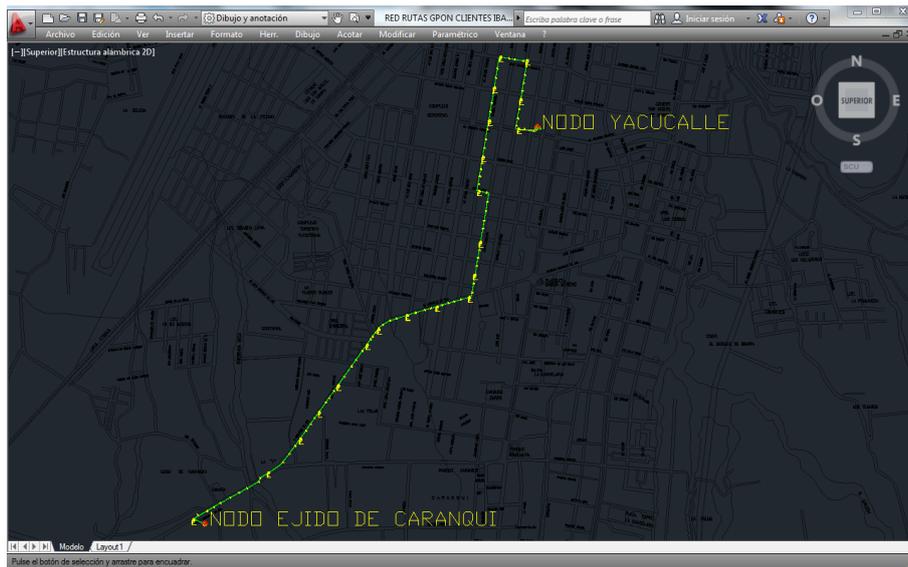


Figura 33. Distribución de las cajas BMX y los postes.  
Fuente: Software AutoCAD 2013. El autor.

## 4.6 CABLE DE FIBRA DE DOS HILOS UTILIZADO PARA CLIENTES

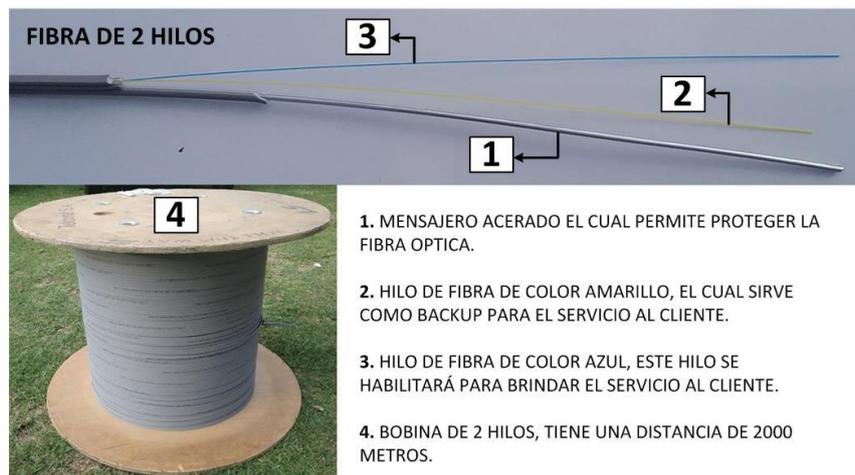


Figura 34. Características del cable de fibra óptica de 2 hilos.  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

En la figura 34 indica el tipo de cable para las instalaciones a clientes, este contiene dos hilos de fibra óptica, un hilo de color amarillo y otro de color azul, este tipo de cable es utilizado para llegar con el servicio al cliente desde la caja de distribución (BMX) hasta el

equipo Ont (Equipo de usuario) en el abonado, por estándar en la zona norte se utiliza el hilo de color azul, el hilo de color amarillo sirve para emergencias en caso que el hilo azul sea roto o tenga altas atenuaciones por micro o macro curvaturas.

## 4.7 ETIQUETADO DE LAS CAJAS

La tabla 4 nos muestra el etiquetado de cada caja la cual tiene como objetivo estandarizar la identificación de cajas, splitters y todo elemento de la red de acceso Gpon que requiera ser reconocido para efectos de documentación y soporte de clientes Netlife (Gpon). La empresa Telconet tiene como estándar el siguiente código para el etiquetado de las cajas, este código empezará desde el buffer amarillo.

Tabla 4. Etiquetado de las cajas correspondiente a la ruta diseñada

NÉMERO CAJA	ETIQUETA
CAJA # 1	IBA-Sdh Ibarra (A)-Yacucalle (E)/Ejido de Caranqui (E)-F01-C01A-AMA
CAJA # 2	IBA-Sdh Ibarra (A)-Ejido de Caranqui (E)/Yacucalle (E)-F01-C02A-AMA
CAJA # 3	IBA-Sdh Ibarra (A)-Yacucalle (E)/Ejido de Caranqui (E)-F01-C03A-VER
CAJA # 4	IBA-Sdh Ibarra (A)-Ejido de Caranqui (E)/Yacucalle (E)-F01-C04A-VER
CAJA # 5	IBA-Sdh Ibarra (A)-Yacucalle (E)/Ejido de Caranqui (E)-F01-C05A-NAR
CAJA # 6	IBA-Sdh Ibarra (A)-Ejido de Caranqui (E)/Yacucalle (E)-F01-C06A-NAR
CAJA # 7	IBA-Sdh Ibarra (A)-Yacucalle (E)/Ejido de Caranqui (E)-F01-C07A-CEL
CAJA # 8	IBA-Sdh Ibarra (A)-Ejido de Caranqui (E)/Yacucalle (E)-F01-C08A-CEL
CAJA # 9	IBA-Sdh Ibarra (A)-Yacucalle (E)/Ejido de Caranqui (E)-F01-C09A-CAF
CAJA # 10	IBA-Sdh Ibarra (A)-Ejido de Caranqui (E)/Yacucalle (E)-F01-C10A-CAF
CAJA # 11	IBA-Sdh Ibarra (A)-Yacucalle (E)/Ejido de Caranqui (E)-F01-C11A-NEG
CAJA # 12	IBA-Sdh Ibarra (A)-Ejido de Caranqui (E)/Yacucalle (E)-F01-C12A-NEG
CAJA # 13	IBA-Sdh Ibarra (A)-Yacucalle (E)/Ejido de Caranqui (E)-F01-C13A-AZU
CAJA # 14	IBA-Sdh Ibarra (A)-Ejido de Caranqui (E)/Yacucalle (E)-F01-C14A-AZU
CAJA # 15	IBA-Sdh Ibarra (A)-Yacucalle (E)/Ejido de Caranqui (E)-F01-C15A-GRI
CAJA # 16	IBA-Sdh Ibarra (A)-Ejido de Caranqui (E)/Yacucalle (E)-F01-C16A-GRI
CAJA # 17	IBA-Sdh Ibarra (A)-Yacucalle (E)/Ejido de Caranqui (E)-F01-C17A-VIO
CAJA # 18	IBA-Sdh Ibarra (A)-Ejido de Caranqui (E)/Yacucalle (E)-F01-C18A-VIO
CAJA # 19	IBA-Sdh Ibarra (A)-Yacucalle (E)/Ejido de Caranqui (E)-F01-C19A-ROS
CAJA # 20	IBA-Sdh Ibarra (A)-Ejido de Caranqui (E)/Yacucalle (E)-F01-C20A-ROS

Fuente: Telconet S.A.

**IBA-Sdh Ibarra (A)-Yacucalle (E)/Ejido de Caranqui (E)-F01-C01A-AMA**

- **IBA:** Especifica la ciudad en el que se encuentra la ruta, en este caso Ibarra.
- **Sdh Ibarra (A):** Es un nodo principal o nodo agregador (A) de la red MPLS del cual depende la ruta, en este nodo permite la implementación de un conjunto de protocolos de transmisión mediante fibra óptica, además el nodo SDH es un dispositivo digital que trabaja realizando multiplexación por división el tiempo.
- **Yacucalle (E):** En un nodo estándar el cual tiene un elemento activo OLT situado a manera de central telefónica. De él parten las fibras ópticas hacia los usuarios para brindar el servicio. De este nodo contendrá a las cajas impares es decir las cajas # 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19
- **Ejido de Caranqui (E):** Tiene las mismas características de un nodo estándar el cual en este caso es utilizado como nodo backup o respaldo del nodo estándar que sería el nodo Yacucalle, este nodo va a contener las cajas impares es decir las cajas # 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20
- **F01:** Este código hace referencia al número de la ruta principal, por ejemplo si fuera del caso de tener dos rutas principales sería el código F02
- **C01:** Hace referencia al número de caja
- **A:** La letra mayúscula A se refiere a que la ruta es de alta densidad, es decir una ruta principal MPLS.
- **AMA:** Es el color del buffer
- **Nota:** En el manejo de la nomenclatura para el etiquetado para las cajas pares el nodo estándar será el nodo Yacucalle y en nodo backup es el nodo Ejido de Caranqui, para las cajas pares la nomenclatura cambia de forma viceversa es decir el nodo estándar sería el nodo Ejido de Caranqui y en nodo backup sería el nodo Yacucalle.

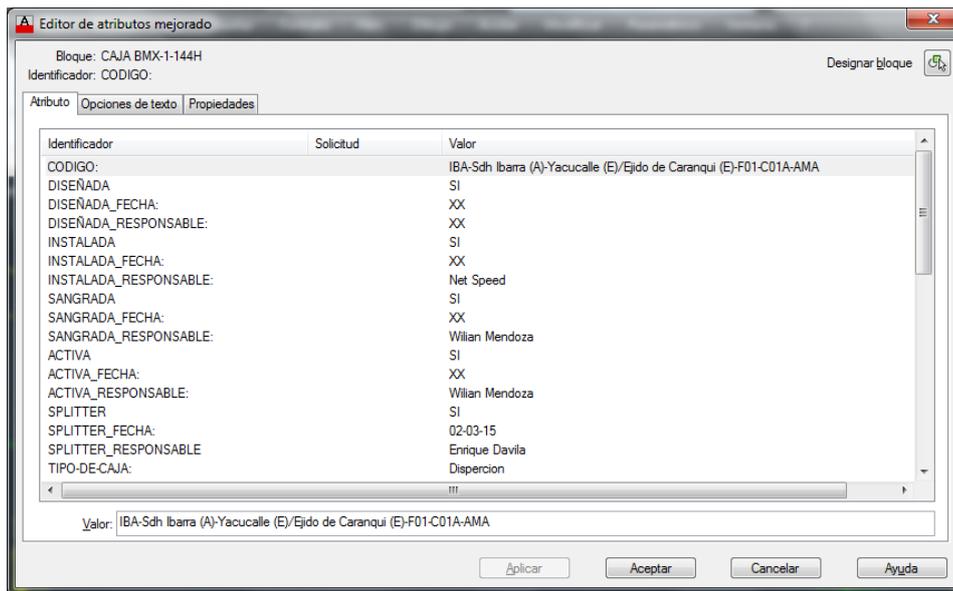


Figura 35. Inventario de cajas y rutas mediante el software AutoCAD 2013.  
Fuente: Software AutoCAD 2013. El autor.

La figura 35 nos indica cómo se llena los campos con las características de la caja a etiquetar en el software AutoCAD 2013. Estos datos nos permitirá conocer que persona armo y activo la caja en la fecha determinada.



Figura 36. Simbología utilizada por la empresa Telconet en AutoCAD 2013.  
Fuente: Software AutoCAD 2013. El autor.

La digitalización de las cajas en el software Auto CAD igualmente se sigue un estándar de simbología y etiquetado como indica la figura 36, se puede observar la representación de la caja # 1 con un círculo amarillo, la cual esta etiquetada de la forma que se explicó anteriormente.

#### **4.8 ARMADO DE CAJA BMX (CAJA DE DISTRIBUCIÓN PARA ABONADOS) O CAJA TURCA**



Figura 37. Caja BMX (caja de distribución para clientes).  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

En esta figura 37 nos presenta la caja BMX situada en el poste designado, la cual va a contener los puertos habilitados para los clientes corporativos y clientes GPON.

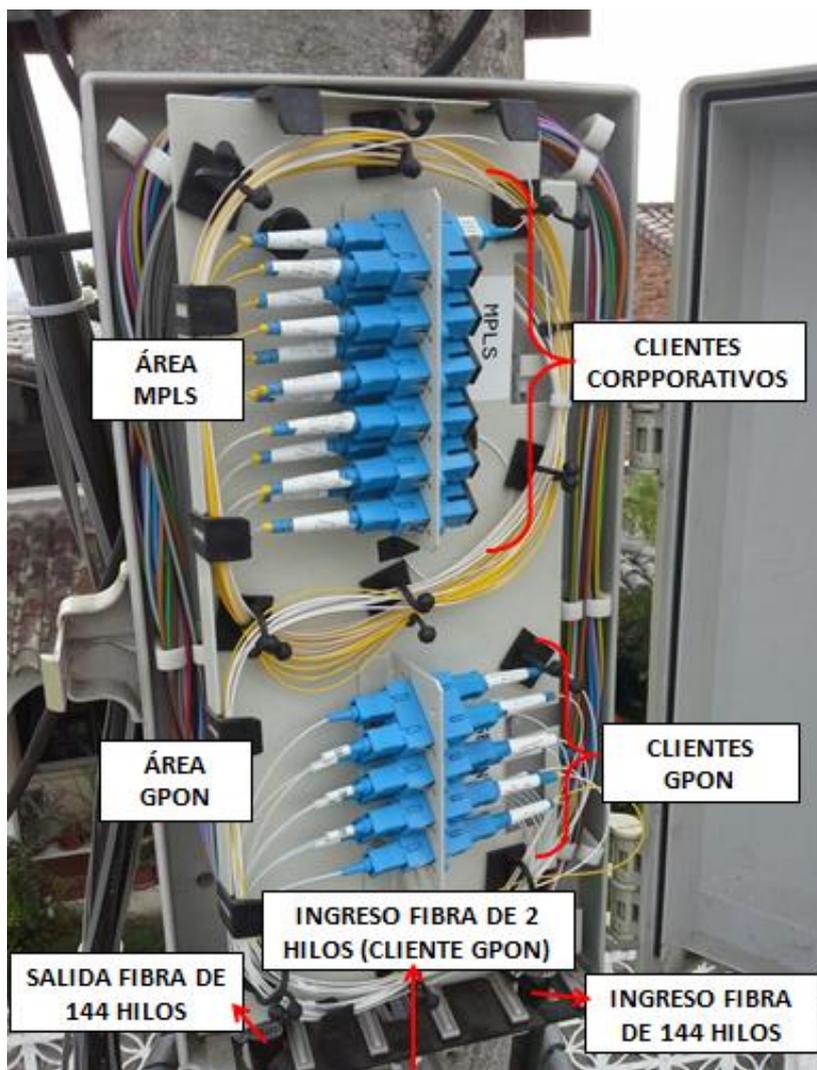


Figura 38. Armado de la caja BMX con los casetes para clientes corporativos y clientes Gpon.  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

El armado de esta caja empieza con el sangrado del cable de fibra óptica 144 hilos, ubicando la fibra que va hacia el nodo en el ingreso derecho de la caja como indica la figura 38, de esta manera el buffer que esta asignado a la caja ingresa a la casetera por la parte izquierda (este debe cortarse al nivel del extremo contrario) y de esta manera las fusiones quedan en el organizador derecho (los hilos deben tener tres vueltas y media hasta el organizador derecho) saliendo los patch cords por la esquina inferior izquierda del casete e ingresando a la placa de conectorización por la apertura inferior.

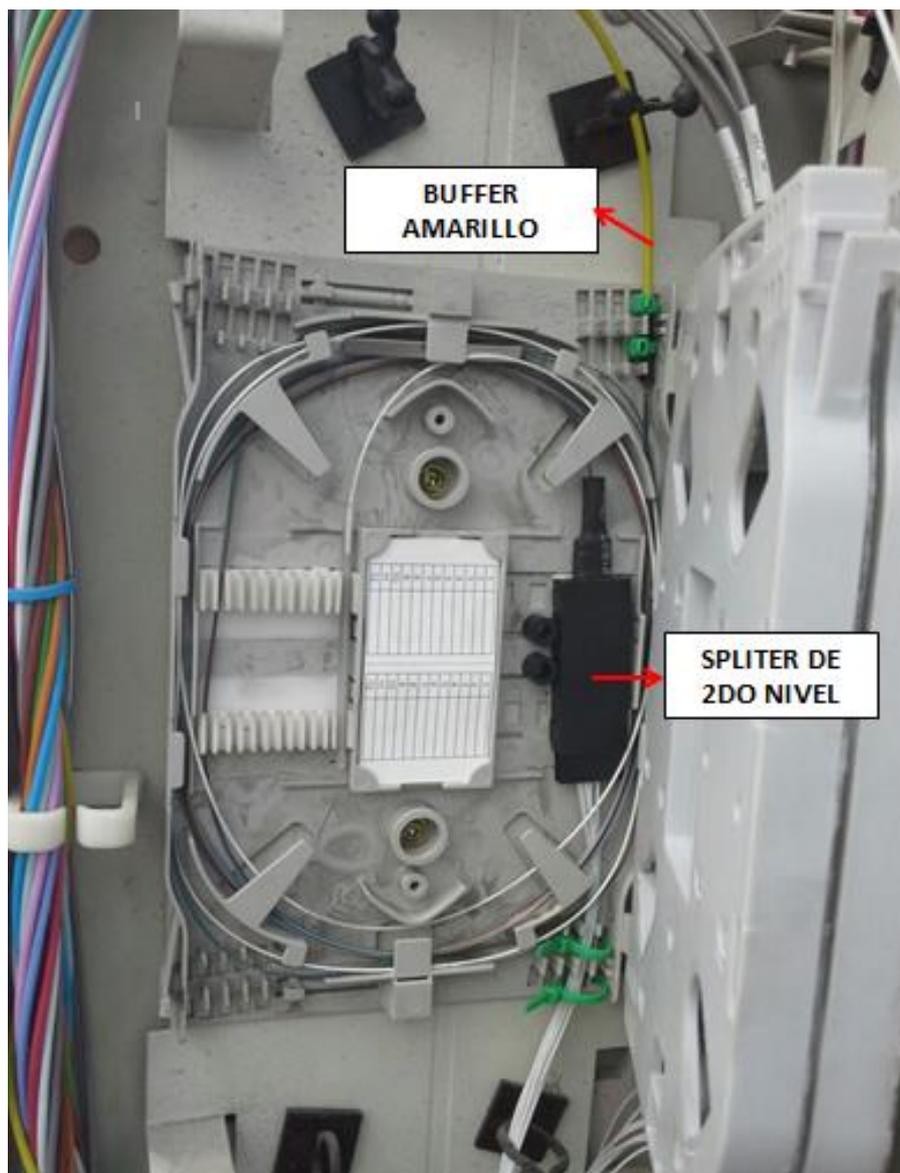


Figura 39. Colocación del splitters en el primer casete de la caja BMX.  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

En la caja BMX en su interior va a contener tres casete, el primer caset se utilizará para la fusión del hilo rosado del buffer correspondiente en este caso es el amarillo con el spliter el cual por estandar el hilo rosado es habilitado para Gpon como se indica en la figura 39, el segundo casete va a conter los hilos habilitados para clientes corporativos los cuales seran fusionados con el pach cord correspondiente y el tercer casete contiene a los clientes home o Gpon.

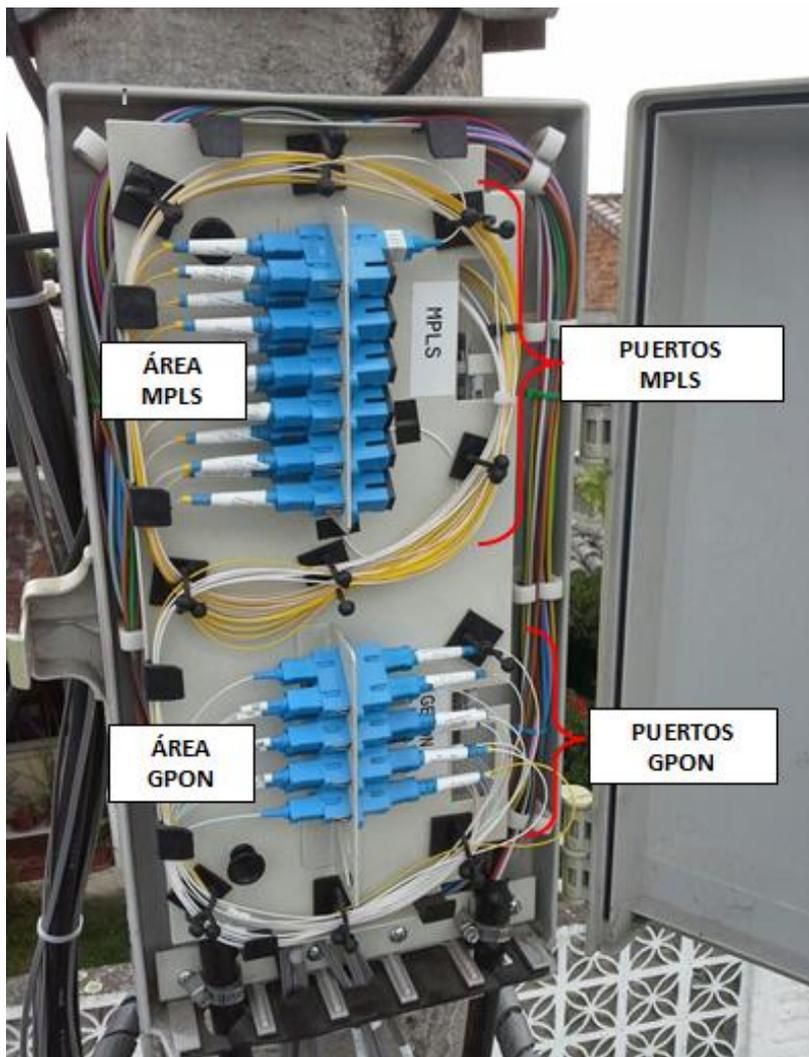


Figura 40. Distribución de los puertos en una caja BMX  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

En la parte superior sobre los casetes vamos a tener la placa de conectorización, la cual está separada tanto los puertos para clientes MPLS como los puertos para clientes Gpon. Dependiendo el cliente este asignado para la instalación se fusionará el pach cord con el hilo ya sea del spliter o el hilo MPLS como se muestra la figura 40.

## 4.9 DISEÑO DEL NODO

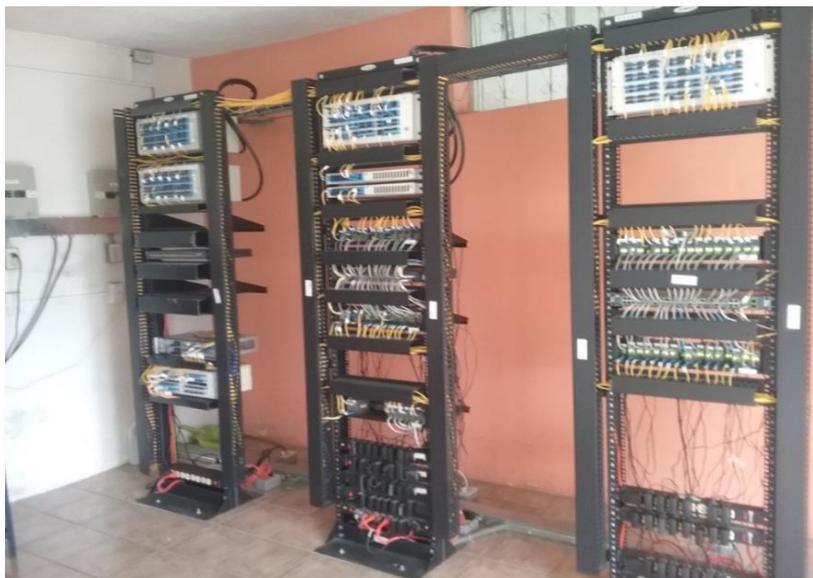


Figura 41. Nodo estándar utilizado por la empresa Telconet.  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

En la figura 41 indica que la empresa Telconet S.A. tiene como estándar 3 racks por nodo los cuales tienen:

Tabla 5. Descripción de las unidades de rack.

<b>1 UNIDAD</b>	<b>ORGANIZADOR PARA PACH CORD DE FIBRA</b>
<b>4 UNIDADES</b>	ODF PARA LA RED MPLS
<b>1 UNIDAD</b>	ORGANIZADOR PARA PACH CORD DE FIBRA
<b>4 UNIDADES</b>	ODF PARA LA RED MPLS
<b>1 UNIDAD</b>	ORGANIZADOR PARA PACH CORD DE FIBRA
<b>2 UNIDADES</b>	BADEJA DE TRANSMISIÓN
<b>2 UNIDADES</b>	ORGANIZADOR PARA PACH CORD DE FIBRA
<b>1 UNIDAD</b>	SWITCH CATALYST (EN EL ORDEN QUE CORRESPONDA)
<b>2 UNIDADES</b>	ORGANIZADOR PARA PACH CORD DE UTP
<b>2 UNIDADES</b>	BADEJA DE TRANSMISIÓN
<b>2 UNIDADES</b>	ORGANIZADOR PARA PACH CORD DE FIBRA
<b>2 UNIDADES</b>	OLT (EQUIPO CENTRAL ÓPTICO)
<b>2 UNIDADES</b>	ORGANIZADOR PARA PACH CORD DE FIBRA
<b>4 UNIDADES</b>	ODF PARA LA RED GPON
<b>2 UNIDADES</b>	ORGANIZADOR PARA PACH CORD DE FIBRA
<b>2 UNIDADES</b>	BADEJA DE TRANSMISIÓN
<b>2 UNIDADES</b>	ORGANIZADOR PARA PACH CORD DE FIBRA
<b>1 UNIDAD</b>	SWITCH CATALYST (EN EL ORDEN QUE CORRESPONDA)
<b>2 UNIDADES</b>	ORGANIZADOR PARA PACH CORD DE UTP
<b>2 UNIDADES</b>	BADEJA DE TRANSMISIÓN
<b>1 UNIDAD</b>	CABLES ELÉCTRICOS
<b>2 UNIDADES</b>	2 ATS (MULTITOMAS DE ENERGIA ELÉCTRICA)
<b>1 UNIDAD</b>	LIBRE

Fuente: Estándar de la empresa Telconet S.A.

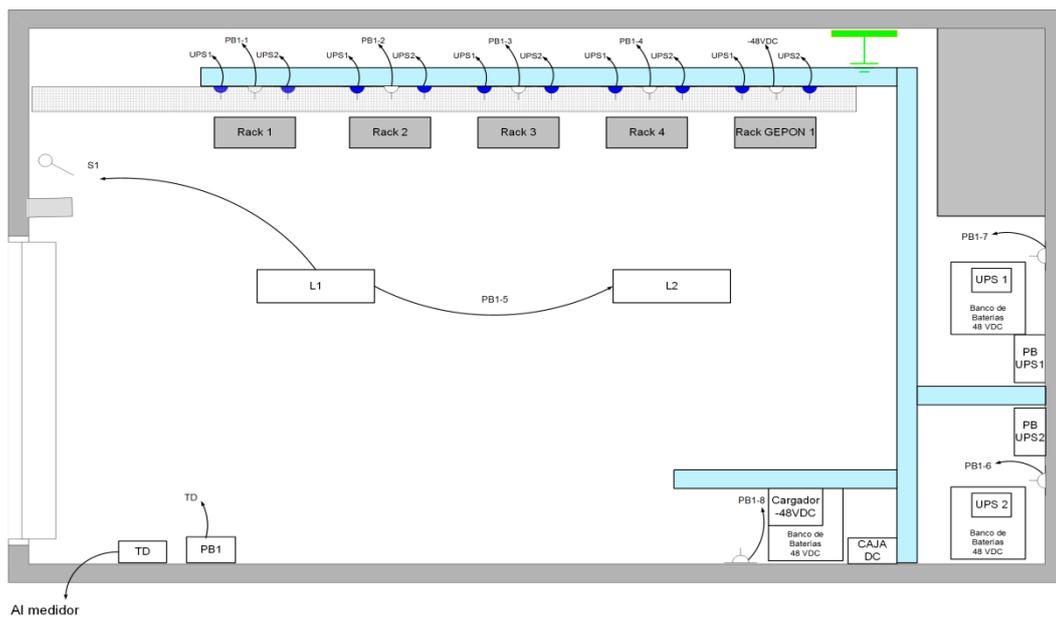


Figura 42. Ubicación de los rack dentro de un nodo.

Fuente: Telconet S.A. El Autor.

La ubicación de los racks se colocará de acuerdo al estándar establecido por la empresa Telconet, en la figura 42 se aprecia la ubicación de los mismos con su numeración y posición que pertenece a cada rack correspondiente y forma consecutiva si el nodo lo requiere. Demás la tabla 5 indica la distribución que tendrá un rack ubicado dentro del nodo.

Con la etiquetadora se procede al etiquetado los rack de la siguiente manera:

### FORMATO DE ETIQUETADO DE CADA RACK

➤ Programación de la etiquetadora

- ✓ Bandera a lo ancho
- ✓ 40 pt negrita
- ✓ Ancho: 2cm
- ✓ Largo: 6.5 cm

**RACK [X1]**

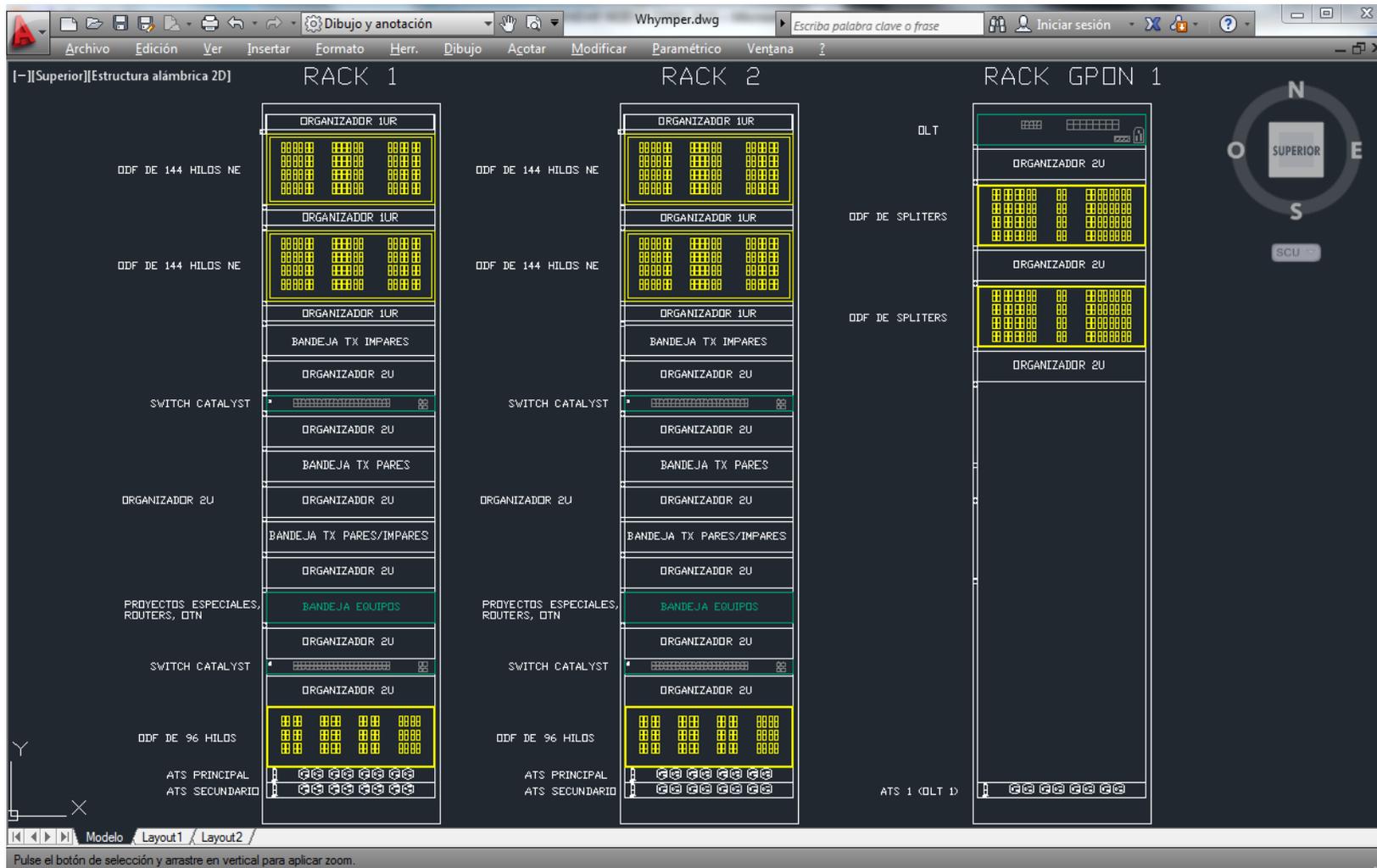


Figura 43. Vista frontal de los Rack  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

Se puede apreciar en la figura 43 la distribución de los racks de acuerdo al estándar establecido por la empresa, el rack # 1 y # 2 son utilizados para clientes corporativos, estos contienen dos ODF's de 144 hilos el primer ODF<sup>37</sup> se encuentran direccionadas las cajas impares y en el segundo ODF las cajas pares, también contiene dos switch cisco para la activación de clientes con sus respectivos organizadores, igual forma está ubicado un ODF de 96 hilos para clientes especiales, al final del rack se encuentran los ATS (dispositivo que permite energizar a los rack con la cometida de la empresa eléctrica, en el caso de un corte de energía por medio de un conmutador entra en operación los bancos de baterías teniendo así siempre con anergia eléctrica a los racks) tanto principal como secundario, estos son ubicados y armados en el nodo dependiendo si en nodo lo requiere

A partir del rack # 2 se puede implementar rack adicionales dependiendo de la demanda de clientes estos serán colocados y armados de forma sucesiva y el rack para Gpon será colocado al final del ultimo rack para clientes corporativos. En rack de Gpon está ubicado en la parte superior el equipo principal el OLT mediante el cual nos permitirá la activación de los clientes home o Gpon, seguidamente contiene dos ODF's de 64 hilos los cuales contendrán los splitter de primer nivel, si el nodo requiere un segundo OLT este será ubicado seguidamente del segundo ODF y al final de igual manera se tiene el ATS para energizar al rack.

---

<sup>37</sup> ODF: Distribuidor de Fibra Óptica.

#### 4.10 ODF DE 144 HILOS (DISTRIBUCIÓN DE FIBRA ÓPTICA)

Los ODF's son sistemas de distribución, empalme, almacenamiento y terminación para todo tipo de instalación de cables de fibra óptica. El ODF está conformado por en su interior por 6 casetes en los cuales se organizará los hilos que llegan dela red principal y en la parte exterior se encuentran los puertos de cada hilo de los buffer correspondientes.

Los ODF están diseñados para ser utilizados en oficinas centrales, oficinas remotas y en locales de red de área local (LAN) que utilizan instalaciones de fibra óptica. Proveen un punto común para conectar los cables o pach cord de fibra óptica en el equipo terminal.

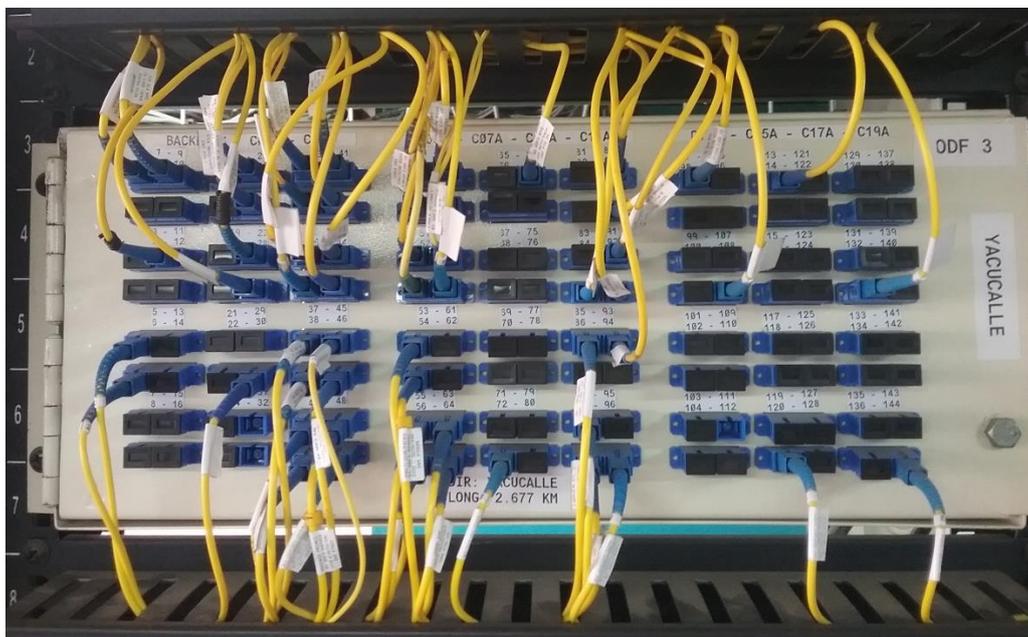


Figura 44. Odf de 144 hilos para utilizado en las rutas comprendidas entre nodos.

Fuente: Telconet S.A. El Autor.

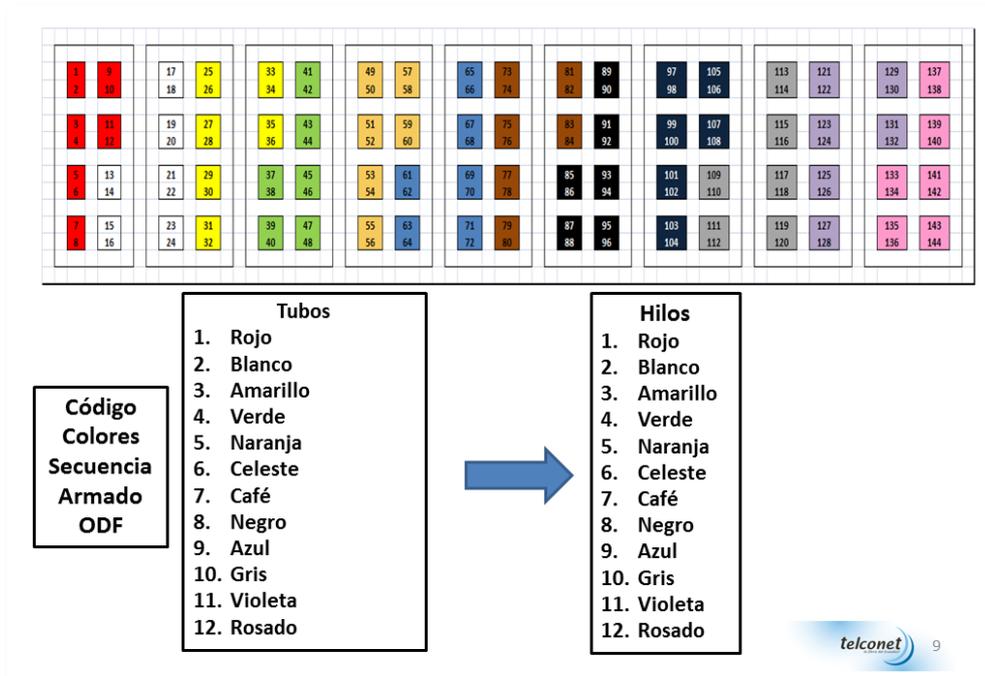


Figura 45. Distribución de colores de los buffers según el estándar de la empresa en un Odf de 144 hilos.  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

En la figura 45 se especifica la secuencia de colores correspondientes a los buffers, además la numeración de los conectores del ODF de 144 hilos, para la red GPON se utilizarán los conectores 48, 60, 72, 84, 96, 108, 120, 132 y 144 que corresponden a los hilos rosados de cada buffer.

#### 4.11 ARMADO DEL ODF DE 144 HILOS

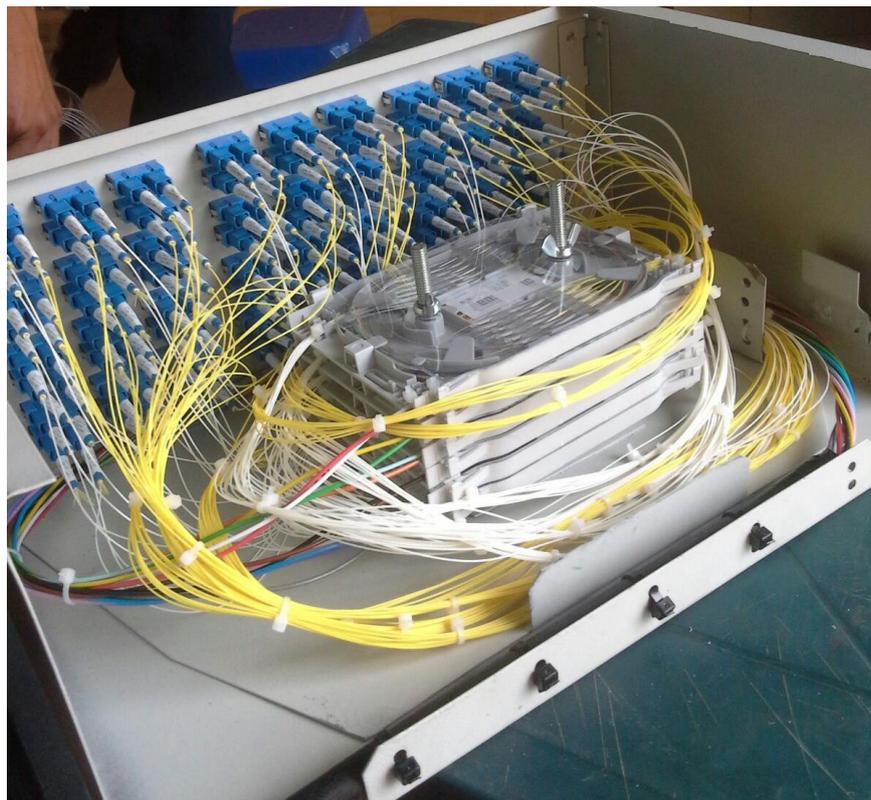


Figura 46. Interior del ODF  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

En la figura 46 indica el ODF el cual es armado con 12 pach cord de fibra de color amarillo los cuales identifica el primer buffer, son colocados de la parte frontal de arriba hacia abajo y de izquierda hacia la derecha, los siguientes 12 pach cord son de color blanco y así sucesivamente hasta completar de forma alternada los 144 hilos, los casetes son ubicados en la parte central del ODF, cada casete contiene dos buffer y son armados de arriba hacia abajo siguiendo el código de colores implantado por la empresa.

## 4.12 OLT (EQUIPO CENTRAL ÓPTICO)

### E-PON OLT: EP-3116



Figura 47. Equipo OLT o equipo central óptico para una red Gpon.

Fuente: OLT (equipo central óptico). Recuperado de: [http://www.st-samsung.com/FTTx\\_Solution.pdf](http://www.st-samsung.com/FTTx_Solution.pdf)

En la figura 47 muestra el equipo que es utilizado por la empresa Telconet S.A. para poder brindar el servicio de internet a los usuarios mediante una red GPON.

El EP-3116, Ethernet sobre PON puede correr hasta 20 km a una velocidad máxima de hasta 1.25Gbps, que resulta ser un aparato de generar ingresos emergentes para desarrolladores y proveedores de servicios.

El EP-3116 es un equipo de Ethernet PON de clase portadora que ofrece siempre alta velocidad y vídeo de alta resolución a través de la red óptica.

El EP-3116 asegura una ruta de migración a la fibra a los locales para Servicios centrados en IP, como VLAN, multicasting, agregación de enlaces, filtrado de multicapa, la limitación de velocidad, clase de servicio (CoS) y la calidad de servicio (QoS). Robusto

sistema de gestión que proporciona fácilmente las capacidades necesarias para la operación, administración, mantenimiento y aprovisionamiento.

#### **4.12.1 CARACTERÍSTICAS**

##### **➤ Estructura Mecánica y Dimensión**

Rack de 19 pulgadas montable Pizza Box (2RU Altura)

Caja Dimensión: 483mm [19 "] (W) x 255mm (D) x 2RU (H)

##### **➤ Interfaz**

IPv4 / IPv6 de modo dual Soporta Switch capa 3

Lado cliente: 8 PON Enlace / tarjeta, Max 2 Tarjetas

Red Side: 4x1000Base-X

##### **➤ Funciones E-PON**

IEEE 802.3 ah interfaz ODN compatible

Longitud de onda: Up (1310) / Abajo (1490nm)

Tasas de Transmisión Simétricos: Max 1 Gbps

Rango del Sistema: Nominalmente 10 kilómetros, Max 20 kilómetros

Seguridad, encriptación AES 128

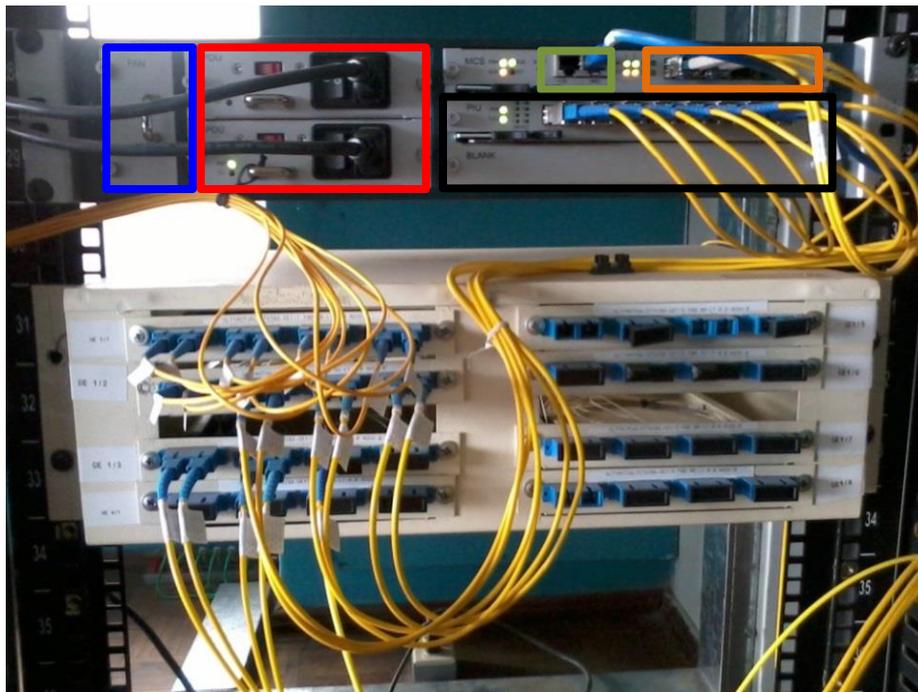


Figura 48. Características de la parte frontal de un equipo Olt.  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

1. FAN: Ventilación del equipo
2. PDU: Fuentes de poder
3. Puertos de gestión local (CON) y remota (MNG)
4. PUERTOS BACKBONE: conexión directa entre OLTs
5. PIU: formado por dos tarjetas de 8 puertos GB cada una.

Posteriormente se ubica un ODF de 64 hilos se encuentra debajo del equipo OLT contiene el splitter el cual esta fusionado con el pach cord de fibra a la entra del splitter como indica la figura 48, las salidas del splitter habilitarán los conectores del ODF los mismo que de igual manera por medio de un pach cord enlazar a los hilos rosados de los buffers que están en el ODF de 144 hilos.

### 4.13 PATCH CORD DE FIBRA ÓPTICA

Es un conector SC cable de conexión de fibra óptica en sus extremos tiene un conector SC como indica la figura 49, pero dependiente del tipo de conexión este puede variar al tener en un extremo este tipo de conector y al otro extremo puede ser, ST, FC, MT- RJ, E2000. El conector SC fue inventado por la empresa japonesa NTT. SC significa Conector Suscriptor o conector estándar. Es muy común en la comunicación de datos y el mercado de telecomunicaciones de fibra óptica. Tiene un tipo de empuje y tracción y se puede utilizar para 1000 ciclos de conexión. SC cable de conexión de fibra óptica tiene una lengüeta de bloqueo en la parte superior del conector y proporciona una alineación precisa a través de sus casquillos cerámicos. Tiene una ventaja en dúplex con una fibra por chaqueta, tipo Zipcord (es un tipo de dos o más conductores que se mantienen unidos por una camisa aislante que puede ser fácilmente separada) para apoyar el envío y recepción de canales. Este tipo de conector cuenta con bajo costo, sencillez y buena durabilidad. Además es más barato, fácil de usar y de ahorro de costos. SC se utiliza ampliamente en redes de fibra óptica y puede ser con manguito de zirconio y carcasa de plástico.



Figura 49. Pach cord de fibra óptica de tipo SC.

Fuente: Pach cord de fibra. Recuperado de: <http://alicefiberstore.all.ec/805.html>

## 4.14 SPLITTERS

La empresa Telconet para una red Gpon tiene como estándar dos niveles de splitters de 1x8 como se aprecia en la figura 50, el primer nivel se encuentra en el nodo en el ODF (Distribuidor de Fibra Óptica) de 64 puertos, este splitters va fusionado al puerto GPON designado del equipo OLT, por cada puerto GPON se habilitará 8 cajas BMX, el segundo nivel de splitters son colocados en las cajas BMX las cuales fueron distribuidas en la ruta principal.

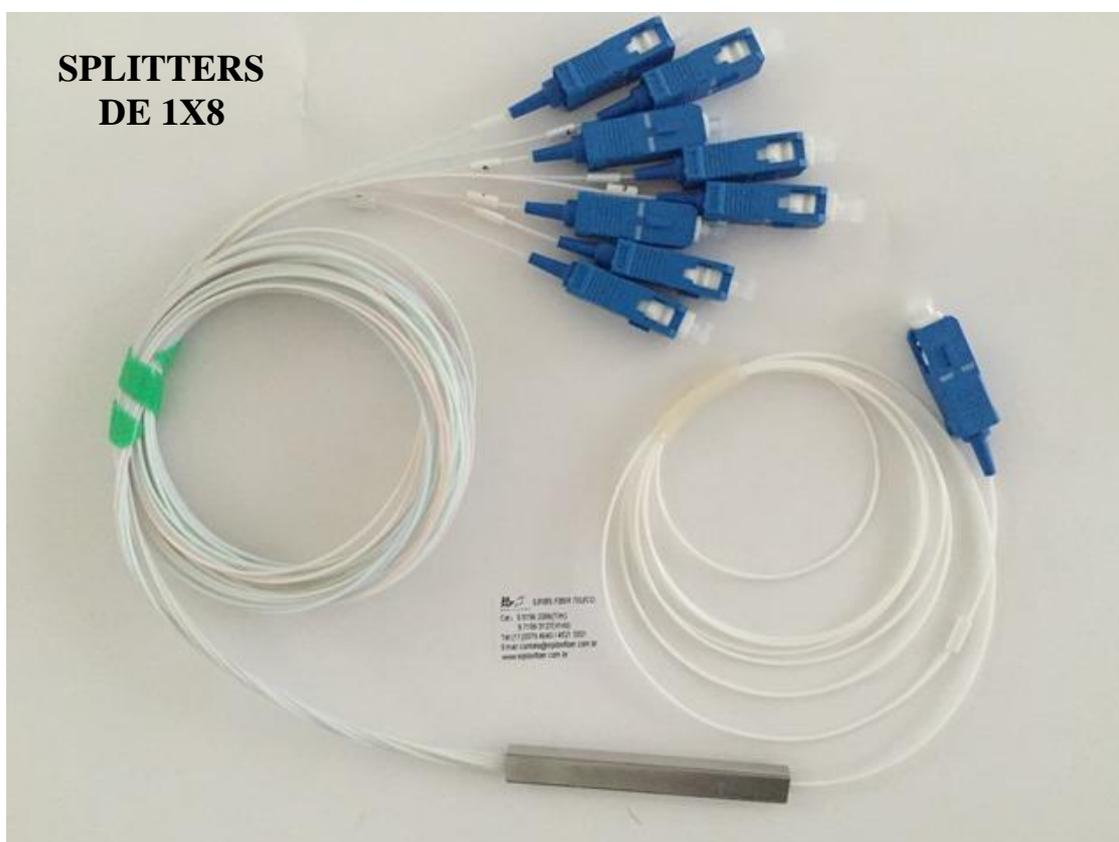


Figura 50. Splitter o divisor óptico de 1/8 (1 entrada y 8 salidas).  
Fuente: Divisor óptico. El autor

#### 4.14.1 CARACTERÍSTICAS DE UN DIVISOR ÓPTICO O SPLITTERS

Quarters (2015) afirma que:

Se suelen emplear en redes de distribución/contribución de video o de datos y en redes GPON. Sin necesidad de emplear elementos electrónicos, de ahí la denominación de pasivos, la señal óptica se divide y envía a varias salidas. En el mercado se pueden conseguir con diferentes relaciones de división de la potencia óptica.

El tipo más común de splitter de fibra óptica divide la salida en señales iguales, la mitad de la señal se envía a un tramo de la salida y la mitad restante a la otra. Aunque también es posible desviar mayor cantidad de señal a un lado del splitter que del otro. Estos divisores se identifican con un número que representan la división de señal, como un 50/50 si la división es en partes iguales, o 80/20 si el 80% de la señal va a un lado y sólo 20% para el otro.

Algunos tipos de splitters de fibra óptica son capaces de trabajar en ambas direcciones. Esto significa que si el dispositivo está instalado de una manera actúa como splitter y divide la señal de entrada en dos partes, enviando dos señales de salida. Si se instala en sentido inverso, actúa como acoplador, conectando dos señales de entrada y combinándolas en una sola señal de salida. No todos los splitter de fibra óptica se pueden usar de esta manera, sin embargo los que sí se pueden están etiquetados como reversibles o como acopladores/splitters.

#### 4.14.2 COMBINACIONES DE SPLITTERS

Tabla 6. Combinaciones posibles para el diseño de una red Gpon

	<b>1er NIVEL DE SPLITTERS</b>	<b>2er NIVEL DE SPLITTERS</b>
<b>1 ENTRADA/2 SALIDAS</b>	1/2	1/32
<b>1 ENTRADA/4 SALIDAS</b>	1/4	1/16
<b>1 ENTRADA/8 SALIDAS</b>	1/8	1/8
<b>1 ENTRADA/16 SALIDAS</b>	1/16	1/4
<b>1 ENTRADA/32 SALIDAS</b>	1/32	1/2

Fuente: GPON Introducción y Conceptos Generales. Recuperado:  
<http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf>

Tabla 7. Niveles de atenuación que presenta en los tipos de splitter.

<b>TIPOS DE SPLITTERS</b>	<b>ATENUACIONES</b>
<b>1/2</b>	- 3,01 dBm
<b>1/4</b>	- 6,02 dBm
<b>1/8</b>	- 9,03 dBm
<b>1/16</b>	- 12,04 dBm
<b>1/32</b>	- 15,04 dBm

Fuente: GPON Introducción y Conceptos Generales. Recuperado:  
<http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf>

Teniendo en cuenta estas combinaciones dependiendo el tipo de red que maneje una determinada empresa utilizará la que más le sea útil a su red en cuanto a combinaciones las cuales indican en la tabla 6 y niveles de atenuación como se muestra en la tabla 7, Telconet por estándar utiliza la combinación 1/8 en los dos niveles de splitters tanto en el nodo como en las cajas BMX, es decir 1 entrada y 8 salidas. (Yagüe, 2014)

#### 4.14.3 DOS NIVELES DE SPLITTERS

En esta alternativa la arquitectura propuesta se compone de un tramo inicial de fibra óptica denominado feeder, (en esta etapa los hilos de salida van conectados mediante un patch cord de fibra al ODF principal de 144 puertos, en donde se habilitará a los hilos rosados de los buffers de la fibra de 144 hilos), luego del cual se encuentra una etapa de splitter de relación 1/8. A continuación de ésta se tiene un nuevo tramo de fibra (equivalente al cable secundario), el cual termina en una segunda etapa de splitters en las cajas BMX (este splitter de relación 1/8). Desde éste último splitter se tiene un cable de fibra óptica de 2 hilos la cual se hará la acometida a cada cliente. Con estas dos etapas de splitters en cascada se tiene una relación de 1/64 servicios por cable de fibra. Además del criterio constructivo de contar con esas dos etapas de splitters, el punto fundamental es la cantidad de usuarios por acceso GPON, en este caso se tienen 64 usuarios por cada puerto GPON. Esto, más allá de las características constructivas de la arquitectura, determina el dimensionado del equipo de central OLT y sobre todo el ancho de banda que se puede ofrecer a cada cliente ya que por cada puerto GPON se tiene un throughput de 1.25Gbps (neto) el cual se comparte entre todos los usuarios conectados a ese puerto. En este caso se obtiene un ancho de banda por usuario de aproximadamente 20Mbps.

Teniendo en cuenta lo antes indicado, las consideraciones principales relacionados con esta alternativa son:

- Se tienen 64 clientes por puerto GPON, y dado que cada tarjeta de la OLT del nodo cuenta con 8 puertos GPON se tendrán 512 clientes por tarjeta. Por otra parte cada OLT correspondiente a cada nodo se podría habilitar 2 tarjetas PIU (Unidad de interfaz PON) teniendo así 1024 clientes por cada nodo.

- El siguiente diagrama muestra un esquema de la arquitectura planteada (64 usuarios/pto GPON con dos etapas de Splitters). (Abreu, 2009)

#### 4.14.4 ETIQUETADO DEL SPLITTERS

Tabla 8. Etiquetado de los splitters que pertenecen a cada caja.

<b>ETIQUETAS DE LOS SPLITTERS</b>	
OLT1YacucalleIBA-GE1/1-F01.Caranqui-L2-H36.ROS-1-C01A-N	
OLT1CaranquiIBA-GE1/1-F01.Yacucalle-L2-H36.ROS-1-C02A-N	
OLT1YacucalleIBA-GE1/1-F01.Caranqui-L2-H48.ROS-2-C03A-N	
OLT1CaranquiIBA-GE1/1-F01.Yacucalle-L2-H48.ROS-2-C04A-N	
OLT1YacucalleIBA-GE1/1-F01.Caranqui-L2-H60.ROS-3-C05A-N	
OLT1CaranquiIBA-GE1/1-F01.Yacucalle-L2-H60.ROS-3-C06A-N	
OLT1YacucalleIBA-GE1/1-F01.Caranqui-L2-H72.ROS-4-C07A-N	
OLT1CaranquiIBA-GE1/1-F01.Yacucalle-L2-H72.ROS-4-C08A-N	
OLT1YacucalleIBA-GE1/1-F01.Caranqui-L2-H84.ROS-5-C09A-N	
OLT1CaranquiIBA-GE1/1-F01.Yacucalle-L2-H84.ROS-5-C10A-N	
OLT1YacucalleIBA-GE1/1-F01.Caranqui-L2-H96.ROS-6-C11A-N	
OLT1CaranquiIBA-GE1/1-F01.Yacucalle-L2-H96.ROS-6-C12A-N	
OLT1YacucalleIBA-GE1/1-F01.Caranqui-L2-H108.ROS-7-C13A-N	
OLT1CaranquiIBA-GE1/1-F01.Yacucalle-L2-H108.ROS-7-C14A-N	
OLT1YacucalleIBA-GE1/1-F01.Caranqui-L2-H120.ROS-8-C15A-N	
OLT1CaranquiIBA-GE1/1-F01.Yacucalle-L2-H120.ROS-8-C16A-N	
OLT1YacucalleIBA-GE1/2-F01.Caranqui-L2-H132.ROS-1-C17A-N	
OLT1CaranquiIBA-GE1/2-F01.Yacucalle-L2-H132.ROS-1-C18A-N	
OLT1YacucalleIBA-GE1/2-F01.Caranqui-L2-H144.ROS-2-C19A-N	
OLT1CaranquiIBA-GE1/2-F01.Yacucalle-L2-H144.ROS-2-C20A-N	

Fuente: Telconet S.A.

En la tabla 8 indica el etiquetado de los splitters de segundo nivel los cuales se encuentran en las cajas BMX (caja de distribución de abonado), nos permitirá conocer de qué puerto Giga depende dicha caja, de igual forma podemos determinar el puerto pon que le corresponde y el puerto en el OFD de 144 hilos.

**OLT1YacucalleIBA-GE1/1-F01.Caranqui-L2-H36.ROS-1-C01A-N**

- **OLT1:** Es el equipo central óptico que se encuentra en el nodo se hace referencia por la numeración en este caso con el número 1 ya que en un nodo se puede encontrar más OLTs.
- **Yacucalle:** Es en nombre del nodo de donde sale la ruta y el que contendrá las cajas impares es decir la 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19
- **IBA:** La ciudad que se está diseñando o que existe el nodo
- **GEx/x:** Es el puerto PON del cual está contenido en la OLT **F01:** Hace referencia al número de la ruta principal, en caso de tener dos o más rutas se enumera con el número correspondiente
- **Caranqui:** Es el nombre al cual esta direccionada la ruta y además contendrá las cajas pares es decir 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20
- **L2:** Hace referencia al nivel de splitter en este caso nivel 2, el nivel 1 este caso estará en el nodo pero en ciertas ocasiones también se lo puede encontrar fuera del nodo.
- **H108:** Se refiere al hilo que se encuentra en el ODF de 144 hilos
- **Ros:** Hace referencia al color del hilo que se va a ocupar para el diseño o implementación de la red GPON.
- **1:** Nos indica el puerto o conector en el ODF de 64 hilos, obviamente antes de especificar el puerto PON, este numerado de izquierda empezando con el número 1 hacia derecha terminando en el número 8.
- **C01:** Nos especifica el número de caja.
- **A:** La letra mayúscula A se refiere a que la ruta es de alta densidad, es decir una ruta principal MPLS.

- **N:** La letra N nos especifica de donde viene la conexión, N = Nodo, C = Caja y P = Pedestal.

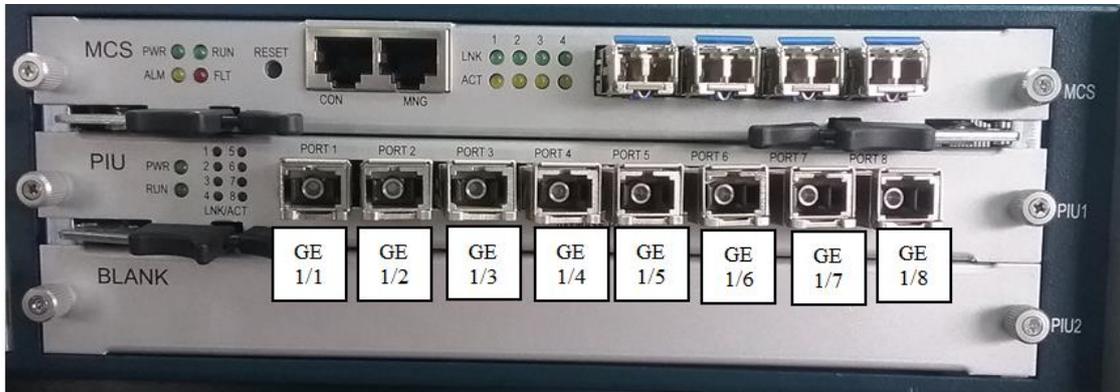


Figura 51. Tarjeta PIU (puertos de unidad de interfaz) con sus respectivos puertos Giga.  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

El estándar de la empresa específica a los puertos de la tarjeta PIU como puertos GE que quiere decir Gigabit, estos puertos pueden transmitir velocidades superiores a los Gigabits, el primer número 1 en este caso se refiere a la primera tarjeta PIU y el segundo número 1 se refiere a la posición que tiene el puerto en la OLT, la etiqueta ira de forma consecutiva hasta llegar al último puerto que sería el número 8, en caso de tener dos tarjetas PIU y de conectarse al puerto 7 por ejemplo seria GE2/7. Estos puertos se muestran en la figura 51

#### 4.15 ETIQUETADO DEL ODF DE 64 HILOS



Figura 52. Distribución de los puertos Giga en el Odf de 64 puertos.  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

Para el etiquetado de este ODF se hace referencia a toda la ranura en forma horizontal con el nombre del puerto PON de la OLT con la nomenclatura correspondiente por ejemplo en la primera ranura GE 1/1 , como indica en la figura 52.



Figura 53. Numeración de los puertos que contiene la giga.  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

En la figura 53 se indica los puertos que saldrán del ODF de 64 hilos los cuales irán direccionados hacia el ODF de 144 hilos de la red principal, es decir hacia los hilos rosados de cada buffers.

## 4.16 SIMBOLOGÍA DEL SPLITTER EN AUTOCAD

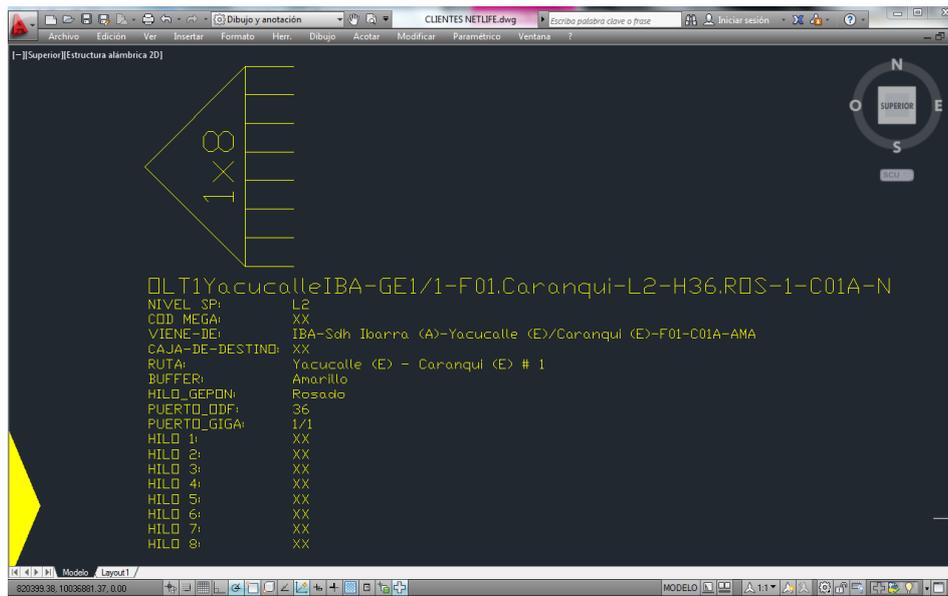


Figura 54. Simbología utilizada por la empresa Telconet.  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

Para llevar un inventario de los splitters se los hace de igual manera que las cajas BMX es decir en software AutoCAD 2013, en la figura 54 podemos apreciar el símbolo que representa al splitter de 1x8 una entrada y 8 salidas, además la etiqueta que corresponde a cada splitter que se encuentra en cada caja BMX.

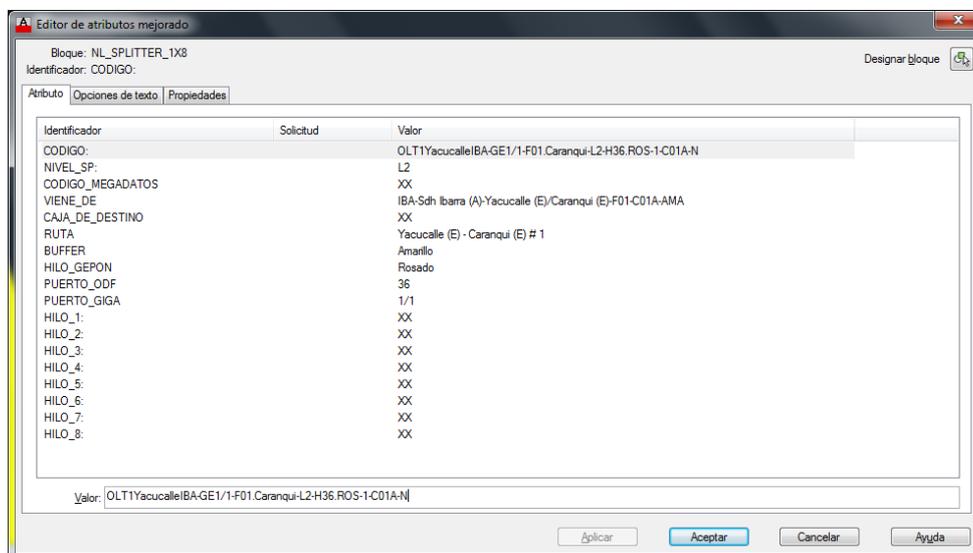


Figura 55. Inventario de los splitters en el software AutoCAD 2013 con los datos correspondientes.  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

En la figura 55 se muestran los campos que serán llenados con la información de la etiqueta del splitter de segundo nivel, además el color de buffer y el puertos en el ODF de 144 hilos.

#### 4.17 ONT (EQUIPO DE USUARIO ÓPTICO)

Optical Network Termination o punto de terminación óptico, más conocido como ONT, es un dispositivo situado en casa del usuario en instalaciones FTTH/GPON. Convierte la línea de fibra óptica en interfaces Ethernet tradicionales, suponiendo por tanto el final de la línea de fibra. Es el elemento situado en casa del usuario que termina la fibra óptica y ofrece las interfaces de usuario. Estos interfaces han evolucionado del fast Ethernet al gigabit Ethernet a la par que las velocidades ofrecidas a los usuarios. Actualmente no existe interoperabilidad entre elementos, por lo que debe ser del mismo fabricante que la OLT. Se está trabajando para conseguir la interoperabilidad entre fabricantes. (G.984.1, 2003)

##### 4.17.1 ONT EP-3204N



Figura 56. Equipo Olt o equipo terminal de usuario.  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

#### 4.17.2 CARACTERÍSTICAS

- **Puerto WAN:** IEEE 802.3 ah GPON
- **LONGITUD DE ONDA:** Up/Down 1310nm/1490nm
- **PUERTOS LAN:** 10/100/1000 Mbps, 4 puertos RJ45
- **ENTRADA FUENTE DE PODER:** 110 / 240 V AC, 50 / 60 Hz
- **SALIDA DE FUENTE DE PODER:** DC 5V / 2A
- **TEMPERATURA:** -20 ~ 50 °C
- **HUMEDAD:** 0 ~ 90 %
- **DIMENSIONES (L\*A\*H):** 179 \* 134 \* 40 mm



Figura 57. Parte posterior del equipo óptico de usuario final.  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

### 4.17.3 DESCRIPCIÓN

- **1 Sujeción tapa superior:** Permite abrir la tapa superior (ver vista interior) para el ingreso, manipulación y conexión del cable de fibra óptica en el ONT. Se tiene que presionar estos seguros y levantar la tapa en el ONT para lograr la apertura.
- **2 Ingreso acometida FO Line:** Es un orificio pequeño por donde el personal de planta externa ingresará el cable de fibra óptica para la conexión en el puerto óptico con conector SC/PC.
- **3 Puerto Ethernet LAN:** Este puerto realiza la conexión del cable UTP con conector RJ-45 (cable de red) con el equipo terminal del cliente (PC, portátil, router, wireless router, etc). Debido a que el ONT tiene el concepto de switch, se debe utilizar un cable directo para la conexión con el equipo terminal.
- **4 Puerto fuente de poder DC5V2A:** Este puerto permite la conexión de la fuente de poder DC de 5 voltios [V] 2 amperios [A] para energizar el equipo. Esta fuente se conecta a la red eléctrica normal.
- **5 Switch Encendido/Apagado PWR:** En el ONT EP-3204N el conmutador selector tiene tres estados:
  - ✓ Arriba: encendido
  - ✓ Medio: apagado
  - ✓ Abajo: encendido automático

Se recomienda no utilizar el estado de encendido automático, con el fin de evitar inconvenientes con la disponibilidad del servicio.



Figura 58. Parte frontal del equipo óptico de usuario final.  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

**LEDs indicadores:** La siguiente tabla 9 muestran el comportamiento de los LEDs indicadores de los ONTs de acuerdo a la figura mostrada en la parte superior:

Tabla 9. Características de la ONT implementada en el usuario.

<b>EP-3204N</b>			
LED	COLOR	ESTADO	FUNCIONES
<b>6 ENCENDIDO/APAGADO PWR</b>	VERDE	LUZ ENCENDIDA	EQUIPO ENERGIZADO CORRECTAMENTE
		LUZ APAGADA	EQUIPO SIN ENERGIA
<b>7. PUERTO ÓPTICO Line</b>	VERDE	LUZ ENCENDIDA	EQUIPO REGISTRADO Y CONECTADO EN LA OLT
		LUZ APAGADA	INTERFAZ ÓPTICA DESCONECTADO
<b>8. ACTIVIDAD Data</b>	VERDE	PARPADEO	PAQUETES ENVIADOS Y RECIBIDOS DE LA OLT
		LUZ APAGADA	NO HAY TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN
<b>9. CONEXIÓN Lan</b>	VERDE	LUZ ENCENDIDA	PUERTO ETHERNET CONECTADO A LA RED
		PARPADEO	PUERTO ETHERNET COMUNICADO 10/100/1000 Mbps
		LUZ APAGADA	PUERTO ETHERNET DESCONECTADO DE LA RED

Fuente: Telconet S.A.

## 4.18 ESTRUCTURA GENERAL DE LA RED GPON

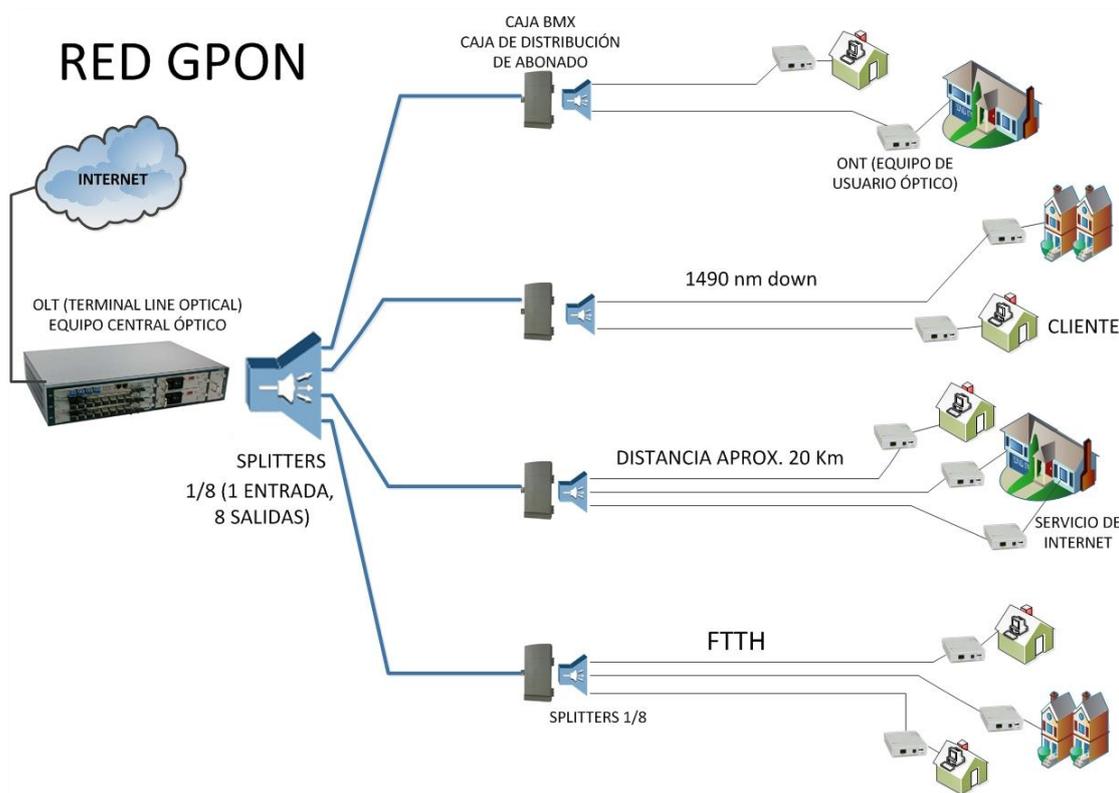


Figura 59. Estructura general de una red Gpon.  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

En la figura 59 se puede apreciar como las redes ópticas pasivas (del inglés Passive Optical Network, conocida como PON) no tienen componentes activos entre el servidor y el cliente o abonado. En su lugar se encuentran (divisores ópticos pasivos) o splitters. La utilización de sistemas pasivos reduce considerablemente las inversiones y los costos de conservación.

La arquitectura de GPON es conceptualmente similar a la de una recomendación anterior tecnologías con fibra óptica. Se han mejorado aspectos referidos a la gestión de servicios y a la seguridad pero, sobre todo, GPON ofrece tasas de transferencia de hasta

1,25 Gbps en caudales simétricos o de hasta 2,5 Gbps para el canal descendente en caudales asimétricos.

#### **4.18.1 ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE UNA RED PON**

Una red óptica pasiva está formada básicamente por:

- Un módulo OLT (Optical Line Terminal - Unidad Óptica Terminal de Línea) que se encuentra en el nodo central.
- Uno o varios divisores ópticos (splitter) que sirven para ramificar la red de fibra óptica.
- Tantas ONTs (Optical Network Terminal - Unidad Óptica de Usuario) como viviendas.
- La transmisión se realiza entre la OLT y la ONU.

En definitiva, PON trabaja compartiendo la capacidad entre las ONU de los usuarios, para lo que necesita utilizar dos frecuencias, una para el canal ascendente y otra para el descendente.

#### **4.18.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

Para que no se produzcan interferencias entre los contenidos en canal descendente y ascendente se utilizan dos longitudes de onda diferentes superpuestas utilizando técnicas WDM (Multiplexación por División de longitud de Onda). Al utilizar longitudes diferentes es necesario, por lo tanto, el uso de filtros ópticos para separarlas.

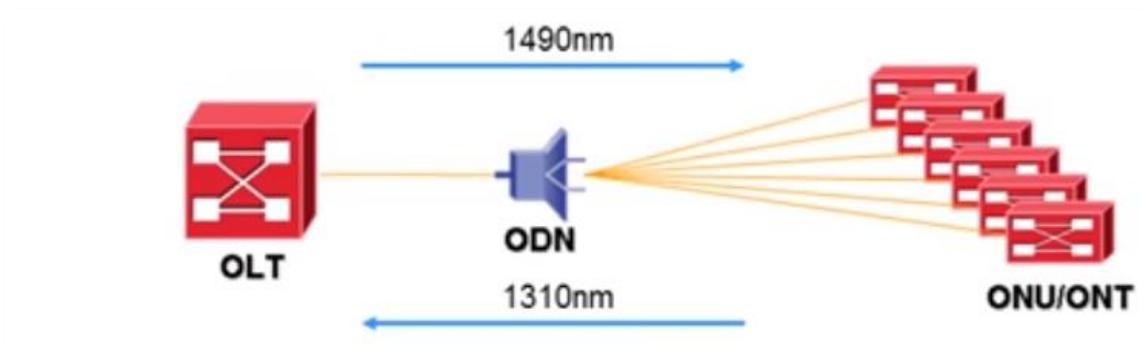


Figura 60. Ventanas de transmisión que utiliza una red Gpon.  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

En la figura 60 muestra cómo se separan las señales de subida y bajada de múltiples usuarios en una sola fibra, Gpon adopta dos mecanismos de multiplexación.

- En dirección de bajada (Downstream), los paquetes de datos son transmitidos en broadcast.
- En dirección de subida (Upstream), los paquetes son transmitidos mediante TDMA (Multiplexación por división de tiempo).

#### 4.18.2.1 Canal descendente

En canal descendente, una red GPON va desde el OLT hacia el ONT de usuario, en forma de red punto-multipunto donde la OLT envía una serie de contenidos que pasan por los divisores y llegan a las unidades ONT, cuyo objetivo es el de filtrar los contenidos y enviar al usuario sólo aquellos que vayan dirigidos a él. Se utiliza una multiplexación en el tiempo (TDM) para enviar la información en diferentes instantes de tiempo.

#### **4.18.2.2 Canal ascendente**

En canal ascendente, una red GPON es una red punto a punto donde las diferentes ONTs transmiten contenidos a la OLT. Por este motivo también es necesario el uso de TDMA para que cada ONT envíe la información en diferentes instantes de tiempo, controlados por la unidad OLT. Al mismo tiempo, todos las ONT se sincronizan a través de un proceso conocido como "Ranging" (es un proceso o método para determinar la distancia de un lugar o de posición a otra ubicación o posición). (Tejedor, Gpon, 2008)

## **CAPÍTULO V**

### **CÁLCULOS Y PRUEBAS PARA DETERMINAR QUE EL DISEÑO ES VIABLE**

#### **5.1 FACTORES A CONSIDERAR PARA EL DISEÑO DE UNA RED GPON**

Dentro de los factores a tomar en cuenta para el diseño de una red de fibra óptica o red Gpon son: velocidad de transmisión, la atenuación del enlace, los tipos de cables de fibra, equipamientos disponibles, tipos de interfaz eléctricos, conectores ópticos, empalmes y protocolos.

El diseño se efectuará con los parámetros que la empresa y las recomendaciones ITU-T.G 984.x establezca para que a futuro pueda ser implementada.

#### **5.2 SISTEMA BÁSICO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA**

Dos factores importantes a considerar en el diseño de enlaces por fibra óptica son las pérdidas totales del enlace y el máximo ancho de banda del enlace.

El máximo ancho de banda del enlace es generalmente el máximo régimen de datos o ancho de banda analógico que un sistema de comunicaciones ópticas puede soportar con un mínimo de distorsión de la señal.

### **5.2.1 ATENUACIÓN**

Significa la disminución de potencia de la señal óptica, en proporción inversa a la longitud de fibra. La unidad utilizada para medir la atenuación en una fibra óptica es el decibel (dB). La atenuación de la fibra se expresa en dB/Km. Este valor significa la pérdida de luz en un Km.

Los factores que influyen en la atenuación se pueden ser:

#### **5.2.1.1 Factores propios**

##### **5.2.1.1.1 *Las pérdidas por absorción.***

Del material de la fibra, son debido a impurezas tales como iones metálicos, níquel variado (OH)- , etc. ya que absorben la luz y la convierten en calor. El vidrio ultra puro usado para fabricar las fibras ópticas es aproximadamente 99.9999% puro. Aun así, las pérdidas por absorción entre 1 y 1000 dB/Km son típicas.

#### **5.2.1.1.2 *Las pérdidas por dispersión (esparcimiento)***

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.

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 fluorescentes

#### **5.2.1.1.3 *Pérdidas de radiación***

Debido a micro curvaturas, cambios repetitivos en el radio de curvatura del eje de la fibra

#### **5.2.1.1.4 *Factores externos***

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

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

Para obtener una representación visual de las características de atenuación de una fibra óptica a lo largo de toda su longitud se utiliza un reflectómetro óptico en el dominio en tiempo (OTDR). El OTDR dibuja esta característica en su pantalla de forma gráfica, mostrando las distancias sobre el eje X y la atenuación sobre el eje Y. A través de esta pantalla se puede determinar información tal como la atenuación de la fibra, las pérdidas en los empalmes, las pérdidas en los conectores y la localización de las anomalías.

El ensayo mediante el OTDR es el único método disponible para determinar la localización exacta de las roturas de la fibra óptica en una instalación de cable óptico ya instalado y cuyo recubrimiento externo no presenta anomalías visibles. Es el mejor método para localizar pérdidas motivadas por empalmes individuales, por conectores, o por cualquier anomalía en puntos concretos de la instalación de un sistema. Permite determinar si un empalme está dentro de las especificaciones o si se requiere rehacerla.

Cuando está operando el OTDR envía un corto impulso de luz a través de la fibra y mide el tiempo requerido para que los impulsos reflejados retornen de nuevo al OTDR. (Mouteira, 2004)

### 5.2.2 COEFICIENTE DE ATENUACIÓN

Las normas ITU definen que se debe especificar un valor máximo para el cálculo de la atenuación que tendrá el enlace, sin que estos valores superen los recomendados por esta organización. A continuación se presenta los cálculos de los puntos citados en el presente capítulo, obviamente tomando en consideración las recomendaciones de la ITU y las atenuaciones de los elementos de la red.

La empresa Telconet para tiene como estándar la utilización de fibra monomodo tanto para su anillo principal como para los tendidos hacia los clientes, en base a la recomendación ITU-T G.652 para un enlace de fibra óptica, la ecuación 3 (obtenida de la recomendación G.652. pág. 7 ) de la atenuación se deberá expresar de la siguiente manera:

$$A(dB) = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y \quad (3)$$

Dónde:

$A(dB)$ : Coeficiente de atenuación.

$\alpha$ : Es el coeficiente de atenuación típico de la fibra óptica.

$L$ : Longitud del enlace.

$\alpha_s$ : Atenuación media por empalme.

$x$ : Números de empalmes por enlace.

$\alpha_c$ : Atenuación media de conectores de línea.

$y$ : Número de conectores de línea en el enlace.

Además del cálculo de esta atenuación en la fibra óptica, empalmes y conectores, se deben sumar las atenuaciones ocasionadas por las splitters de cada tipo que se ponen en el trayecto, considerando que cada nivel de splitters de relación 1:8 tiene una atenuación de 9,3 dB este valor se encuentra en la tabla 7; también se debe incluir el margen de seguridad por factores externos o factores extrínsecos de 1 dB, por lo cual se tendrá la siguiente ecuación 3 obtenida de: <http://dspace.ups.edu.ec>

$$A_T(dB) = A(dB) + 2(A_{S8})(dB) + A_E(dB) \quad (4)$$

Dónde:

$A_T(dB)$ : Atenuación total del enlace

$A(dB)$ : Coeficiente de atenuación de la fibra

$A_{S8}(dB)$ : Atenuación presentada en el splitter de 1:8

$A_E(dB)$ : Atenuación por agentes externos

**$P_{out} = 4 \text{ dB}$**  (Potencia de salida de la OLT)

- La potencia de salida de la OLT por sus características es de 4 db
- La potencia total resulta de la potencia de salida menos la potencia calculada.

$$P_{in} = P_{out} - A_T(dB) \quad (5)$$

### 5.3 CÁLCULO DE LAS ATENUACIONES COMPRENDIDAS ENTRE LOS NODOS YACUCALLE Y EL NODO EJIDO DE CARANQUI Y SUS RESPECTIVAS CAJAS.

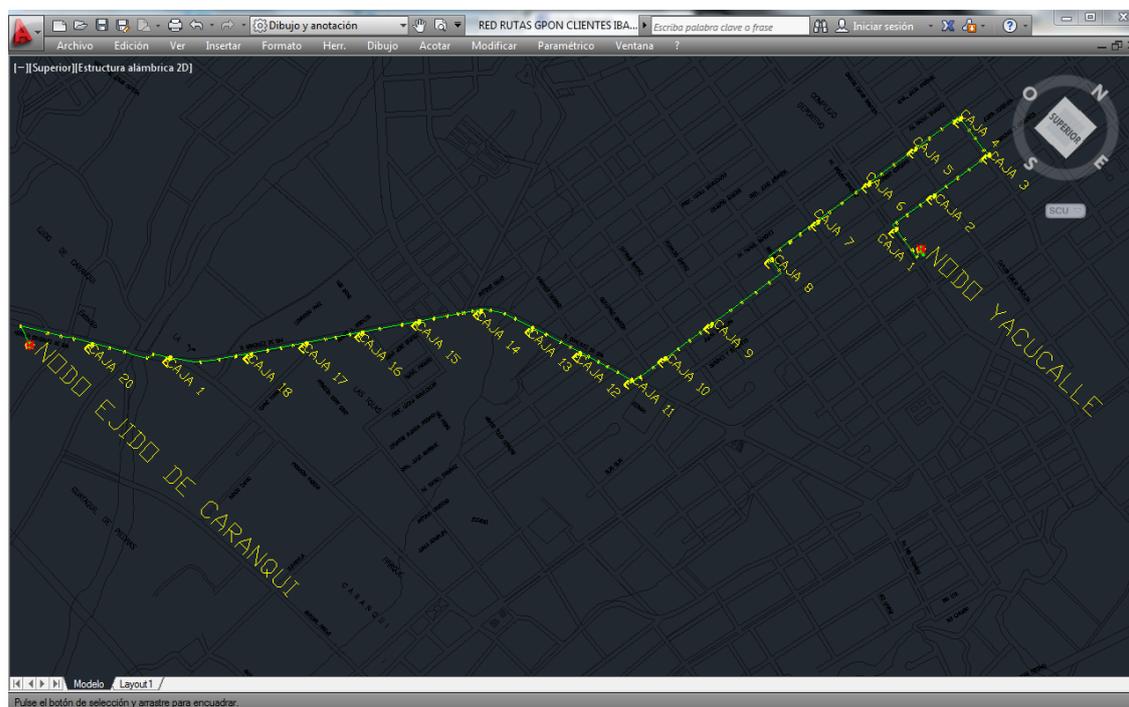


Figura 61. Ruta que cubrirá el sector Yacucalle – Ejido de Caranqui  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

La figura 61 se puede apreciar la distribución de las cajas a lo largo de la ruta desde el nodo Yacucalle – Ejido de Caranqui, el tipo de fibra del anillo principal de 144 hilos de multimodo G652.

**El tipo de fibra utilizada es multimodo G652 (Datos obtenidos de la recomendación G652. Pág. 6)**

- Para la ventana de transmisión de 1310 la atenuación es 0,35 dB/Km
- Para la ventana de transmisión de 1490 la atenuación es 0,24 dB/Km
- Atenuación por conector 0,75 dB (Bizkaia, 2015)

### 5.3.1 DISTANCIAS COMPRENDIDAS ENTRE LAS CAJAS Y LOS NODOS

Tabla 10. Distancias comprendidas desde los nodos a las cajas.

NODO YACUCALLE			NODO EJIDO DE CARANQUI		
NÚMERO DE CAJA	LONGITUD		NÚMERO DE CAJA	LONGITUD	
CAJA # 1	88 mts	0,088 Km	CAJA # 2	3265 mts	3,265 Km
CAJA # 3	421 mts	0,421 Km	CAJA # 4	2968 mts	2,968 Km
CAJA # 5	690 mts	0,69 Km	CAJA # 6	2658 mts	2,658 Km
CAJA # 7	1034 mts	1,034 Km	CAJA # 8	2305 mts	2,305 Km
CAJA # 9	1463 mts	1,463 Km	CAJA # 10	1870 mts	1,87 Km
CAJA # 11	1740 mts	1,740 Km	CAJA # 12	1625 mts	1,625 Km
CAJA # 13	2055 mts	2,055 Km	CAJA # 14	1300 mts	1,3 Km
CAJA # 15	2386 mts	2,386 Km	CAJA # 16	960 mts	0,96 Km
CAJA # 17	2688 mts	2,688 Km	CAJA # 18	644 mts	0,644 Km
CAJA # 19	3077 mts	3,077 Km	CAJA # 20	198 mts	0,198 Km

Fuente: Telconet S.A. El autor.

En la tabla 10 podemos apreciar las distancias comprendidas desde el nodo hacia la ubicación de la caja, este dato es importante para poder realizar el cálculo del coeficiente de atenuación del enlace de fibra óptica.

### 5.3.1.1 Nudo Yacucalle

#### 5.3.1.1.1 Cálculos caja # 1

$$A(dB) = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y$$

$A(dB)$ : Coeficiente de atenuación

$\alpha_{1490\text{ nm}}$ : 0,24 db/Km

$L$ : 0,088 Km

$\alpha_s$ : 0, 1 dB

$x$ : 4

$\alpha_c$ : 0, 75 dB

$y$ : 4

### COEFICIENTE DE ATENUACIÓN

$$A(dB) = 0,24\text{ dB/Km} * 0,088\text{ Km} + 0,1\text{dB} * 4 + 0,75\text{dB} * 4$$

$$A(dB) = 0,02112\text{ dB} + 0,4\text{ dB} + 3\text{dB}$$

$$A(dB) = 3,42112\text{ dB} \quad (6)$$

La actuación determina el coeficiente de atenuación en la caja 1 hacia el nodo pero además de la atenuación de la fibra óptica, empalmes y conectores se debe sumar las atenuaciones ocasionadas por el splitters de combinación de 1:8 el cual tiene un atenuación de 9,03 dB, también se debe considerar las atenuaciones por factores externos el cual es de valor de 1dB. Por tanto para la atenuación total de la ventana de transmisión se tiene el siguiente cálculo.

**ATENUACION TOTAL**

$$A_T(dB) = A(dB) + 2(A_{S8})(dB) + A_E(dB)$$

$$A_T(dB) = 3,42112 \text{ dB} + (2 * 9,03 \text{ dB}) + 1 \text{ dB}$$

$$A_T(dB) = 22,48112 \text{ dB} \quad (7)$$

***Pout* = 4 dB** (Potencia de salida de la OLT)

$$Pin = Pout - A_T(dB)$$

$$Pin = 4 \text{ dB} - 22,48112 \text{ dB}$$

$$Pin = -18,48 \text{ dB} \quad (8)$$

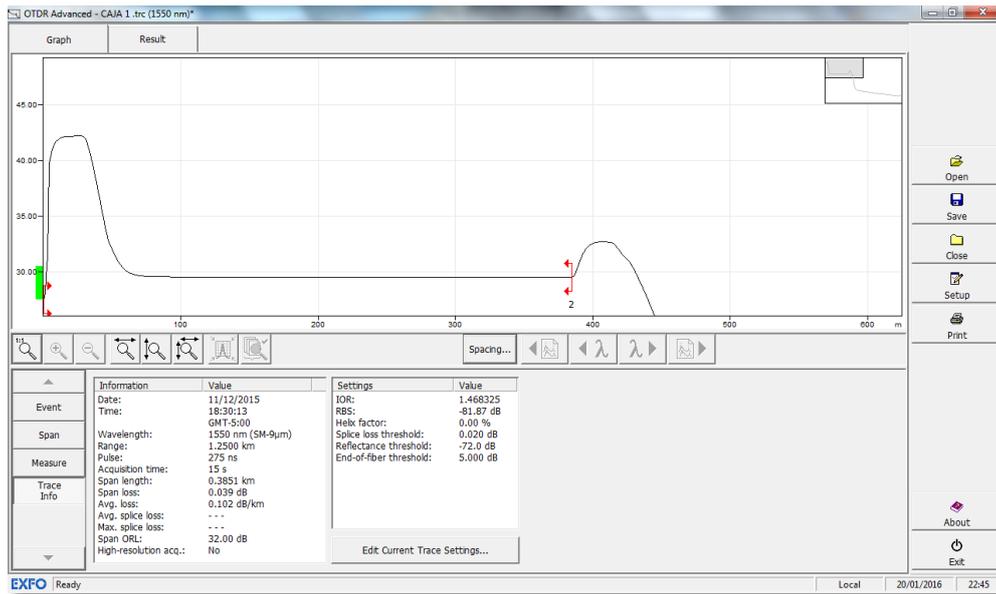


Figura 62. Traza medida desde el nodo hacia la caja # 1  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

La figura 62 muestra la traza realizada mediante el equipo OTR, en la cual se evidencia que no existe ningún tipo de efecto extrínseco o intrínseco



Figura 63. Medición de potencia desde la caja # 1 hacia el nodo  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

En la figura 63 nos permite evidenciar el valor de la atenuación de la caja 1 hacia el nodo mediante el equipo óptico Power Meter, el cual se analizara con el valor obtenido mediante cálculos matemáticos y determinar si el enlace se encuentra en los parámetros óptimos que menciona la recomendación G.984.2

Tabla 11. Valor de la potencia de las cajas

<b>Número de caja</b>	<b>POTENCIA MEDIANTE CÁLCULOS</b>	<b>POTENCIA MEDIDA MEDIANTE EQUIPOS</b>
<b>1</b>	-18,48	-18,44
<b>3</b>	-18,56	-18,55
<b>5</b>	-18,62	-18,87
<b>7</b>	-18,70	-18,90
<b>9</b>	-18,81	-18,95
<b>11</b>	-18,87	-19,02
<b>13</b>	-18,95	-19,10
<b>15</b>	-19,03	-19,28
<b>17</b>	-19,10	-19,32
<b>19</b>	-19,19	-19,63

Fuente: Telconet S.A. El Autor.

Los cálculos obtenidos de las cajas de la ruta se encuentran adjuntos en el Anexo A, los cuales se resumen en la tabla 11 para determinar el balance del enlace óptico. Este balance abarca todos los componentes ópticos situados entre la OLT y la ONU. Se puede apreciar que los resultados obtenidos de la potencia mediante cálculos matemáticos y los resultados obtenidos mediante equipos de medición ópticos se encuentran en los márgenes estipulados en la recomendación G.984.2.

Los resultados nos permite relacionar el valor de la potencia obtenida mediante ecuaciones matemáticas y los valores obtenidos mediante mediciones con equipos ópticos, se puede evidenciar que existe una pequeña diferencia entre estos dos valores, esto es debido ya que los equipos ópticos presentan un nivel de sensibilidad al momento de

realizar la medición, otro factor es que estos equipos permiten medir en la ventana de 1310nm y 1550nm, los cálculos están realizados en la ventana de 1490nm, por lo que se toma la ventana que más se acerca a la de los cálculos en este caso 1550nm, un parámetro que si presentara una variación al comparar los resultados obtenidos.

Tabla 12. Atenuación de las ventanas en las que se transmite los datos de una red Gpon

<b>CARACTERISTICA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MONOFIBRA</b>
<b>Mínima atenuación óptica en 1490 nm</b>	dB	13
<b>Mínima atenuación óptica en 1310 nm</b>	dB	13
<b>Máxima atenuación óptica en 1490 nm</b>	dB	28
<b>Máxima atenuación óptica en 1310 nm</b>	dB	28

Fuente: Recomendación UIT-T G.984.2

Por tanto el cálculo de la atenuación de las cajas del enlace entre los nodos Yacucalle – Ejido de Caranqui si está dentro de los valores que la recomendación G.984.2 que establece, los mismos que se muestran en la tabla 12 (G.984.2, 2006)

## **CAPÍTULO VI**

### **ANÁLISIS COSTO BENEFICIO**

#### **6.1 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO QUE EVIDENCIE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA QUE GARANTICE QUE EL DISEÑO SERÁ APLICABLE.**

En la actualidad si bien es cierto la tecnología va creciendo de la mano con los requerimientos de la sociedad en el ámbito de servicio de telecomunicación, es por esto que el desplegar una red GPON en lugares en donde la red de cobre no llega o es poco eficiente.

El poner a flote una red GPON garantiza mayor eficiencia en el servicio entregado al cliente gracias que es una red robusta y que no tiene una perdida notable de la información por ella transmitida, además no quiere tener una línea telefónica para poder para poder tener el servicio de internet con una mayor cantidad de megas recibidas por el cliente final. es por esto que se debe realizar un análisis minucioso de los costos de la red y los beneficios obtenidos par de esta manera tener la seguridad de la rentabilidad de su despliegue, para esto se tomara en cuenta el costo del servicio teniendo como referencia el plan básico que ofrece Telconet S.A., a nivel provincial y nacional.

## 6.2 COSTOS DE INVERSIÓN

Los costos de inversión que se deberá costear para la implementación del proyecto son referentes a los que la empresa TELCONET S. A., cuenta para cada proyecto de planta externa, tomando en cuenta que cada costo de material incluye la mano de obra. A continuación se detallan los costos de los equipos a utilizar en la implementación del proyecto teniendo de esta manera un detallan en la tabla 13 los equipos tanto en costo como en cantidad.

Tabla 13. Costos totales de inversión

<b>EQUIPOS</b>	<b>PRECIO (\$)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>TOTAL</b>
ONT (E-PON OLT: EP-3116 )	70	160 (unidades)	11000
OLT (4.20.1 ONT EP-3204N )	8000	2 (unidades)	16000
Cable de Fibra de 2 hilos	1000	1 (bobina)	1000
Cable de Fibra de 144 hilos	1500	1(bobina)	1500
Pach Cord de fibra por unidad	10	50 (unidades)	500
Splitters 1x8	15	60 (unidades)	900
Odf de 64 hilos	150	2 (unidades)	260
Odf de 144 hilos	200	4 (unidades)	800
Herrajes tipo A	4,5	75 (unidades)	350
Herrajes tipo B	4,8	35 (unidades)	168
Rack de 45 unidades	150	6 (unidades)	900
Vinchas para fibra de 2 hilos	1,5	100 (unidades)	150
Grilletes para fibra de 144	0,25	100 (unidades)	25
Cable UTP cat 5e	50	1 (caja)	50
Conectores RJ45 (100 unidades)	15	1 (caja)	15
Batería de 12V a 100A	200	16 (unidades)	3200
UPS modelo surta 1500 XL	480	4 (unidades)	1920
ATS multitoma	62	12 (unidades)	744
Escalerillas para fibra en los nodos	250	8 (unidades)	2000
Mangas para fibra de 144 hilos	150	1 (unidades)	150
Cajas BMX	55	20 (unidades)	1100
Tomacorrientes	3	16	48
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 42780</b>

Fuente: Departamento de compras públicas de la empresa Telconet S.A.

Valor de la inversión de equipos **42780** dólares.

### 6.3 INGRESOS DEL SERVICIO

La cantidad de dinero que recibe la empresa por la venta del servicio de internet en este caso son los ingresos del proyecto para lo cual se tomara en cuenta los rubros como son: consumo mensual de internet y el costo de instalación.

En la actualidad los ingresos del servicio de internet están basados en los planes que ofrece la empresa TELCONET S.A., a sus usuarios teniendo en cuenta el plan básico mediante el cual se puede estimar el consumo de cada posible abonado.

Tabla 14. Planes tarifarios

<b>PRODUCTO</b>	<b>Derecho de Inscripción</b>	<b>CBM (Mensual)</b>	<b>Características</b>
<b>INTERNET FIJO BANDA ANCHA (FIBRA ÓPTICA)</b>	100	35,83	15 Mbps local

Fuente: Telconet S.A.

En lo referente al servicio de internet la tabla 14 muestra la pensión básica mensual establecida de acuerdo al plan contratado por el usuario, otro de los ingresos importantes para la empresa es el costo por inscripción del servicio, tomando en cuenta que a todos estos se le añade el 12 % de IVA, pero este valor no será tomado en cuenta para el análisis costo beneficio debido a que no es un ingreso para la empresa en el ámbito de ganancia. A continuación se realiza el cálculo de los ingresos que genera el servicio de internet siendo los siguientes:

El servicio de internet contará con 160 abonados debido a que la ruta está comprendida por 20 cajas que contienen 8 usuarios por tanto el número 160 clientes en toda la ruta, de los cuales podrían acceder al plan básico de 15 Mbps teniendo un ingreso anual de:

$$160 \text{ abonados} * \frac{35,83 \$}{\text{mes} * \text{abonado}} * 12 \text{ meses} = \mathbf{68793,6 \text{ dólares}} \quad (9)$$

Teniendo en cuenta que el servicio de internet generan un ingreso adicional por inscripción:

$$160 \text{ abonados} * \frac{100 \$}{\text{abonado}} = \mathbf{16000 \text{ dólares}} \quad (10)$$

## 6.4 ANÁLISIS FINANCIERO

El análisis financiero se lo realiza tomando en cuenta las inversiones, ingresos, costos y gastos del proyecto para e esta manea evalúa si el proyecto es viable para lo cual se toma en cuenta los siguientes evaluadores de viabilidad que se listan a continuación.

- Flujo de caja
- Valor anual neto
- Tasa interna de retorno
- Período de recuperación de la inversión

## 6.5 FLUJO DE CAJA

La empresa Telconet S.A. 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 del servicio de 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 además de los ingresos por el servicio el 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 15.

Tabla 15. Equipos a depreciarse durante los 10 años de utilidad

<b>EQUIPOS</b>	<b>COSTO \$</b>
<b>OLT</b>	16000
<b>ONT</b>	11000
<b>BATERIAS</b>	3200
<b>UPS</b>	1920
<b>ATS</b>	744
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 32864</b>

Fuente: Telconet S.A.

Tabla 16. Cálculo total del valor de la depreciación de los equipos

<b>PORCENTAJE DE DEPRECIACIÓN POR LEY</b>	<b>VALOR RESIDUAL</b>	<b>VALOR A DEPRECIAR</b>
<b>10%</b>	1600	1440
<b>10%</b>	1100	990
<b>10%</b>	320	288
<b>10%</b>	192	172,8
<b>10%</b>	74,4	66,96
<b>10%</b>	3286,4	<b>\$ 2957,76</b>

Fuente: Telconet S.A.

La tabla 16 indica los valores de depreciación de los equipos los cuales se emplean para el servicio de internet y tienen una vida útil de 10 años, el método aplicado es el de línea

recta, el cual implica el valor del equipo menos el valor residual dividido para los años de vida útil. Por tanto el valor de depreciación anual de los equipos es de 2957,76 dólares.

Para los ingresos pronosticados para los 9 años venideros, estarán en función de la tasa de crecimiento del (PEA) en el cantón Ibarra que es de 2,99% (Ibarra, 2010)

Entidad está obligada a comenzar la depreciación de un elemento de PPYE (Propiedad Panta Y Equipo), cuando este esté disponible para su uso y continuara depreciándose hasta que sea dado de baja en cuantas (Análisis Práctico y Guía de Implementación de NIFF, 2011, pág. 125) referente a la NIC 16.43-59.

La vida útil de un activo es el tiempo que espera que ese activo este en uso o el número de producciones u otras unidades similares que la entidad espera obtener con este activo (Zapata, 2011)

El método de depreciación utilizado debe reflejar el patrón de generación de los beneficios económicos que el activo incorpora. Algunos métodos pueden ser: línea recta, unidades producidas, unidades decrecientes.

(Análisis Práctico y Guía de Implementación de NIFF, 2011, pág. 126) Referente a la NIC 16.60.6

## 6.6 DEPRECIACIONES DE ACTIVOS FIJOS

En la tabla 17 se aprecia que según la ley estipula los siguientes porcentajes además de tiempo de vida útil de un bien, la depreciación de los activos fijos se realizará de acuerdo a la naturaleza de los bienes, a la duración de su vida útil y la técnica contable. Para que este gasto sea deducible, no podrá superar los siguientes porcentajes:

- I. Inmuebles (excepto terrenos), naves, aeronaves, barcasas y similares 5% anual.
- II. Instalaciones, maquinarias, equipos y muebles 10% anual.
- III. Vehículos, equipos de transporte y equipo caminero móvil 20% anual.
- IV. Equipos de cómputo y software 33% anual. (Reglamento Para La Aplicacion de la Ey de Regimen Tributario Interno , pág. 19)

Los tiempos de vida útil son:

- I. Inmuebles (excepto terrenos), naves, aeronaves, barcasas y similares 20 años.
- II. Instalaciones, maquinarias, equipos y muebles 10 años.
- III. Vehículos, equipos de transporte y equipo caminero móvil 5 años.
- IV. Equipos de cómputo y software 3 años. (Reglamento Para La Aplicacion de la Ey de Regimen Tributario Interno , pág. 24)

Tabla 17. Flujo de caja

<b>FLUJO DE CAJA PROYECTADO</b>											
Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión	-42780										
Ingresos proyectados		68793,6	68793,6	68793,6	68793,6	68793,6	68793,6	68793,6	68793,6	68793,6	68793,6
(+)depreciación		2957,76	2957,76	2957,76	2957,76	2957,76	2957,76	2957,76	2957,76	2957,76	2957,76
Ingresos no operacionales		16000									
<b>TOTAL INGRESOS</b>		87751,36	71751,36	71751,36	71751,36	71751,36	71751,36	71751,36	71751,36	71751,36	71751,36
<b>EGRESOS</b>											
Gasto arriendo de poste		114	114	114	114	114	114	114	114	114	114
Arriendo nodos		2880	2880	2880	2880	2880	2880	2880	2880	2880	2880
<b>TOTAL EGRESOS</b>		2994	2994	2994	2994	2994	2994	2994	2994	2994	2994
(=)flujo de caja	-42780	84757,36	68757,36	68757,36	68757,36	68757,36	68757,36	68757,36	68757,36	68757,36	68757,36

Fuente: El autor

## 6.7 CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN)

En la tabla 18 permite determinar el valor actual neto es el valor que permite realizar el cálculo de un determinado flujo de cajas futuras para este proyecto se lo hará en diez años, las cuales se originan por una inversión, esa sistemática se basa en todos los ingresos y egresos generados por el proyecto para al final comparar con la inversión inicial si la equivalencia final que se tiene es mayor que la inversión se dice que el proyecto es rentable. Un factor importante a tomar en cuenta es la tasa de rentabilidad para poder realizar el cálculo del VAN para lo cual se tendrá como tasa de rentabilidad la establecida por Telconet S.A., siendo de un 18.65 % siendo esta la tasa de rendimiento medio.

Tabla 18. Resolución del VAN

Año	Inversión inicial	Entradas de efectivo	18,65%	Entradas actuales
0	-42780			
1		84757,36	1,186	71434,774
2		68757,36	1,407	48840,905
3		68757,36	1,670	41163,848
4		68757,36	1,981	34693,508
5		68757,36	2,351	29240,209
6		68757,36	2,790	24644,087
7		68757,36	3,310	20770,406
8		68757,36	3,927	17505,610
9		68757,36	4,660	14753,990
10		68757,36	5,529	12434,884
<b>Σ efectivos actualizados</b>				<b>315482,226</b>
<b>VAN</b>				<b>272702,226</b>

Fuente: El autor

La ecuación 11 nos permite determinar el valor del VAN la cual se obtuvo mediante el libro (GENERACIÓN DISTRIBUIDA, AUTOCONSUMO Y REDES INTELIGENTES, Autores: COLMENAR SANTOS Antonio , BORGE DIEZ David , COLLADO FERNÁNDEZ Eduardo , CASTRO GIL Manuel Alonso).

$$van = -I inicial + \frac{\sum flujo Caja}{(1 + i)^n} \quad (11)$$

- n= número de años del periodo
- FC= flujo de caja
- i= tasa de rentabilidad de la empresa
- I = inversión inicial

$$\mathbf{Van = \$272702,226} \quad (12)$$

Después de haber realizado el cálculo del VAN vemos que su valor es positivo confirmándonos de esta manea que el proyecto es viable debido a que su va a generar más efectivo de necesario para el reembolso del capital invertido al inicio del proyecto, concluyendo que el proyecto será rentable debido a que su rentabilidad sobrepasara al 18.65% inicial, generando de esta manea una ganancia de \$272702,226 siendo así que TELCONET S.A obtendrá beneficios del proyecto desplegado.

## 6.8 CÁLCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

El TIR es la tasa de interés efectiva de un proyecto, siendo este el máximo interés que se puede pagar por el financiamiento total de un proyecto. Para el cálculo de la TIR se

aplicó el método de interpolación de tasas, estableciendo para ello la aplicación de dos tasas arbitrarias

La ecuación 13 nos permite determinar el valor del TIR la cual se obtuvo mediante el libro (FORMULACION Y EVALUACION DE PROYECTOS, Autor: Fernando Maldonado Arias, Universidad de Cuenca).

$$TIR = \frac{-I + \sum_{i=1}^n Fi}{\sum_{i=1}^n i * Fi} \quad (13)$$

- I = inversión inicial
- n = número de periodos
- i = tasa de interés
- Fi = flujos de efectivo

El siguiente método se realiza por despeje de la ecuación 13 ya descrita anteriormente. A continuación se indican los valores que el presente proyecto tomará para la determinación del TIR.

Tabla 19. Relación del valor del VAN con el TIR que tiene a 0

<b>Año</b>	<b>Inversión inicial</b>	<b>Entradas de efectivo</b>	<b>Valor de descuento 184%</b>	<b>Entradas actuales</b>
<b>0</b>	-42780			-42780
<b>1</b>		84757,36	2,85	29739,42
<b>2</b>		68757,36	8,12	8465,05
<b>3</b>		68757,36	23,15	2970,19
<b>4</b>		68757,36	65,98	1042,17
<b>5</b>		68757,36	188,03	365,67
<b>6</b>		68757,36	535,88	128,31
<b>7</b>		68757,36	1527,26	45,02
<b>8</b>		68757,36	4352,70	15,80
<b>9</b>		68757,36	12405,20	5,54
<b>10</b>		68757,36	35354,82	1,94
<b>11</b>		68757,36	100761,23	1
<b>12</b>		68757,36	287169,51	0
	<b>TOTAL</b>			<b>0,0</b>

Fuente: El autor

**TIR = 185 %****( 14)**

Resolución del Van = 0

El valor porcentual obtenido es de 185 % del TIR, dando a conocer que el proyecto es rentable y a la vez viable para TELCONET S.A., debido a que dicho valor obtenido es mayor a la tasa de rentabilidad esperada de 18.65%.

Tabla 20. Significado del valor del VAN cuando es &lt;, &gt; e = a 0

Valor	Significado	Decisión a tomar
<b>VAN &gt; 0</b>	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto puede aceptarse
<b>VAN &lt; 0</b>	La inversión produciría pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto debería rechazarse
<b>VAN = 0</b>	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida (r), la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.

Fuente: El autor

## 6.9 CÁLCULO DEL PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI)

Para poder identificar la liquidez del proyecto se debe calcular el periodo de recuperación de la inversión al igual permitirá ver el riesgo de dicha inversión, mediante un cálculo sencillo pero eficaz, dicho periodo de recuperación se calcula de la siguiente manera.

La ecuación 15 nos permite determinar en el tiempo de recuperación de la inversión inicial, esta fue obtenida por mediante el libro (Planeación Financiera en la Empresa Modera, Autor: Dr. Luis Haime Levy, pág. 255)

$$PRI = \# \text{ de años anteriores a la recuperación total} + \frac{\text{costo anual no recuperado}}{\text{flujo de caja durante el año}} \quad (15)$$

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 que representará a los años anteriores a la recuperación total.

En este caso, el valor positivo se lo tiene en el primer año por lo que el número de años en los que se recuperara el total de la inversión es de 1 año como se puede ver a continuación siendo el costo acumulado.

Tabla 21. Periodo de recuperación

<b>Año</b>	<b>Flujo neto</b>	<b>Factor</b>	<b>Flujo actualizado</b>
<b>0</b>			
<b>1</b>	<b>84757,36</b>	1,186	71434,774
<b>2</b>	<b>68757,36</b>	1,407	48840,905
<b>3</b>	<b>68757,36</b>	1,670	41163,847
<b>4</b>	<b>68757,36</b>	1,981	34693,508
<b>5</b>	<b>68757,36</b>	2,351	29240,209
<b>6</b>	<b>68757,36</b>	2,790	24644,087
<b>7</b>	<b>68757,36</b>	3,310	20770,406
<b>8</b>	<b>68757,36</b>	3,927	17505,610
<b>9</b>	<b>68757,36</b>	4,667	14753,990
<b>10</b>	<b>68757,36</b>	5,529	12434,884

Fuente: El autor.

Teniendo los valores anteriores se puede determinar el periodo de recuperación de la siguiente manera.

$$PRI = 1 + \frac{2994}{84757,36} \quad (16)$$

$$PRI = 1 + 0,353$$

$$PRI = 1,0353 \quad (17)$$

El tiempo exacto de recuperación de la inversión se puede saber realizando el siguiente cálculo.

La recuperación de la inversión inicial se evidencia que la tabla anterior en la cual es a partir del segundo año y obteniendo una ganancia \$ 6060,91.

### **6.10 ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO (B/C)**

El análisis costo beneficio es una metodología que se toma en cuenta para la toma de decisiones en la viabilidad de un proyecto además de la rentabilidad que brinde el mismo a un empresa en este caso a TELCONET S.A., para esto se debe tomar en cuenta que los beneficios obtenidos del proyecto excedan los costos iniciales de inversión si este es el caso el proyecto sería rentable caso contrario de lo debe descartar para no generar pérdidas a la empresa.

La relación costo-beneficio del proyecto durante los 10 años de vida útil de los equipos se la obtiene de la siguiente manera.

La ecuación 18 permite determinar la relación costo/beneficio para poder analizar si la inversión inicial genera ganancia o pérdida, es obtenida mediante el libro (Matemáticas financieras para toma de decisiones empresariales Autor: Cesar Achig Guzmán)

$$B/C = \frac{\sum \text{flujos netos actualizados}}{\text{inversión 0 o inversión inicial}} \quad (18)$$

En donde:

La suma del flujo de caja actualizados es de = 315482,2259

Inversión inicial del proyecto presentado en el año 0 = 42780

$$B/C = \frac{315482,2259}{42780}$$

$$\frac{B}{C} = 7,3745 \quad (19)$$

Habiendo realizado el cálculo respectivo se puede observar que por cada dólar que se invierte se obtendrá **7,3745** dólares de utilidad, ratificando que la recuperación de la inversión será muy favorable, llegando a ser un proyecto económicamente rentable para TELCONET S.A.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES EN BASE AL PROYECTO REALIZADO**

### **7.1 CONCLUSIONES**

- Al realizar una visita técnica al sector se pudo evidenciar que los habitantes del sector disponían del servicio de internet mediante tecnologías de cobre e inalámbricas, por tanto luego de haber analizado y estudiado una red GPON propuesta la cual ofrece gran ancho de banda a largas distancias se puede determinar que este tipo de tecnología es garantizada gracias a las prestaciones y características de la fibra óptica que la componen.
- Una vez realizado el diseño de la ruta Yacucalle – Ejido de Caranqui se determina la cantidad de usuarios, dentro de toda la ruta se tiene 20 cajas cada una con disponibilidad de 8 clientes, lo cual permite dar el servicio a 160 posibles clientes, además dependiendo de la demanda del sector queda contemplado bajo autorización de la empresa habilitar otro hilo para la realización de una ruta especial llamada FTTH que contempla 64 posibles clientes en lugares que se tenga saturación de cajas.
- Para los usuarios es indiferente la infraestructura de red mediante la cual se le provea los servicios que solicita, lo que el cliente requiere son mejores precios con una mayor calidad siempre y cuando se den los servicios solicitados por parte de la empresa.

- Mediante el análisis económico proyectado a 10 años con un precio mensual de 35,83 \$ del básico por usuario, se determina que el proyecto es factible, ya que toda la inversión comprendida entre equipamiento, materiales y mano de obra será recuperada en el segundo año.
- Las pruebas se realizaron mediante cálculos matemáticos y mediciones en una red ya implementada con más misma características al diseño, los resultados obtenidos fueron que los dos valores tienen una diferencia numérica no tan amplia, esto es debido a que en la medición con el equipo óptico (Power Meter) presenta cierta sensibilidad en las mediciones, las mismas que se realizaron en la ventana de transmisión 1550nm, para los cálculos fue tomado los valores de atenuación que presenta la ventana 1490nm, por lo que los valores de potencia si existirá una variación de atenuación en los dos métodos pero se encuentran dentro de los valores óptimos que menciona la recomendación G.984.2.

## 7.2 RECOMENDACIONES

- Telconet S.A. al tener una infraestructura de fibra óptica muy sólida, debería considerar llegar a los cantones de la provincia de Imbabura en especial a donde haya mayor flujo de comercio, con la tecnología Gpon la cual abarcaría más mercado en brindar el servicio de internet obteniendo así más ganancias económicas.
- Es necesario que se garantice a los usuarios la calidad y disponibilidad del servicio para certificar la confianza en un sistema seguro, por lo que se recomienda en caso de su implementación dar un constante mantenimiento de la red tanto en tendido del enlace como en equipos activos y pasivos los mismos que se encuentran dentro y fuera de los nodos.
- Las prestaciones que brinda una red Gpon garantiza una ganancia económica considerable para la empresa por lo que es rentable la implementación de la misma, además se debe realizar un análisis que permita determinar un crecimiento de la red Gpon a sectores que no tienen este tipo de tecnología generado así más acogida de usuarios, por lo que la empresa tendrá más ingresos.
- El personal técnico que realiza el tendido de fibra óptica debe ser capacitado constantemente tanto en temas teóricos como para trabajos en campo, esto garantizará más aun una red totalmente bien estructurada y organizada, además de

dar soporte y mantenimiento a la misma por gente experta en el tema de fibra óptica.

- Para determinar si el diseño de la red Gpon es rentable, se debe realizar las pruebas tanto teóricas como practica es decir, mediante ecuaciones matemáticas que estén avaladas por las recomendaciones sobre redes Gpon y equipos ópticos los cuales deben estar configurados de manera correcta para las mediciones, estas serán realizadas por una persona que tenga conocimientos en el manejo de dichos equipos, caso contrario se recomienda una capacitación por personal técnico en el tema.

# ANEXOS

## **ANEXO A**

### **CÁLCULOS DE POTENCIA DE LAS CAJAS IMPARES**

### Cálculos caja # 3

$$A(dB) = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y$$

$A(dB)$ : Coeficiente de atenuación

$$\alpha_{1490\text{ nm}}: 0,24\text{ dB/Km}$$

$$L: 0,421\text{ Km}$$

$$\alpha_s: 0,1\text{ dB}$$

$$x: 4$$

$$\alpha_c: 0,75\text{ dB}$$

$$y: 4$$

### COEFICIENTE DE ATENUACIÓN

$$A(dB) = 0,24\text{ dB/Km} * 0,421\text{ Km} + 0,1\text{dB} * 4 + 0,75\text{dB} * 4$$

$$A(dB) = 0,10104\text{ dB} + 0,4\text{ dB} + 3\text{ dB}$$

$$A(dB) = 3,50104\text{ dB}$$

### ATENUACION TOTAL

$$A_T(dB) = A(dB) + 2(A_{S8})(dB) + A_E(dB)$$

$$A_T(dB) = 3,50104\text{ dB} + (2 * 9,03\text{ dB}) + 1\text{ dB}$$

$$A_T(dB) = 22,56104\text{ dB}$$

**$P_{out} = 4\text{ dB}$**  (Potencia de salida de la OLT)

$$P_{in} = P_{out} - A_T(dB)$$

$$P_{in} = 4\text{ dB} - 22,56104\text{ dB}$$

$$P_{in} = -18,56\text{ dB}$$

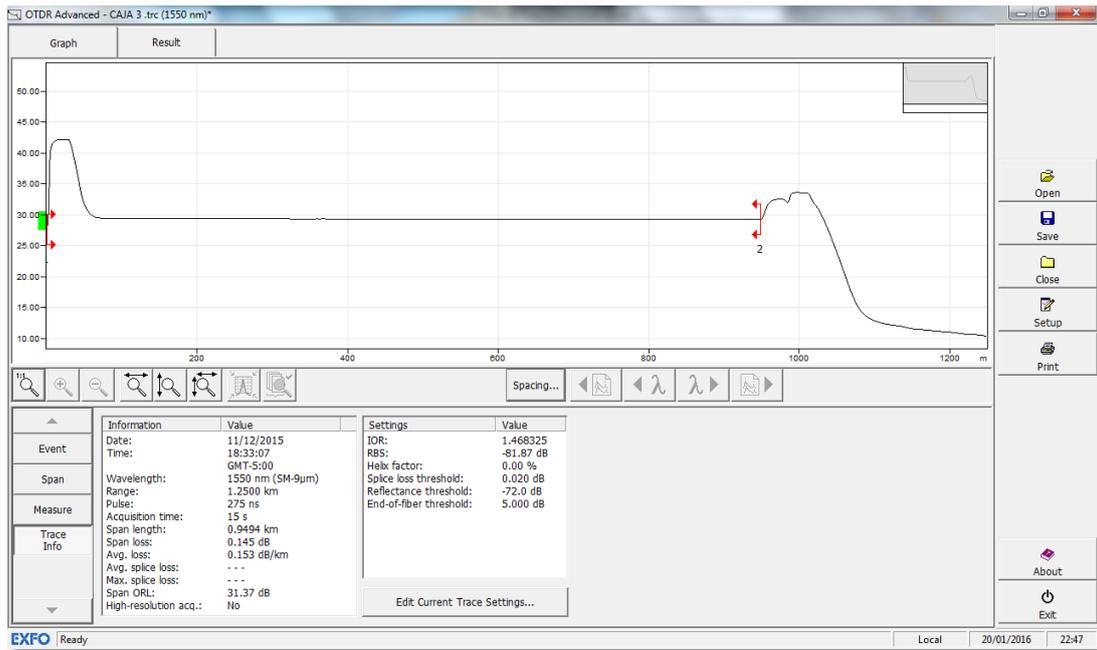


Figura 64. Traza medida desde el nodo hacia la caja # 3  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.



Figura 65. Medición de potencia desde la caja # 3 hacia el nodo  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

### Cálculos caja # 5

$$A(dB) = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y$$

$A(dB)$ : Coeficiente de atenuación

$$\alpha_{1490\text{ nm}}: 0,24\text{ dB/Km}$$

$$L: 0,69\text{ Km}$$

$$\alpha_s: 0,1\text{ dB}$$

$$x: 4$$

$$\alpha_c: 0,75\text{ dB}$$

$$y: 4$$

### COEFICIENTE DE ATENUACIÓN

$$A(dB) = 0,24\text{ dB/Km} * 0,69\text{ Km} + 0,1\text{dB} * 4 + 0,75\text{dB} * 4$$

$$A(dB) = 0,1656\text{ dB} + 0,4\text{ dB} + 3\text{ dB}$$

$$A(dB) = 3,5656\text{ dB}$$

### ATENUACION TOTAL

$$A_T(dB) = A(dB) + 2(A_{S8})(dB) + A_E(dB)$$

$$A_T(dB) = 3,5656\text{ dB} + (2 * 9,03\text{ dB}) + 1\text{ dB}$$

$$A_T(dB) = 22,6256\text{ dB}$$

**$P_{out} = 4\text{ dB}$**  (Potencia de salida de la OLT)

$$P_{in} = P_{out} - A_T(dB)$$

$$P_{in} = 4\text{ dB} - 22,6256\text{ dB}$$

$$P_{in} = -18,62\text{ dB}$$

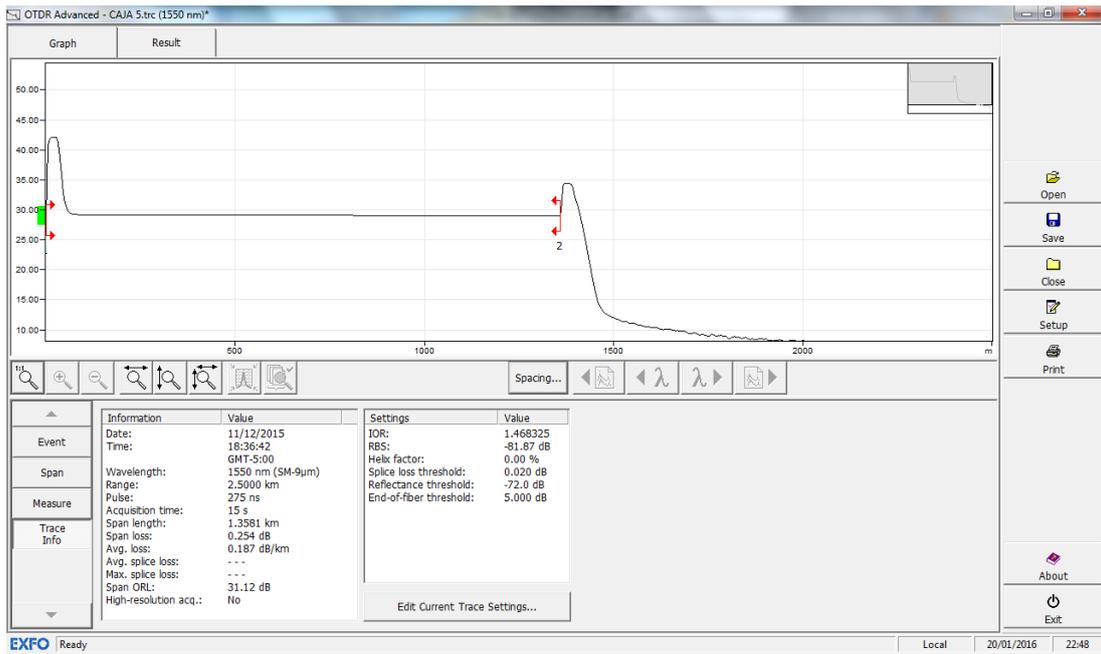


Figura 66. Traza medida desde el nodo hacia la caja # 5  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.



Figura 67. Medición de potencia desde la caja # 5 hacia el nodo  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

### Cálculos caja # 7

$$A(dB) = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y$$

$A(dB)$ : Coeficiente de atenuación

$$\alpha_{1490\text{ nm}}: 0,24\text{ dB/Km}$$

$$L: 1,034\text{ Km}$$

$$\alpha_s: 0,1\text{ dB}$$

$$x: 4$$

$$\alpha_c: 0,75\text{ dB}$$

$$y: 4$$

### COEFICIENTE DE ATENUACIÓN

$$A(dB) = 0,24\text{ dB/Km} * 1,034\text{ Km} + 0,1\text{dB} * 4 + 0,75\text{dB} * 4$$

$$A(dB) = 0,24816\text{ dB} + 0,4\text{ dB} + 3\text{ dB}$$

$$A(dB) = 3,64816\text{ dB}$$

### ATENUACION TOTAL

$$A_T(dB) = A(dB) + 2(A_{S8})(dB) + A_E(dB)$$

$$A_T(dB) = 3,64816\text{ dB} + (2 * 9,03\text{ dB}) + 1\text{ dB}$$

$$A_T(dB) = 22,70816\text{ dB}$$

**$P_{out} = 4\text{ dB}$**  (Potencia de salida de la OLT)

$$P_{in} = P_{out} - A_T(dB)$$

$$P_{in} = 4\text{ dB} - 22,70816\text{ dB}$$

$$P_{in} = -18,70\text{ dB}$$

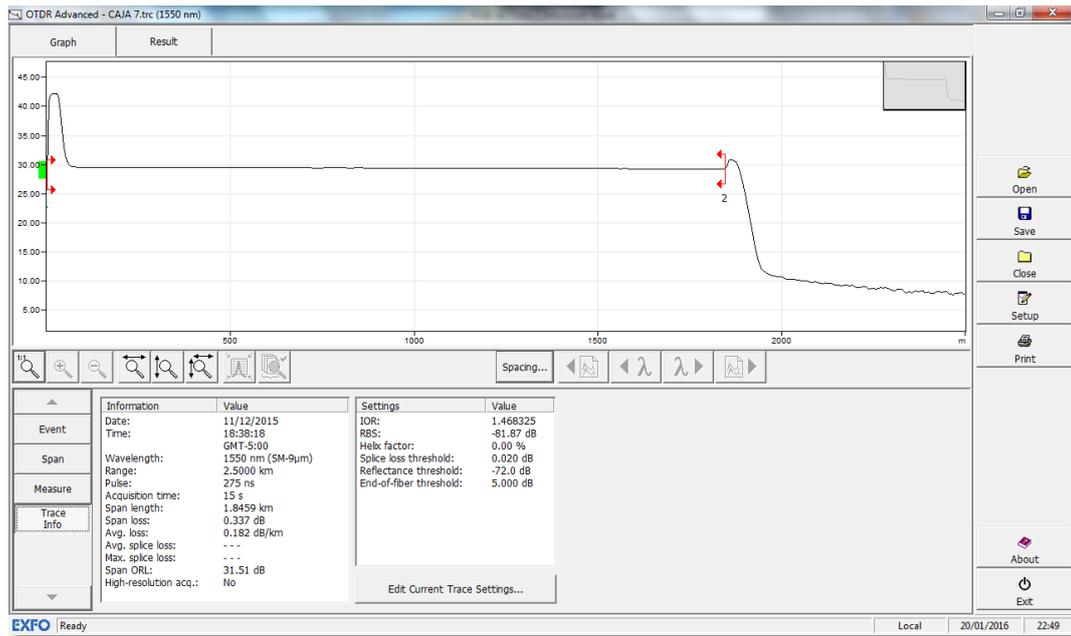


Figura 68. Traza medida desde el nodo hacia la caja # 7  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.



Figura 69. Medición de potencia desde la caja # 7 hacia el nodo  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

### Cálculos caja # 9

$$A(dB) = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y$$

$A(dB)$ : Coeficiente de atenuación

$$\alpha_{1490\text{ nm}}: 0,24\text{ dB/Km}$$

$$L: 1,463\text{ Km}$$

$$\alpha_s: 0,1\text{ dB}$$

$$x: 4$$

$$\alpha_c: 0,75\text{ dB}$$

$$y: 4$$

### COEFICIENTE DE ATENUACIÓN

$$A(dB) = 0,24\text{ dB/Km} * 1,463\text{ Km} + 0,1\text{dB} * 4 + 0,75\text{dB} * 4$$

$$A(dB) = 0,35112\text{ dB} + 0,4\text{ dB} + 3\text{ dB}$$

$$A(dB) = 3,75112\text{ dB}$$

### ATENUACION TOTAL

$$A_T(dB) = A(dB) + 2(A_{S8})(dB) + A_E(dB)$$

$$A_T(dB) = 3,75112\text{ dB} + (2 * 9,03\text{ dB}) + 1\text{ dB}$$

$$A_T(dB) = 22,81112\text{ dB}$$

**$P_{out} = 4\text{ dB}$**  (Potencia de salida de la OLT)

$$P_{in} = P_{out} - A_T(dB)$$

$$P_{in} = 4\text{ dB} - 22,81112\text{ dB}$$

$$P_{in} = -18,81\text{ dB}$$

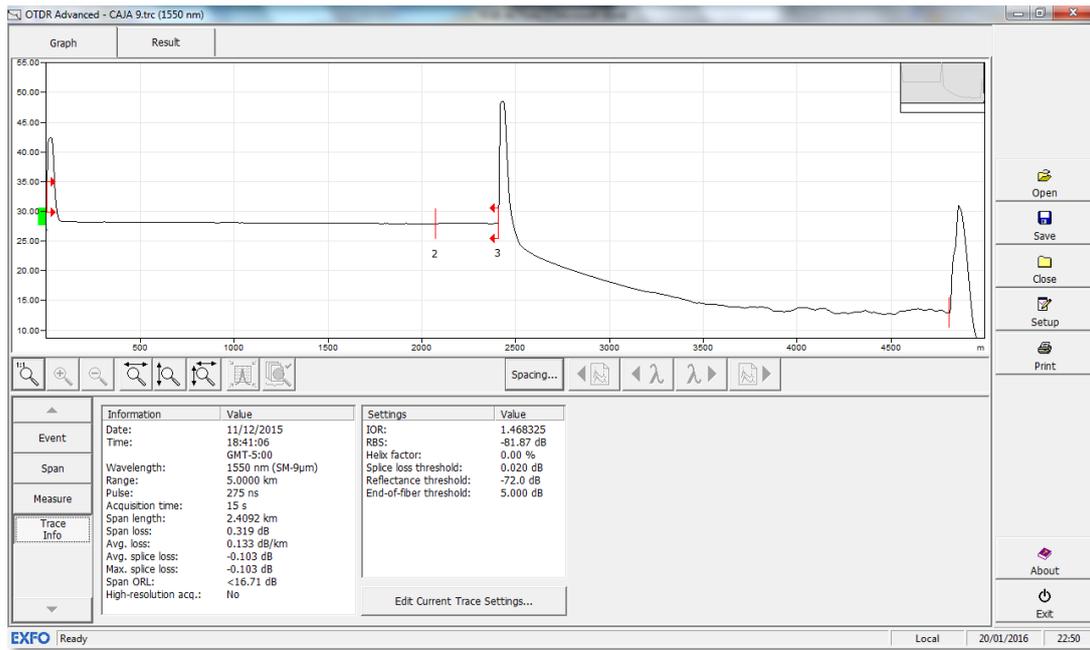


Figura 70. Traza medida desde el nodo hacia la caja # 9  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.



Figura 71. Medición de potencia desde la caja # 9 hacia el nodo  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

## Cálculos caja # 11

$$A(dB) = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y$$

$A(dB)$ : Coeficiente de atenuación

$$\alpha_{1490\text{ nm}}: 0,24\text{ dB/Km}$$

$$L: 1,740\text{ Km}$$

$$\alpha_s: 0,1\text{ dB}$$

$$x: 4$$

$$\alpha_c: 0,75\text{ dB}$$

$$y: 4$$

### COEFICIENTE DE ATENUACIÓN

$$A(dB) = 0,24\text{ dB/Km} * 1,740\text{ Km} + 0,1\text{dB} * 4 + 0,75\text{ dB} * 4$$

$$A(dB) = 0,4176\text{ dB} + 0,4\text{ dB} + 3\text{ dB}$$

$$A(dB) = 3,8176\text{ dB}$$

### ATENUACION TOTAL

$$A_T(dB) = A(dB) + 2(A_{S8})(dB) + A_E(dB)$$

$$A_T(dB) = 3,8176\text{ dB} + (2 * 9,03\text{ dB}) + 1\text{ dB}$$

$$A_T(dB) = 22,8776\text{ dB}$$

**$P_{out} = 4\text{ dB}$**  (Potencia de salida de la OLT)

$$P_{in} = P_{out} - A_T(dB)$$

$$P_{in} = 4\text{ dB} - 22,8776\text{ dB}$$

$$P_{in} = -18,87\text{ dB}$$

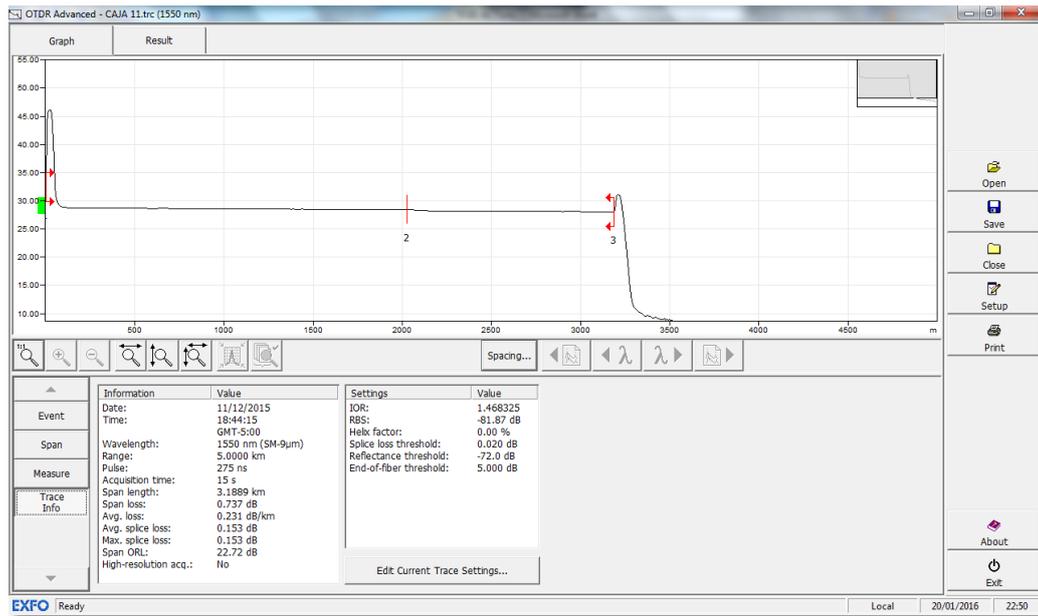


Figura 72. Traza medida desde el nodo hacia la caja # 11  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.



Figura 73. Medición de potencia desde la caja # 11 hacia el nodo  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

### Cálculos caja # 13

$$A(dB) = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y$$

$A(dB)$ : Coeficiente de atenuación

$$\alpha_{1490\text{ nm}}: 0,24\text{ dB/Km}$$

$$L: 2,055\text{ Km}$$

$$\alpha_s: 0,1\text{ dB}$$

$$x: 4$$

$$\alpha_c: 0,75\text{ dB}$$

$$y: 4$$

### COEFICIENTE DE ATENUACIÓN

$$A(dB) = 0,24\text{ dB/Km} * 2,055\text{ Km} + 0,1\text{dB} * 4 + 0,75\text{dB} * 4$$

$$A(dB) = 0,4932\text{ dB} + 0,4\text{ dB} + 3\text{ dB}$$

$$A(dB) = 3,8932\text{ dB}$$

### ATENUACION TOTAL

$$A_T(dB) = A(dB) + 2(A_{S8})(dB) + A_E(dB)$$

$$A_T(dB) = 3,8932\text{ dB} + (2 * 9,03\text{ dB}) + 1\text{ dB}$$

$$A_T(dB) = 22,9532\text{ dB}$$

**$P_{out} = 4\text{ dB}$**  (Potencia de salida de la OLT)

$$P_{in} = P_{out} - A_T(dB)$$

$$P_{in} = 4\text{ dB} - 22,9532\text{ dB}$$

$$P_{in} = -18,95\text{ dB}$$

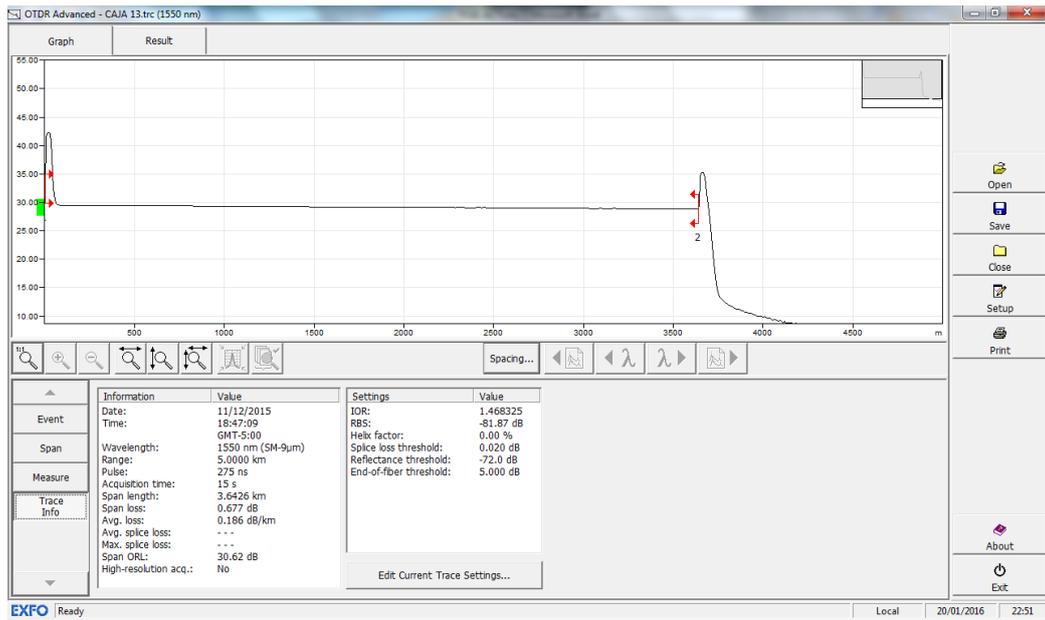


Figura 74. Traza medida desde el nodo hacia la caja # 13  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.



Figura 75. Medición de potencia desde la caja # 13 hacia el nodo  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

### Cálculos caja # 15

$$A(dB) = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y$$

$A(dB)$ : Coeficiente de atenuación

$$\alpha_{1490\text{ nm}}: 0,24\text{ dB/Km}$$

$$L: 2,386\text{ Km}$$

$$\alpha_s: 0,1\text{ dB}$$

$$x: 4$$

$$\alpha_c: 0,75\text{ dB}$$

$$y: 4$$

### COEFICIENTE DE ATENUACIÓN

$$A(dB) = 0,24\text{ dB/Km} * 2,386\text{ Km} + 0,1\text{dB} * 4 + 0,75\text{dB} * 4$$

$$A(dB) = 0,57264\text{ dB} + 0,4\text{ dB} + 3\text{ dB}$$

$$A(dB) = 3,97264\text{ dB}$$

### ATENUACION TOTAL

$$A_T(dB) = A(dB) + 2(A_{S8})(dB) + A_E(dB)$$

$$A_T(dB) = 3,97264\text{ dB} + (2 * 9,03\text{ dB}) + 1\text{ dB}$$

$$A_T(dB) = 23,03264\text{ dB}$$

**$P_{out} = 4\text{ dB}$**  (Potencia de salida de la OLT)

$$P_{in} = P_{out} - A_T(dB)$$

$$P_{in} = 4\text{ dB} - 23,03264\text{ dB}$$

$$P_{in} = -19,03\text{ dB}$$

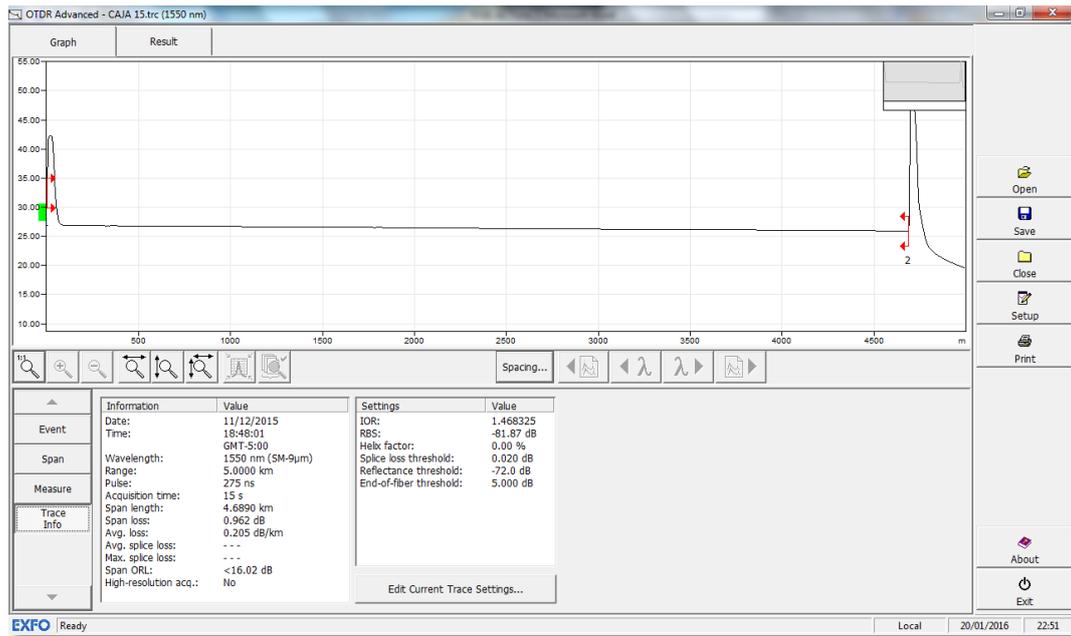


Figura 76. Traza medida desde el nodo hacia la caja # 15  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.



Figura 77. Medición de potencia desde la caja # 15 hacia el nodo  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

### Cálculos caja # 17

$$A(dB) = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y$$

$A(dB)$ : Coeficiente de atenuación

$$\alpha_{1490\text{ nm}}: 0,24\text{ dB/Km}$$

$$L: 2,688\text{ Km}$$

$$\alpha_s: 0,1\text{ dB}$$

$$x: 4$$

$$\alpha_c: 0,75\text{ dB}$$

$$y: 4$$

### COEFICIENTE DE ATENUACIÓN

$$A(dB) = 0,24\text{ dB/Km} * 2,688\text{ Km} + 0,1\text{dB} * 4 + 0,75\text{dB} * 4$$

$$A(dB) = 0,64512\text{ dB} + 0,4\text{ dB} + 3\text{ dB}$$

$$A(dB) = 4,04512\text{ dB}$$

### ATENUACION TOTAL

$$A_T(dB) = A(dB) + 2(A_{S8})(dB) + A_E(dB)$$

$$A_T(dB) = 4,04512\text{ dB} + (2 * 9,03\text{ dB}) + 1\text{ dB}$$

$$A_T(dB) = 23,10512\text{ dB}$$

**$P_{out} = 4\text{ dB}$**  (Potencia de salida de la OLT)

$$P_{in} = P_{out} - A_T(dB)$$

$$P_{in} = 4\text{ dB} - 23,10512\text{ dB}$$

$$P_{in} = -19,10\text{ dB}$$

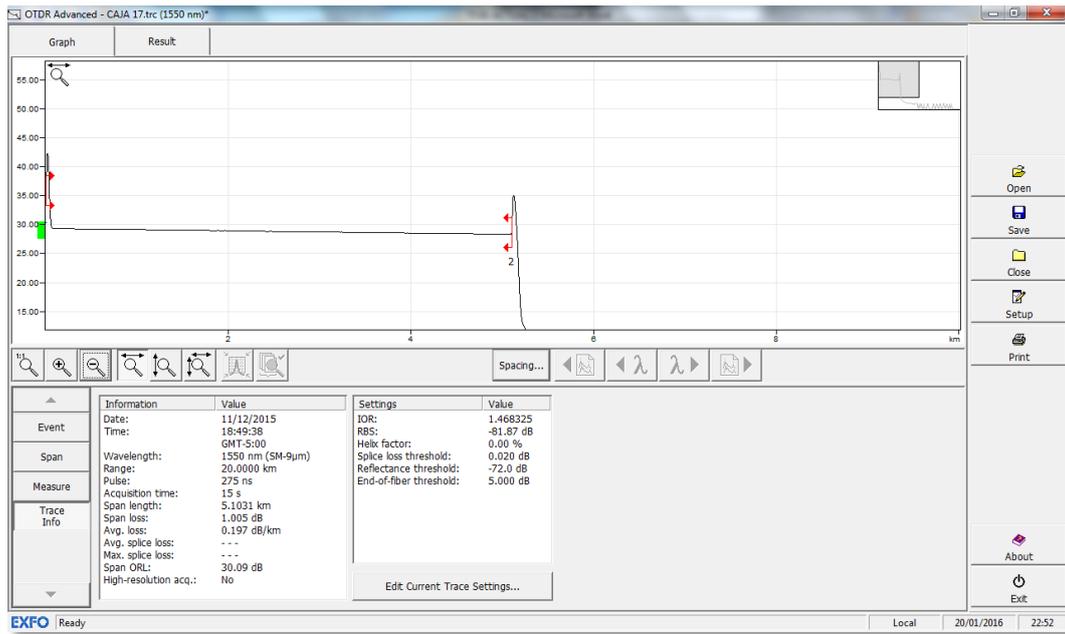


Figura 78. Traza medida desde el nodo hacia la caja # 17  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.



Figura 79. Medición de potencia desde la caja # 17 hacia el nodo  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

### Cálculos caja # 19

$$A(dB) = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y$$

$A(dB)$ : Coeficiente de atenuación

$$\alpha_{1490\text{ nm}}: 0,24\text{ dB/Km}$$

$$L: 3,077\text{ Km}$$

$$\alpha_s: 0,1\text{ dB}$$

$$x: 4$$

$$\alpha_c: 0,75\text{ dB}$$

$$y: 4$$

### COEFICIENTE DE ATENUACIÓN

$$A(dB) = 0,24\text{ dB/Km} * 3,077\text{ Km} + 0,1\text{dB} * 4 + 0,75\text{dB} * 4$$

$$A(dB) = 0,73848\text{ dB} + 0,4\text{ dB} + 3\text{ dB}$$

$$A(dB) = 4,13848\text{ dB}$$

### ATENUACION TOTAL

$$A_T(dB) = A(dB) + 2(A_{S8})(dB) + A_E(dB)$$

$$A_T(dB) = 4,13848\text{ dB} + (2 * 9,03\text{ dB}) + 1\text{ dB}$$

$$A_T(dB) = 23,19848\text{ dB}$$

**$P_{out} = 4\text{ dB}$**  (Potencia de salida de la OLT)

$$P_{in} = P_{out} - A_T(dB)$$

$$P_{in} = 4\text{ dB} - 23,19848\text{ dB}$$

$$P_{in} = -19,19\text{ dB}$$

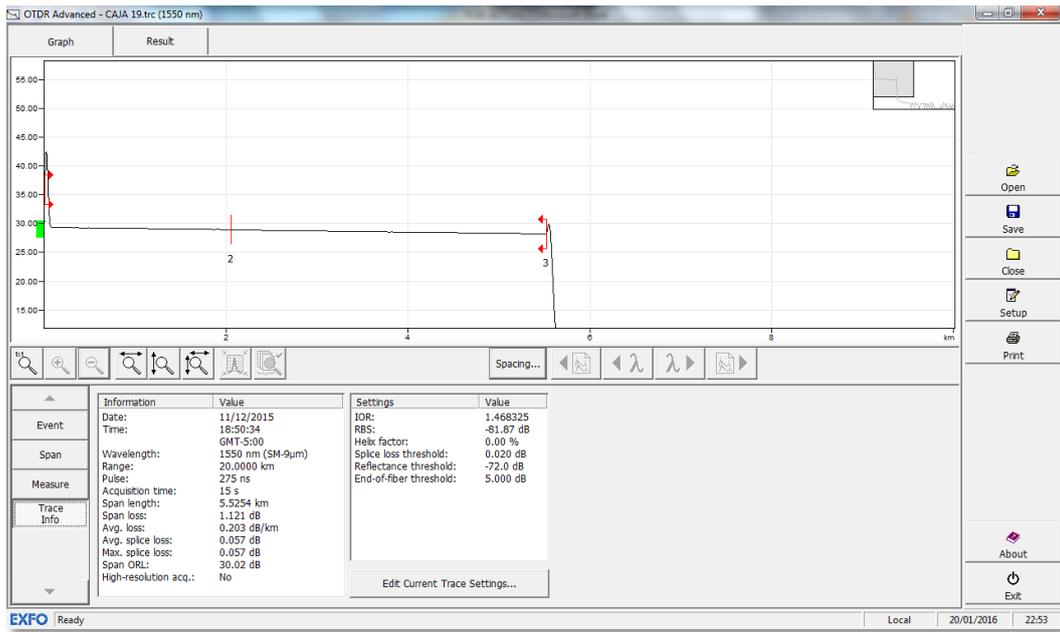


Figura 80. Traza medida desde el nodo hacia la caja # 19  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.



Figura 81. Medición de potencia desde la caja # 19 hacia el nodo  
Fuente: Telconet S.A. El Autor.

## **ANEXO B**

### **RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.1**



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**G.984.1**

(03/2003)

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

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

---

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

Recomendación UIT-T G.984.1

---

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G  
**SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES**

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
EQUIPOS DE PRUEBAS	G.500–G.599
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
Generalidades	G.900–G.909
Parámetros para sistemas en cables de fibra óptica	G.910–G.919
Secciones digitales a velocidades binarias jerárquicas basadas en una velocidad de 2048 kbit/s	G.920–G.929
Sistemas digitales de transmisión en línea por cable a velocidades binarias no jerárquicas	G.930–G.939
Sistemas de línea digital proporcionados por soportes de transmisión MDF	G.940–G.949
Sistemas de línea digital	G.950–G.959
Sección digital y sistemas de transmisión digital para el acceso del cliente a la RDSI	G.960–G.969
Sistemas en cables submarinos de fibra óptica	G.970–G.979
<b>Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes locales</b>	<b>G.980–G.989</b>
Redes de acceso	G.990–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN - ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.7000–G.7999
REDES DIGITALES	G.8000–G.8999

*Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.*

## Recomendación UIT-T G.984.1

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

#### Resumen

En esta Recomendación se describe una red de acceso flexible de fibra óptica con capacidad para soportar las necesidades de ancho de banda de los servicios para empresas y particulares y abarca sistemas con velocidades de línea nominales de 1,2 Gbit/s y 2,4 Gbit/s en sentido descendente (hacia el destino) y de 155 Mbit/s, 622 Mbit/s; 1,2 Gbit/s y 2,4 Gbit/s en sentido ascendente (hacia el origen). Se describen sistemas de redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits (GPON, *gigabit-capable passive optical network*) simétricos y asimétricos (ascendentes/descendentes). Además, se proponen las características generales de los sistemas GPON basándose en las necesidades de servicio de los operadores.

Esta Recomendación tiene por objeto mejorar el sistema descrito en la Rec. UIT-T G.983.1 para lo cual se examina de nuevo el servicio de soporte, las políticas de seguridad, las velocidades de bit nominales, etc. Para garantizar la máxima continuidad de los sistemas y la infraestructura de fibra óptica existentes, en esta Recomendación se mantienen algunos de los requisitos de la Rec. UIT-T G.983.1.

#### Orígenes

La Recomendación UIT-T G.984.1 (2003), preparada por la Comisión de Estudio 15 (2001-2004) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la AMNT el 16 de marzo de 2003.

## PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

## NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

## PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2003

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
1 Alcance .....	1
2 Referencias .....	1
3 Definiciones .....	2
4 Abreviaturas.....	3
5 Arquitectura de la red de acceso óptico.....	4
5.1 Arquitectura de red.....	4
5.2 Configuración de referencia .....	5
6 Servicios, interfaz usuario-red e interfaz de nodo de servicio.....	6
6.1 Servicios .....	6
6.2 Interfaz usuario-red (UNI) e interfaz de nodo de servicio (SNI) .....	7
7 Velocidad binaria.....	7
8 Alcance lógico .....	7
9 Alcance físico .....	7
10 Distancia de fibra diferencial.....	7
11 Retardo medio máximo de transferencia de la señal .....	7
12 Relación de división .....	8
13 Superposición de servicios .....	8
14 Protección en la sección PON.....	8
14.1 Posibles tipos de conmutación.....	8
14.2 Posibles configuraciones y características de la GPON dúplex .....	9
14.3 Requisitos .....	11
14.4 Campos de información necesarios en la trama OAM.....	12
15 Seguridad .....	12
Apéndice I – Ejemplos de servicios de UNI y de SNI.....	12
I.1 Ejemplos de servicios .....	12
I.2 Ejemplos de la interfaz UNI.....	13
I.3 Ejemplos de la interfaz SNI.....	14
Apéndice II – Bibliografía .....	14

## Recomendación UIT-T G.984.1

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

#### 1 Alcance

Esta Recomendación trata sobre las características generales de los sistemas de redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits (GPON), con objeto de orientar y motivar las especificaciones de la capa física y de la capa de convergencia de transmisión. Las características generales incluyen ejemplos de servicios, de interfaces usuario-red (UNI, *user network interface*) e interfaces de nodo de servicio (SNI, *service node interface*) que son necesarios para los operadores de red. Además, en esta Recomendación se ilustran las principales configuraciones de instalación.

En la medida de lo posible, en esta Recomendación se mantienen las características de la Rec. UIT-T G.982 y de las Recomendaciones UIT-T de la serie G.983.x. La finalidad es asegurar la compatibilidad con las redes de distribución óptica existentes (ODN, *optical distribution network*) que son conformes con esas Recomendaciones.

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.

#### 2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes. En esta Recomendación la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- [1] Recomendación UIT-T G.652 (2003), *Características de un cable de fibra óptica monomodo.*
- [2] Recomendación UIT-T G.902 (1995), *Recomendación marco sobre redes de acceso funcional – Arquitectura y funciones, tipos de accesos, gestión y aspectos del nodo de servicio.*
- [3] Recomendación UIT-T G.982 (1996), *Redes de acceso óptico para el soporte de servicios que funcionan con velocidades binarias de hasta la velocidad primaria de la red digital de servicios integrados (RDSI) o velocidades binarias equivalentes.*
- [4] Recomendación UIT-T G.983.1 (1998), *Sistemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas.*
- [5] Recomendación UIT-T G.983.2 (2002), *Especificación de la interfaz de control y gestión de terminales de red óptica para redes ópticas pasivas de banda ancha.*
- [6] Recomendación UIT-T G.983.3 (2001), *Sistema de acceso óptico de banda ancha con capacidad de servicio incrementada mediante la asignación de longitud de onda.*

- [7] Recomendación UIT-T I.112 (1993), *Vocabulario de términos relativos a las redes digitales de servicios integrados*.

### 3 Definiciones

En esta Recomendación se utilizan continuamente los términos definidos en las Recomendaciones UIT-T G.983.1 [4] y G.983.3 [6]; además, se han añadido algunos otros términos. Por razones prácticas, en esta cláusula se repiten las definiciones más importantes relacionadas con los requisitos de servicio de la GPON.

**3.1 función de adaptación (AF, *adaptation function*):** Equipo adicional que convierte la interfaz de abonado ONT/ONU en una interfaz UNI necesaria para el operador o para convertir una interfaz UNI en una interfaz de abonado ONT/ONU. Las funciones de la AF dependerán de la interfaz de abonado ONT/ONU y de la interfaz UNI. Además, la AF es útil también para convertir una interfaz de red OLT en una interfaz SNI necesaria para el operador o para convertir una interfaz SNI en una interfaz de red OLT.

**3.2 alcance lógico:** Se define como la distancia máxima que puede alcanzar un sistema de transmisión particular, independientemente de la potencia óptica.

**3.3 distancia de fibra diferencial:** Una OLT se conecta a varias ONU/ONT. La distancia de fibra diferencial es la diferencia de distancia entre la ONU/ONT más próxima y la más distante a partir de la OLT.

**3.4 retardo medio de transferencia de la señal:** Los valores medios en transmisión hacia el origen y hacia el destino entre puntos de referencia "V" y "T"; un valor dado se determina midiendo el retardo de ida y retorno y dividiendo por dos el valor obtenido.

**3.5 red de acceso óptico (OAN, *optical access network*):** El conjunto de enlaces de acceso que comparten las mismas interfaces del lado red y están soportados por sistemas de transmisión de acceso óptico. La OAN puede incluir varias ODN conectadas a la misma OLT.

**3.6 red de distribución óptica (ODN, *optical distribution network*):** Una ODN proporciona el medio de transmisión óptica desde la OLT hasta los usuarios, y viceversa. Utiliza componentes ópticos pasivos.

**3.7 terminación de línea óptica (OLT, *optical line termination*):** Una OLT proporciona la interfaz en el lado de la red de la OAN, y está conectada a una o varias ODN.

**3.8 terminación de red óptica (ONT, *optical network termination*):** Una ONU utilizada para FTTH y que incluye la función de puerto de usuario.

**3.9 unidad de red óptica (ONU, *optical network unit*):** Una ONU proporciona (directamente o a distancia) la interfaz lado usuario de la OAN, y está conectada a la ODN.

**3.10 alcance físico:** Se define como la distancia física máxima que puede alcanzar un sistema de transmisión particular.

**3.11 servicio:** Se define como un servicio de red que es necesario para los operadores. El servicio se describe mediante un nombre fácilmente reconocible por cualquier persona, independientemente de que se trate de un nombre de estructura de trama o de un nombre genérico.

**3.12 interfaz de nodo de servicio (SNI, *service node interface*):** véase la Rec. UIT-T G.902.

**3.13 interfaz usuario-red (UNI, *user network interface*):** véase la Rec. UIT-T I.112.

#### 4 Abreviaturas

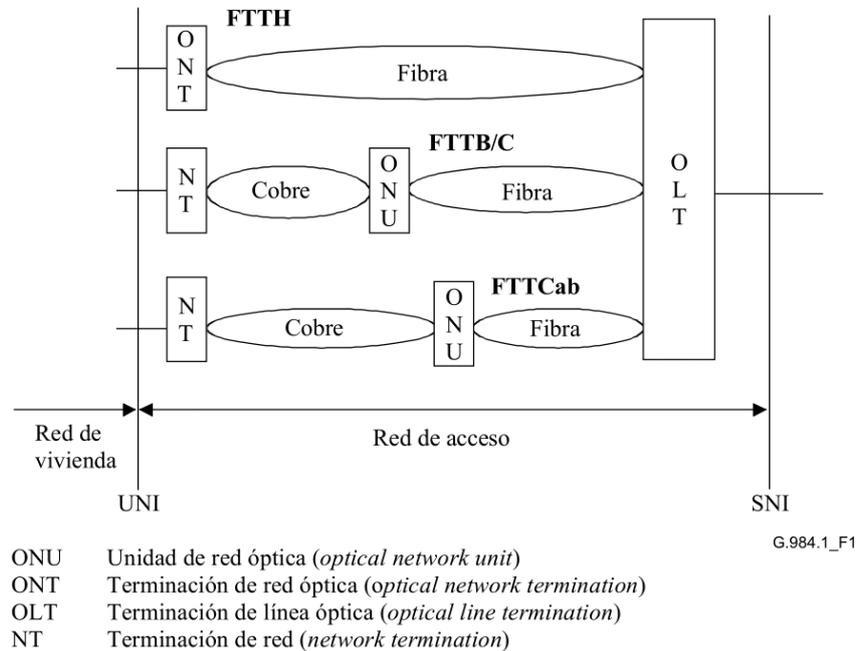
En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas:

AF	Función de adaptación ( <i>adaptation function</i> )
BRI	Interfaz de velocidad básica ( <i>basic rate interface</i> )
DSL	Línea de abonado digital ( <i>digital subscriber line</i> )
FTTB	Fibra al edificio ( <i>fibre to the building</i> )
FTTCab/C	Fibra al armario/a la cometida ( <i>fibre to the cabinet/curb</i> )
FTTH	Fibra a la vivienda ( <i>fibre to the home</i> )
LT	Terminal de línea ( <i>line terminal</i> )
MDU	Unidad multivivienda ( <i>multi-dwelling unit</i> )
NT	Terminación de red ( <i>network termination</i> )
OAM	Operaciones, administración y mantenimiento
OAN	Red de acceso óptico ( <i>optical access network</i> )
ODN	Red de distribución óptica ( <i>optical distribution network</i> )
OLT	Terminación de línea óptica ( <i>optical line termination</i> )
ONT	Terminación de red óptica ( <i>optical network termination</i> )
ONU	Unidad de red óptica ( <i>optical network unit</i> )
OpS	Sistemas de operaciones ( <i>operations system</i> )
PDH	Jerarquía digital plesiócrona ( <i>plesiochronous digital hierarchy</i> )
PON	Red óptica pasiva ( <i>passive optical network</i> )
POTS	Servicio telefónico ordinario ( <i>plain old telephone service</i> )
PRI	Interfaz de velocidad primaria ( <i>primary rate interface</i> )
RDSI	Red digital de servicios integrados
RTPC	Red telefónica pública conmutada
SDH	Jerarquía digital síncrona ( <i>synchronous digital hierarchy</i> )
SN	Número de serie ( <i>serial number</i> )
SNI	Interfaz de nodo de servicio ( <i>service node interface</i> )
TC	Convergencia de transmisión ( <i>transmission convergence</i> )
UNI	Interfaz usuario-red ( <i>user network interface</i> )
VOD	Vídeo por demanda ( <i>video-on-demand</i> )
WDM	Multiplexación por división de longitud de onda ( <i>wavelength division multiplexing</i> )

## 5 Arquitectura de la red de acceso óptico

### 5.1 Arquitectura de red

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



**Figura 1/G.984.1 – Arquitectura de red**

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

#### 5.1.1 Escenario FTTB

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

##### 5.1.1.1 FTTB para MDU

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

### **5.1.1.2 FTTB para empresas**

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

### **5.1.2 Escenarios FTTC y FTTCab**

En estos escenarios se incluyen las siguientes categorías de servicio:

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

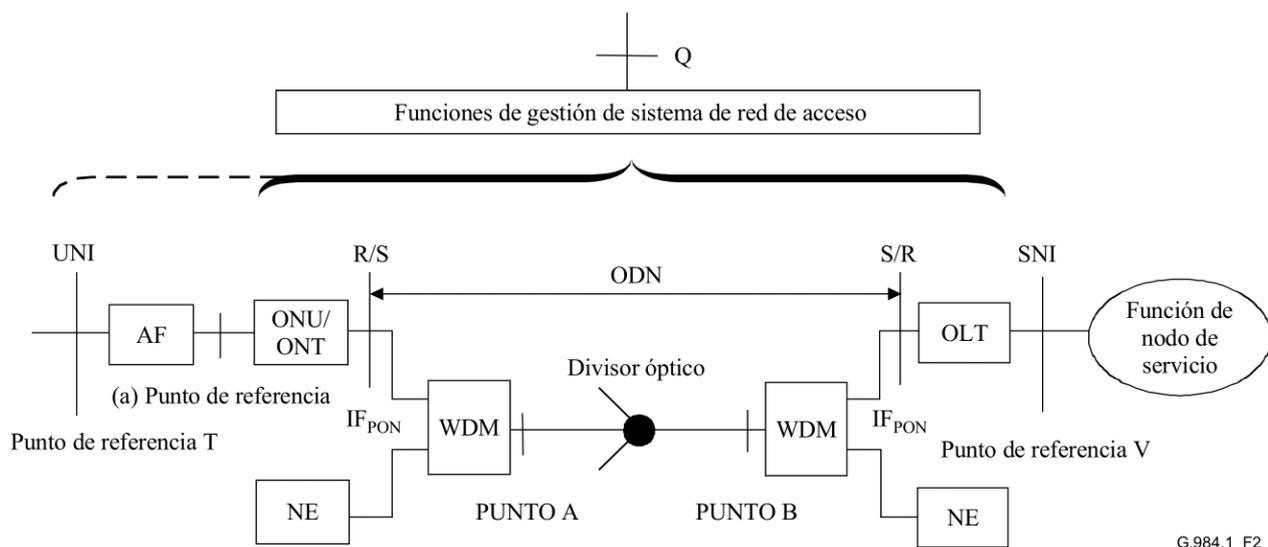
### **5.1.3 Escenario FTTH**

En este escenario se incluyen las siguientes categorías de servicio:

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

## **5.2 Configuración de referencia**

La configuración de referencia se ilustra en la figura 2.



G.984.1\_F2

ONU	Unidad de red óptica
ONT	Terminación de red óptica
ODN	Red de distribución óptica
OLT	Terminación de línea óptica
WDM	Módulo de multiplexación por división de longitud de onda (esta función no es necesaria si no se emplea WDM)
NE	Elemento de red que utiliza las distintas longitudes de onda de la OLT y de la ONU
AF	Función de adaptación (algunas veces incluida en la ONU)
SNI	Interfaz de nodo de servicio
UNI	Interfaz usuario-red
S	Punto en la fibra óptica justo después del punto de conexión óptico OLT (sentido descendente)/ONU (sentido ascendente) (es decir, conector óptico o empalme óptico)
R	Punto en la fibra óptica justo antes del punto de conexión óptico ONU (sentido descendente)/OLT (sentido ascendente) (es decir, conector óptico o empalme óptico)
(a) Punto de referencia	Si la ONU incluye la AF, este punto no es necesario
PUNTO A/B	Si no se utiliza WDM, no son necesarios estos punto

NOTA – La determinación de si la AF es o no un objeto de operación de la interfaz Q, depende del servicio.

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

### 5.2.1 Interfaz de nodo de servicio

Véase la Rec. UIT-T G.902 [2].

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

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

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

### 6.1 Servicios

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

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

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

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

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

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

## **7 Velocidad binaria**

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

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

## **8 Alcance lógico**

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

## **9 Alcance físico**

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

## **10 Distancia de fibra diferencial**

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

## **11 Retardo medio máximo de transferencia de la señal**

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

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

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

## 12 Relación de división

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

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

## 13 Superposición de servicios

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

## 14 Protección en la sección PON

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

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

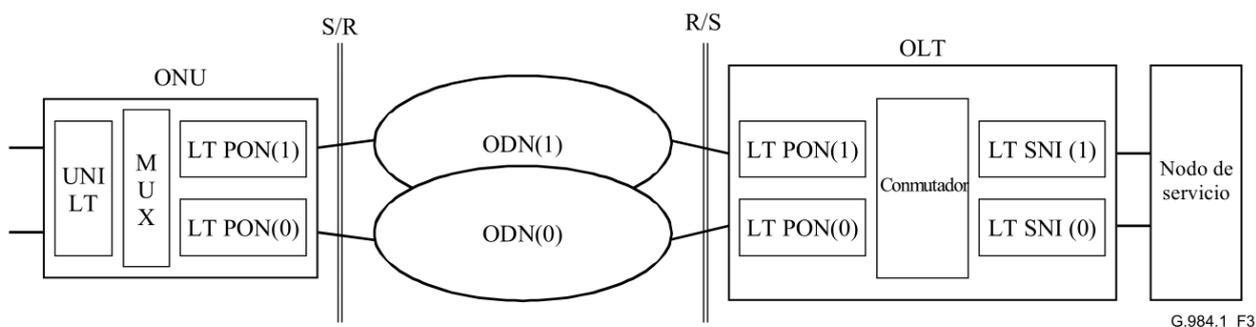
### 14.1 Posibles tipos de conmutación

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

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

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

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



**Figura 3/G.984.1 – Modelo del sistema dúplex**

## 14.2 Posibles configuraciones y características de la GPON dúplex

Puede haber varios tipos de sistemas GPON dúplex, como se ilustra en las figuras 4a a d. Los protocolos de control de cada configuración se deben especificar de manera independiente.

Por ejemplo, en la figura 4a no se requiere protocolo de conmutación para la OLT/ONU, ya que la conmutación se aplica solo a las fibras ópticas. Además, en la figura 4b tampoco se requiere protocolo de conmutación puesto que la conmutación se lleva a cabo únicamente en la OLT.

### 14.2.1 Ejemplos de configuración

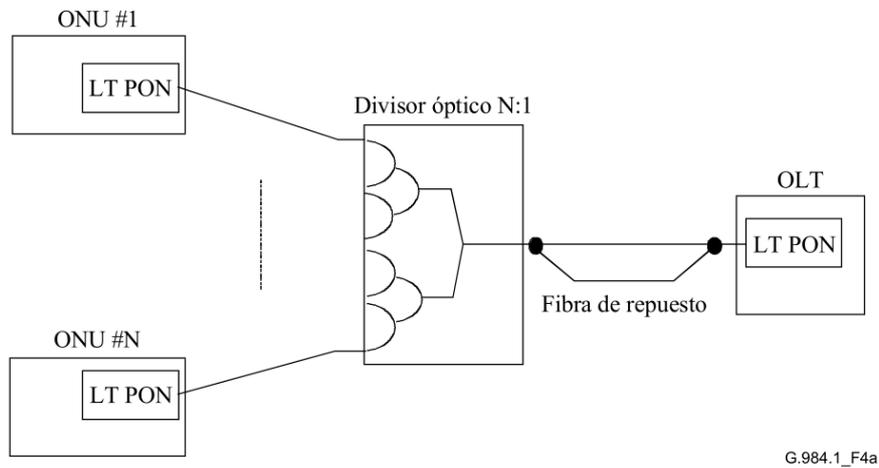
Tipo A: En la primera configuración se duplican únicamente las fibras ópticas, como se muestra en la figura 4a. En este caso, las ONU y la OLT no se duplican.

Tipo B: En la segunda configuración (figura 4b) se duplican las OLT y las fibras ópticas entre las OLT y el divisor óptico, y este último tiene dos puertos de entrada/salida en el lado de la OLT. Esta configuración permite reducir el costo de la duplicación de las ONU, aunque, en caso de fallo, sólo se puede recuperar el lado OLT.

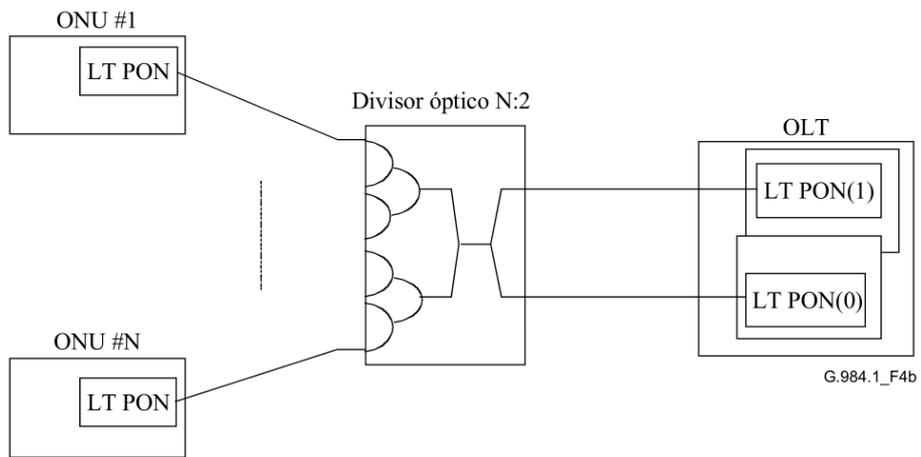
Tipo C: En la tercera configuración (figura 4c) se duplican no solamente los equipos del lado OLT sino también los del lado ONU. En esta configuración, en caso de fallo la recuperación es posible en cualquier punto al conmutar a los equipos de reserva. Por consiguiente, el costo de la configuración dúplex total garantiza una alta fiabilidad.

Tipo D: Si las ONU se instalan en los edificios de los abonados, las conexiones internas no tienen por qué estar duplicadas. Además, si cada ONU pertenece a un usuario distinto, el requisito de fiabilidad dependerá de cada usuario y sólo un número limitado de ONU podrán tener la configuración dúplex. Según lo anterior, la última configuración (figura 4d) permite una duplicación parcial en el lado de la ONU. En el ejemplo de esta figura se muestra que hay ONU duplicadas (ONU#1) y otras únicas (ONU#N). Los principios más importantes son:

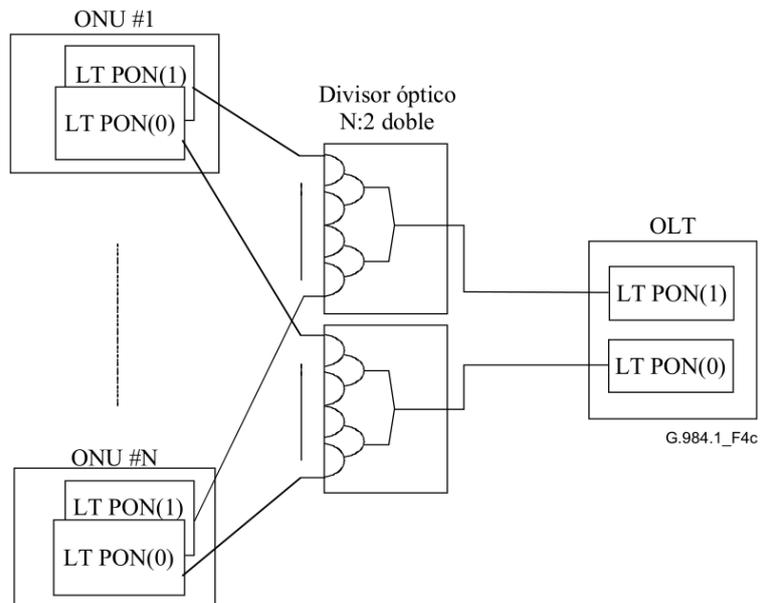
- 1) se utiliza una configuración con divisores ópticos N:2 dobles para conectar la LT PON(0) en la ONU#1 al divisor N(0) y la LT PON(1) en la ONU#1 al divisor N(1);
- 2) se conecta la LT PON en la ONU#N a cualquier divisor óptico (ya que es único);
- 3) se utiliza una configuración de divisores ópticos 2:1 dobles para conectar la LT PON(0) en la OLT al divisor (0) y la LT PON (1) en la OLT al divisor (1);
- 4) se conectan los divisores ópticos N:2 dobles a los divisores ópticos 2:1 dobles, de tal manera que un puerto del divisor (1) se conecta al divisor N(0), y un puerto del divisor (0) al divisor N(1);
- 5) en la OLT y en las ONU se utiliza el método de recurso de reserva en frío (operación retardada) para evitar colisión de las señales ópticas de la LT PON(0) y la LT PON(1) en la OLT, o de la LT PON(0) y la LT PON(1) en la ONU #1.



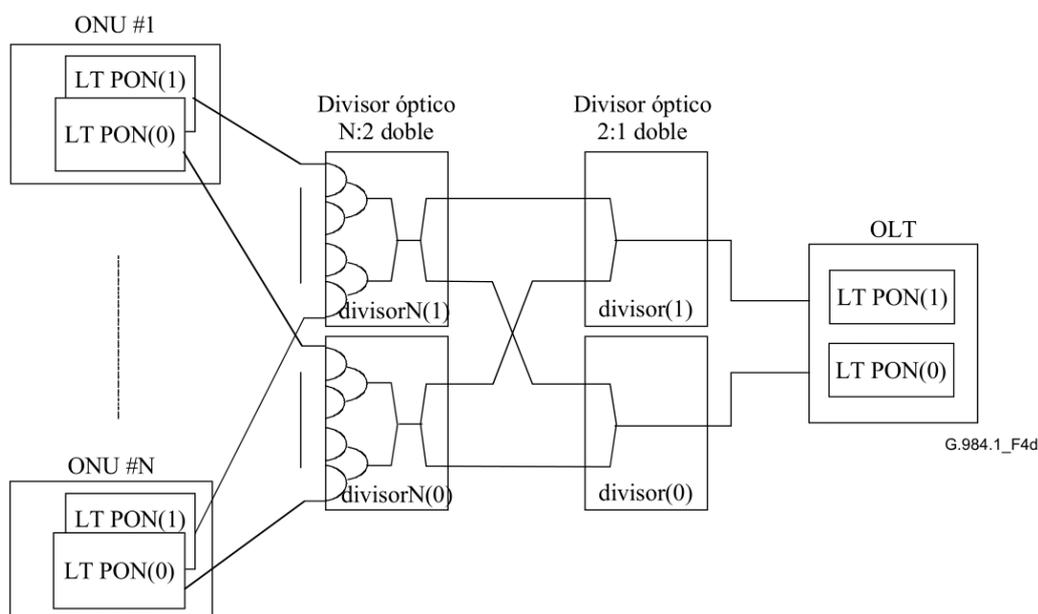
**Figura 4a/G.984.1 – Sistema GPON dúplex: sistema de fibras dúplex**



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



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



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

### 14.2.2 Características

Tipo A: En este caso, durante el tiempo de conmutación es inevitable la pérdida de señal o incluso de tramas. No obstante, después de la conmutación de la fibra se deben mantener todas las conexiones establecidas entre el nodo de servicio y el equipo terminal.

Tipo B: Para esta configuración es necesario el método de conmutación en frío (operación retardada) del circuito de repuesto en el lado de la OLT. Por lo general, en este caso, durante el tiempo de conmutación es inevitable la pérdida de señal o incluso de tramas. Sin embargo, después de la conmutación se deben mantener todas las conexiones establecidas entre el nodo de servicio y el equipo terminal.

Tipo C: En este caso, existe la posibilidad de la conmutación en caliente (operación inmediata) de los circuitos del receptor de repuesto en los lados de la ONU y de la OLT. Además, con esta configuración también es posible la conmutación sin perturbaciones (sin pérdida de tramas).

Tipo D: Las características de este tipo son las mismas que las del tipo B.

### 14.3 Requisitos

- i) La función de conmutación de protección deberá ser facultativa.
- ii) En el sistema GPON, debe ser posible la conmutación de protección tanto automática como forzada, siempre que sean necesarias, aunque se trate de funciones facultativas.
- iii) Debe ser posible realizarse todas las configuraciones de los ejemplos de 14.2 aunque se trate de funciones facultativas.
- iv) Por lo general el mecanismo de conmutación es responsabilidad de la función OAM, por consiguiente, en la trama OAM se debe reservar el campo de información OAM necesario.
- v) Después de la conmutación se deben conservar todas las conexiones soportadas entre el nodo de servicio y el equipo terminal.

Con relación al último requisito, en el caso de una implementación de nodo de servicio POTS (central) es necesario que el periodo de pérdida de tramas sea menor de 120 ms. Si este periodo es más largo, el nodo de servicio desconecta la llamada, y será necesario restablecer la llamada después de la conmutación de protección. Este valor es muy importante, ya que la GPON soporta la emulación de servicios convencionales, tales como POTS y RDSI.

#### 14.4 Campos de información necesarios en la trama OAM

En comparación con el sistema SDH, la conmutación de protección debe utilizar menos de diez códigos tanto para el sentido ascendente como para el descendente, que estarán en el campo de la trama OAM. Será necesario definir la correspondencia de campos de la trama OAM para la protección.

#### 15 Seguridad

Debido a la naturaleza multidifusión de la PON, la GPON necesita un mecanismo de seguridad que se adapte a los siguientes requisitos:

- evitar que otros usuarios puedan decodificar fácilmente los datos en sentido descendente;
- evitar que otros usuarios se hagan pasar por otra ONU/ONT u otro usuario;
- facilitar una implementación rentable.

### Apéndice I

#### Ejemplos de servicios de UNI y de SNI

En este apéndice se ilustran ejemplos de servicios de la UNI y de la SNI que son útiles para los operadores

##### I.1 Ejemplos de servicios

En el cuadro I.1 se ilustran ejemplos de servicios que debe soportar la GPON, y se incluyen algunos comentarios pertinentes.

**Cuadro I.1/G.984.1 – Ejemplos de servicios y comentarios pertinentes**

Categoría del servicio (Nota 1)	Servicio	Comentarios
Servicio de datos	Ethernet (Nota 2)	Normalizado en IEEE 802.3. Cumple con IEEE 802.1D.
RTPC	POTS	El tiempo de retardo medio de transferencia de la señal entre T-V (o (a)-V) debe ser menor de 1,5 ms. Si la red utiliza compensación de eco, ese tiempo de retardo medio entre T-V (o (a)-V) podría ser más largo en el sistema basado en PON siempre que se cumpla los requisitos de retardo de transferencia de extremo a extremo. Se debe sincronizar con el reloj de 8 kHz de la red. La señal debe ser continua en los puntos de referencia T y V.
	RDSI (BRI)	La velocidad de la portadora es de 144 kbit/s. El tiempo de retardo medio de transferencia de la señal entre T-V (o (a)-V) debería ser menor de 1,5 ms. Se debe sincronizar con el reloj de 8 kHz de la red.
	RDSI (PRI)	La velocidad de la portadora es de 1,544 Mbit/s y de 2,048 Mbit/s. El tiempo de retardo medio de transferencia de la señal entre T-V (o (a)-V) debería ser menor de 1,5 ms. Se debe sincronizar con el reloj de 8 kHz de la red.

**Cuadro I.1/G.984.1 – Ejemplos de servicios y comentarios pertinentes**

<b>Categoría del servicio (Nota 1)</b>	<b>Servicio</b>	<b>Comentarios</b>
Línea privada	T1	La velocidad de la portadora es de 1,544 Mbit/s. El tiempo de retardo medio de la transferencia de la señal entre T-V (o (a)-V) debería ser menor de 1,5 ms. Se debe sincronizar con el reloj de 8 kHz de la red.
	E1	La velocidad de la portadora es de 2,048 Mbit/s. El tiempo de retardo medio de transferencia de la señal entre T-V (o (a)-V) debería ser menor de 1,5 ms. Se debe sincronizar con el reloj de 8 kHz de la red.
	DS3	La velocidad de la portadora es de 44,736 Mbit/s. Se debe sincronizar con el reloj de 8 kHz de la red.
	E3	La velocidad de la portadora es de 34,368 Mbit/s. Se debe sincronizar con el reloj de 8 kHz de la red.
	ATM	Normalizado en la Rec. UIT-T I.361. Cumple con la Rec. UIT-T I.356.
Vídeo	Vídeo digital	Se ofrece con la misma calidad de la clase 1 especificada en la Rec. UIT-T I.356 o rt-VBR/CBR especificada en el Foro ATM.
<p>NOTA 1 – La categoría del servicio es simplemente un índice que no tiene significado propio, pero que es útil para visualizar los servicios.</p> <p>NOTA 2 – El servicio Ethernet se utiliza principalmente para transmitir datos como los del Protocolo Internet (IP, <i>Internet protocol</i>), en particular el protocolo de transmisión de voz por Internet (VoIP, <i>voice over IP</i>), trenes de vídeo codificados con el sistema 2 del Grupo de expertos en imágenes en movimiento (MPEG2, <i>motion picture experts group 2</i>) o MPEG4, etc.</p>		

## **I.2 Ejemplos de la interfaz UNI**

En este apéndice se describe la interfaz UNI que incluye las siguientes condiciones:

- se describe mediante una norma ampliamente conocida;
- incluye un aspecto de capa física.

En algunos casos la UNI está integrada en la AF y por lo tanto no es obligatorio que la ONU/ONT soporte esas interfaces.

En el cuadro I.2 se ilustran ejemplos de UNI con sus interfaces físicas y los servicios ofrecidos.

**Cuadro I.2/G.984.1 – Ejemplos de la interfaz UNI y sus servicios**

<b>UNI (Nota 1)</b>	<b>Interfaz física (Nota 2)</b>	<b>Servicio (Nota 3)</b>
10BASE-T (IEEE802.3)	–	Ethernet
100BASE-TX (IEEE802.3)	–	Ethernet
1000BASE-T (IEEE802.3)	–	Ethernet
Rec. UIT-T I.430	–	RDSI (BRI)
Rec. UIT-T I.431	–	RDSI(PRI), T1, ATM
Rec. UIT-T G.703	PDH	DS3, ATM, E1, E3

**Cuadro I.2/G.984.1 – Ejemplos de la interfaz UNI y sus servicios**

UNI (Nota 1)	Interfaz física (Nota 2)	Servicio (Nota 3)
Rec. UIT-T I.432.5	Interfaz metálica de 25 Mbits/s	ATM
UIT-T G.957	STM-1,4	ATM
ANSI T1.102, ANSI T1.107	PDH	T1, DS3
NOTA 1 – La GPON soporta muchos otros servicios que no tienen UNI especificadas. NOTA 2 – Cada punto de la columna "interfaz física" se ilustra mediante el asiento correspondiente en la columna "UNI". NOTA 3 – La columna "servicio" muestra los servicios soportados por la interfaz física.		

### I.3 Ejemplos de la interfaz SNI

En este apéndice se describe la interfaz SNI que incluye las siguientes condiciones:

- se describe mediante una norma ampliamente difundida;
- incluye un aspecto de capa física.

En el cuadro I.3 se ilustran ejemplos de SNI con sus interfaces físicas y los servicios ofrecidos.

**Cuadro I.3/G.984.1 – Ejemplos de la interfaz SNI y sus servicios**

SNI (Nota 1)	Interfaz física (Nota 2)	Servicio (Nota 3)
1000BASE- X (IEEE802.3)	–	Ethernet
Rec. UIT-T G.965	V5.2	POTS, RDSI(BRI), RDSI(PRI)
Rec. UIT-T G.703	PDH	DS3, ATM, E1, E3
Rec. UIT-T G.957	STM-1,4,16	E1, ATM
ANSI T1.107	PDH	T1, DS3
ANSI T1.105.06, ANSI T1.117	OC3, OC12	T1, DS3, ATM
NOTA 1 – La GPON soporta muchos otros servicios que no tienen SNI especificadas. NOTA 2 – Cada uno de los puntos de la columna "interfaz física" se ilustra mediante el asiento correspondiente en la columna "SNI". NOTA 3 – La columna "servicio" indica los servicios soportados por la interfaz física.		

## Apéndice II

### Bibliografía

Las siguientes Recomendaciones UIT-T y demás referencias de este apéndice son referencias bibliográficas (referencias no-normativas).

[App.II-1] Recomendación UIT-T G.703 (2001), *Características físicas y eléctricas de las interfaces digitales jerárquicas*.

[App.II-2] Recomendación UIT-T G.957 (1999), *Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona*.

## **ANEXO C**

### **RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.2**

# UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

# G.984.2

## Enmienda 1

(02/2006)

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

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

---

Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits:  
Especificación de la capa dependiente de los  
medios físicos

**Enmienda 1: Nuevo apéndice III – Prácticas  
idóneas utilizadas en la industria para redes  
ópticas pasivas con capacidad de 2,488 Gbit/s  
en sentido descendente y 1,244 Gbit/s en  
sentido ascendente**

Recomendación UIT-T G.984.2 (2003) – Enmienda 1

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G  
**SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES**

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
Generalidades	G.900–G.909
Parámetros para sistemas en cables de fibra óptica	G.910–G.919
Secciones digitales a velocidades binarias jerárquicas basadas en una velocidad de 2048 kbit/s	G.920–G.929
Sistemas digitales de transmisión en línea por cable a velocidades binarias no jerárquicas	G.930–G.939
Sistemas de línea digital proporcionados por soportes de transmisión MDF	G.940–G.949
Sistemas de línea digital	G.950–G.959
Sección digital y sistemas de transmisión digital para el acceso del cliente a la RDSI	G.960–G.969
Sistemas en cables submarinos de fibra óptica	G.970–G.979
<b>Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes locales</b>	<b>G.980–G.989</b>
Redes de acceso	G.990–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN – ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
DATOS SOBRE CAPA DE TRANSPORTE – ASPECTOS GENÉRICOS	G.7000–G.7999
ASPECTOS RELATIVOS AL PROTOCOLO ETHERNET SOBRE LA CAPA DE TRANSPORTE	G.8000–G.8999
REDES DE ACCESO	G.9000–G.9999

*Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.*

## **Recomendación UIT-T G.984.2**

### **Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos**

#### **Enmienda 1**

#### **Nuevo apéndice III – Prácticas idóneas utilizadas en la industria para redes ópticas pasivas con capacidad de 2,488 Gbit/s en sentido descendente y 1,244 Gbit/s en sentido ascendente**

#### **Resumen**

En la presente enmienda se añade un nuevo apéndice a la Rec. UIT-T G.984.2 en el que se describen los balances ópticos más idóneos utilizados en la industria para los sistemas G-PON que funcionan a 2,488 Gbit/s en sentido descendente y 1,244 Gbit/s en sentido ascendente.

#### **Orígenes**

La enmienda 1 a la Recomendación UIT-T G.984.2 (2003) fue aceptada el 17 de febrero de 2006 por la Comisión de Estudio 15 (2005-2008) del UIT-T.

#### **Palabras clave**

G-PON, óptica.

## PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

## NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

## PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2006

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
III.1 Introducción.....	1
III.2 Aplicaciones del sistema .....	1
III.3 Especificaciones ópticas.....	2
III.4 Balance del enlace óptico .....	3

## **Introducción**

En la presente enmienda se describen los balances de potencia recomendados en la práctica para los sistemas especificados en las Recomendaciones de la serie G.984 que funcionan a velocidades de 2,488 Gbit/s en sentido descendente y 1,244 Gbit/s en sentido ascendente. Estos balances han de considerarse como ampliaciones opcionales de la Recomendación, y corresponden a los valores ópticos observados en la práctica para este sistema en concreto.

## Recomendación UIT-T G.984.2

### Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos

#### Enmienda 1

#### Nuevo apéndice III – Prácticas idóneas utilizadas en la industria para redes ópticas pasivas con capacidad de 2,488 Gbit/s en sentido descendente y 1,244 Gbit/s en sentido ascendente

##### III.1 Introducción

El interés generalizado que ha despertado el sistema G-PON a velocidades 2,4 Gbit/s en sentido descendente y 1,2 Gbit/s en sentido ascendente, ha permitido analizar con mayor detalle las características de los balances de atenuación en este sistema. En este apéndice se recogen las prácticas idóneas observadas en la industria para esta combinación de velocidades.

Los balances de atenuación que se encuentran en la presente Recomendación difieren considerablemente de los que pueden encontrarse en otras fuentes en los siguientes aspectos:

- Los balances de atenuación general se encuentran entre la clase B y la C.
- Las degradaciones en el trayecto óptico tienen un valor diferente.
- La OLT debe integrar FEC (corrección de errores en recepción) en el sentido descendente.

Estas diferencias pueden aumentar las capacidades operativas de los sistemas G-PON. Por consiguiente, se recomienda utilizar los balances que figuran en este apéndice en lugar de los que aparecen en la Recomendación original para las redes ópticas pasivas (PON) que funcionan a velocidades 2,4/1,2 Gbit/s.

##### III.2 Aplicaciones del sistema

En la actualidad, los sistemas G-PON se utilizan principalmente para dos aplicaciones, a saber, para sistemas de pleno servicio con superposición de vídeo y para sistemas puramente digitales sin superposición de vídeo. Estas dos aplicaciones se representan en la figura III.1.

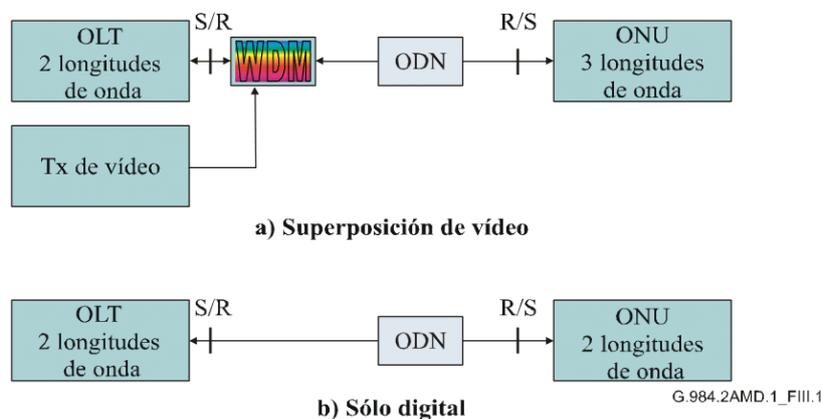


Figura III.1/G.984.2 – Aplicaciones G-PON

### III.3 Especificaciones ópticas

Las especificaciones ópticas de la OLT y la ONU figuran en el cuadro III.1 que se basa en los niveles de potencia medidos en los puntos de la interfaz indicados en la figura III.1 es decir, para los dos tipos de sistemas, a) superposición de vídeo y b) puramente digitales; concretamente, los filtros WDM externos a los equipos OLT u ONU que pudiera haber se consideran parte de la ODN. Estas especificaciones tienen por objeto complementar las especificaciones similares que figuran en el cuadro 2 del cuerpo principal de la Recomendación. El resto de especificaciones que no figuran en este cuadro siguen siendo aplicables.

La sensibilidad de la ONU puede ajustarse mediante un fotodiodo de avalancha (APD) sin FEC o un fotodiodo sin ganancia por avalancha interna (PIN) con FEC. La selección de uno u otro depende de la implementación de la ONU. La solución de APD es una opción que puede ponerse en práctica inmediatamente, mientras que la opción de PIN con FEC es una opción a más largo plazo que requiere la introducción de circuitos receptores de mayor calidad de funcionamiento. La OLT debe admitir FEC en sentido descendente, para lo cual habrá de tener la capacidad de calcular los bytes de paridad FEC y transmitirlos en la señal en sentido descendente. El equipo OLT debe también tener la capacidad de activar o desactivar la función FEC en sentido descendente mediante instrucciones del sistema de operaciones. La ONU puede, como opción, admitir la decodificación de FEC en el sentido descendente, y cualquier instancia específica de la ONU puede utilizar la paridad FEC a su propia discreción.

La degradación óptica no comprende el efecto Raman en la longitud de onda que pudiera producirse en sentido descendente. Toda degradación debida a este efecto no debe considerarse parte del balance de atenuación del enlace. No obstante, todo sistema en el que se produzca un efecto Raman importante tendrá también una longitud de fibra considerable. Debido a que la atenuación en las longitudes de onda de 1490 nm y 1310 nm es diferente, se prevé que la degradación debida al efecto Raman quedará compensada por la menor atenuación en la fibra a 1490 nm.

**Cuadro III.1/G.984.2 – Niveles de potencia óptica para el sistema  
a velocidades de 2,4 Gbit/s en sentido descendente  
y 1,2 Gbit/s en sentido ascendente**

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

### III.4 Balance del enlace óptico

En el cuadro III.2 se muestra el balance del enlace óptico. Este balance abarca todos los componentes ópticos situados entre la OLT y la ONU, incluidos los filtros WDM no integrados del multiplexor de superposición de vídeo y otros servicios de mejora de la banda, y debe incluir toda degradación debida al efecto Raman de la señal de superposición.

**Cuadro III.2/G.984.2 – Balance de atenuación en el sistema G-PON**

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

Para facilitar la comparación, en el cuadro III.3 se muestra el balance para la B-PON de clase B+ recomendada en la enmienda 2/G.983.3. El balance en la G-PON es similar al del sistema de superposición de vídeo en cuanto que soporta una atenuación mínima de 13 dB, y es similar al balance del sistema puramente digital en cuanto que soporta una atenuación máxima de 28 dB. En teoría, podría suceder que una red óptica pasiva (PON) cuyo balance sea conforme al de la B-PON de clase B+ no sea, en cambio, conforme con el balance de la G-PON; sin embargo, tales casos no deben ser muy comunes en las PON instaladas en la actualidad. Por consiguiente, el balance de la G-PON debe ser compatible con prácticamente todas las PON instaladas.

**Cuadro III.3/G.984.2 – Balance de atenuación de los sistemas B-PON de G.983.3/Enm. 2**

Característica	Unidad	Monofibra
<b>Sistema con superposición de vídeo (OLT1-ONT)</b>		
Mínima atenuación óptica a 1490 nm	dB	9
Mínima atenuación óptica a 1310 nm	dB	13
Máxima atenuación óptica a 1490 nm	dB	27
Máxima atenuación óptica a 1310 nm	dB	29
<b>Sistema puramente digital (OLT2-ONT)</b>		
Mínima atenuación óptica a 1490 nm	dB	10
Mínima atenuación óptica a 1310 nm	dB	10
Máxima atenuación óptica a 1490 nm	dB	28
Máxima atenuación óptica a 1310 nm	dB	28

## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
<b>Serie G</b>	<b>Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales</b>
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet y Redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación

## **ANEXO D**

### **RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.3**

# UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

# G.984.3

## Enmienda 3

(12/2006)

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

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

---

Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits:  
Especificación de la capa de convergencia de  
transmisión

## Enmienda 3

Recomendación UIT-T G.984.3 (2004) – Enmienda 3

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G  
**SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES**

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN Y DE LOS SISTEMAS ÓPTICOS	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
Generalidades	G.900–G.909
Parámetros para sistemas en cables de fibra óptica	G.910–G.919
Secciones digitales a velocidades binarias jerárquicas basadas en una velocidad de 2048 kbit/s	G.920–G.929
Sistemas digitales de transmisión en línea por cable a velocidades binarias no jerárquicas	G.930–G.939
Sistemas de línea digital proporcionados por soportes de transmisión MDF	G.940–G.949
Sistemas de línea digital	G.950–G.959
Sección digital y sistemas de transmisión digital para el acceso del cliente a la RDSI	G.960–G.969
Sistemas en cables submarinos de fibra óptica	G.970–G.979
<b>Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes locales</b>	<b>G.980–G.989</b>
Redes de acceso	G.990–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN – ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
DATOS SOBRE CAPA DE TRANSPORTE – ASPECTOS GENÉRICOS	G.7000–G.7999
ASPECTOS RELATIVOS A LOS PROTOCOLOS EN MODO PAQUETE SOBRE LA CAPA DE TRANSPORTE	G.8000–G.8999
REDES DE ACCESO	G.9000–G.9999

*Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.*

## **Recomendación UIT-T G.984.3**

### **Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa de convergencia de transmisión**

#### **Enmienda 3**

#### **Resumen**

Esta enmienda incluye varias precisiones y mejoras en lo que concierne a [UIT-T G.984.3].

#### **Orígenes**

La enmienda 3 a la Recomendación UIT-T G.984.3 (2004) fue aprobada el 14 de diciembre de 2006 por la Comisión de Estudio 15 (2005-2008) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8.

## PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

## NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

## PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB en la dirección <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2007

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## ÍNDICE

		<b>Página</b>
1	Introducción.....	1
2	Modificaciones de las cláusulas existentes de [UIT-T G.984.3].....	1
2.1	Cláusula 9.2.3.1 Mensaje tara ascendente.....	1
2.2	Cláusula 9.2.3.8 Mensaje VPI/Port-ID_criptado ( <i>Encrypted_VPI/Port-ID</i> )..	1
2.3	Cláusula 9.2.4.1 Mensaje número de serie de la ONU.....	1
2.4	Cláusula 9.2.4.5.....	1
2.5	Cláusula 11.1.1 Elementos detectados en la OLT.....	1
2.6	Apéndice I Transporte de tráfico de usuario en canales GEM.....	2
3	Nueva cláusula I.4.....	2

## Recomendación UIT-T G.984.3

### Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa de convergencia de transmisión

#### Enmienda 3

##### 1 Introducción

La especificación de la capa de convergencia de transmisión de las redes G-PON [UIT-T G.984.3] requiere introducir algunas modificaciones de detalle para aclarar ciertos puntos y añadir una serie de nuevas funcionalidades, incluido el transporte de TU SDH con GEM. En esta enmienda se señala el lenguaje necesario para implementar tales cambios y adiciones.

##### 2 Modificaciones de las cláusulas existentes de [UIT-T G.984.3]

###### 2.1 Cláusula 9.2.3.1 Mensaje tara ascendente

En la descripción del octeto 10 adjúntese el texto de la "Nota 4".

*Añádase la siguiente nota:*

"NOTA 4 – Habrá que tener presente que la codificación de los modos de nivel de potencia en el mensaje de tara ascendente, donde 0 es el valor más elevado y 2 el más bajo, es la contraria a la que se consigna en el mensaje número de serie de la ONU."

###### 2.2 Cláusula 9.2.3.8 Mensaje VPI/Port-ID\_criptado (*Encrypted\_VPI/Port-ID*)

*Añádase una nota al final del cuadro:*

"NOTA – Este mensaje no se requiere para concluir la determinación de la distancia, o realizar cualesquiera conexiones activas. Dicho mensaje puede expedirse en cualquier momento de la duración de la conexión. Modificar el modo de criptación de una conexión activa ocasionará probablemente una interrupción temporal del servicio."

###### 2.3 Cláusula 9.2.4.1 Mensaje número de serie de la ONU

En la descripción del octeto 12, adjúntese el texto de la "Nota 2".

*Agréguese la siguiente nota:*

"NOTA 2 – Teniendo presente que la codificación de los modos de nivel de potencia en el mensaje número de serie de la ONU, donde 2 es el valor más elevado y 0 el más bajo, es la contraria a la que puede verse en el mensaje ascendente de tara."

###### 2.4 Cláusula 9.2.4.5

*Modifíquese la nota que figura al final del cuadro para que diga lo siguiente:*

"NOTA – El primer fragmento de la clave (bytes 0-7) tendrá Frag\_Index = 0, el segundo (bytes 8-15) tendrá Frag\_Index = 1, y así sucesivamente, y ello en lo que concierne a todos los fragmentos que resulten necesarios para transportar la clave. Actualmente, sólo se requieren dos fragmentos para AES-128."

###### 2.5 Cláusula 11.1.1 Elementos detectados en la OLT

En la casilla delimitada por la intersección de la fila SFi y la columna de condiciones de cancelación reemplazar " $< 10^{-y+1}$ " por " $< 10^{-(y+1)}$ ".

En la casilla delimitada por la intersección de la fila SDi y la columna de condiciones de cancelación, reemplazar " $< 10^{-x+1}$ " por " $< 10^{-(x+1)}$ ".

Añádase en el cuadro las siguientes dos filas:

TIWi	Aviso de interferencia en los intervalos de tiempo	En un lugar no previsto de cualquier secuencia de N tramas se recibe una transmisión de ONT	Genera la notificación Loss_of_phy_layer_I	En un lugar no previsto de cualquier secuencia de N tramas se recibe una transmisión de ONT	
TIA	Interferencia en los intervalos de tiempo	Una ONT activa su láser en cualquier intervalo de tiempo no asignado para ello	Genera la notificación Loss_of_phy_layer_I	La ONU defectuosa se corrige o elimina	

## 2.6 Apéndice I Transporte de tráfico de usuario en canales GEM

Modifíquese el párrafo introductorio de este apéndice para que diga lo siguiente:

"Este apéndice contiene material informativo referente al transporte de protocolos comunes de usuario que utilizan el canal GEM en G-PON.

Habría que señalar que existen diferentes opciones para implementar el transporte de servicios TDM en GEM. Cabe la posibilidad de enviar directamente los datos TDM en bruto a través de GEM (véase I.2); o paquetizar TDM en Ethernet y enviarla acto seguido en GEM (véase I.3); o paquetizar la TDM en unidades tributarias SDH y enviarla a continuación en GEM (véase I.4). La opción que se elija dependerá de la arquitectura del sistema considerado. Por ejemplo, si la trama de servicio se destina a su conmutación/encaminamiento a través de toda la red, resulta preferible recurrir al encapsulado Ethernet. Por el contrario, si la idea es terminar la trama de servicio localmente en el equipo OLT, resultaría preferible optar por el encapsulado SDH."

## 3 Nueva cláusula I.4

Añádase la siguiente nueva cláusula:

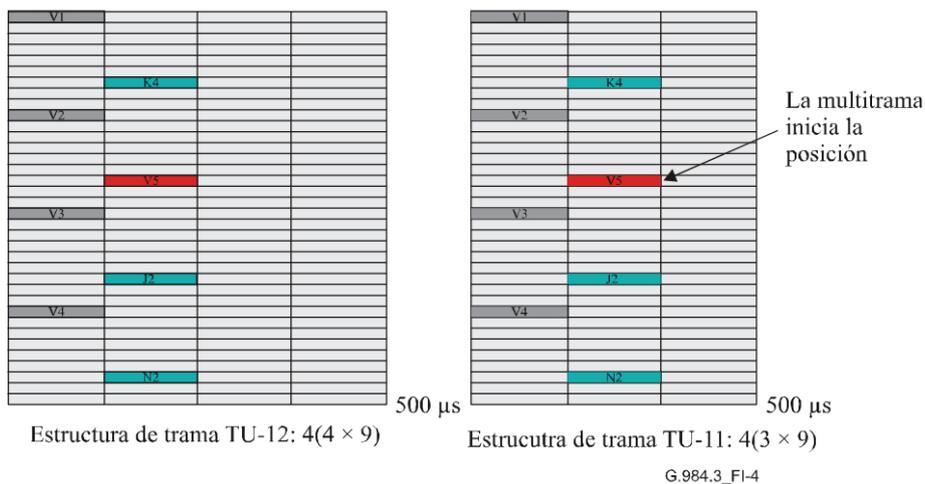
### I.4 SDH en GEM

En [UIT-T G.707/Y.1322] se definen las estructuras de unidad tributaria (TU, *tributary unit*), estructuras que contienen datos de usuario así como varios mecanismos encaminados a preservar y recuperar una temporización de datos que sea independiente de la temporización del sistema de transporte. GEM puede proporcionar el mismo tipo de transporte síncrono SDH, por lo cual es posible transportar estructuras TU en GEM. En esta cláusula se expone detalladamente este método.

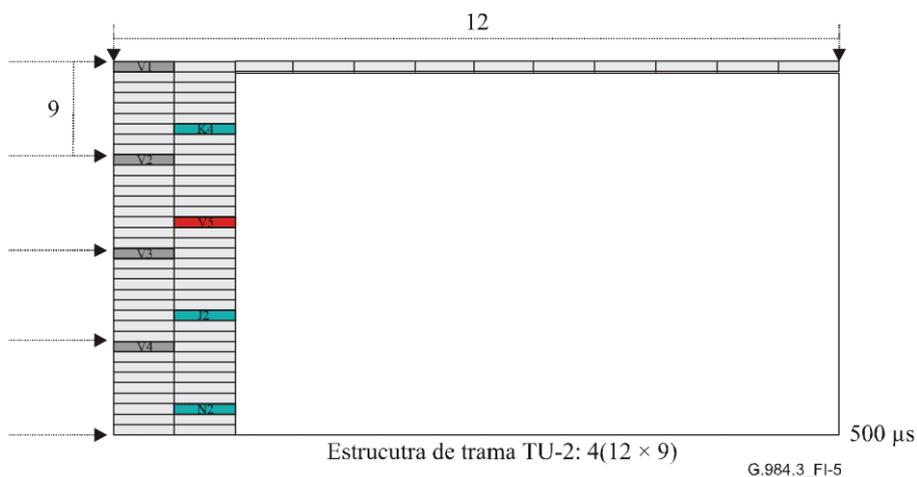
#### I.4.1 Examen de las estructuras TU SDH

En las estructuras de transmisión SDH se incluye una TU a un nivel VC bajo y una TU PTR. Hay cuatro tipos de TU, a saber: TU-11, TU-12, TU-2 y TU-3. Se utiliza una TU-11, una TU-12, una TU-2 y una TU-3 para transportar, respectivamente, los servicios DS1, E1, DS2 y DS3 o E3.

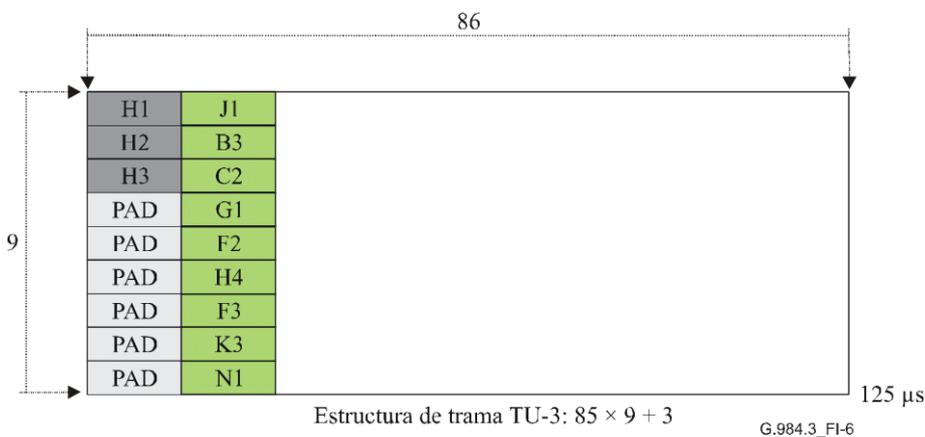
Las estructuras TU-x se ilustran en las figuras I.4 a I.6. Hay que señalar que los bytes indicados en el diagrama están ordenados de tal modo que se inician en la parte superior izquierda, donde van de izquierda a derecha, y pasan a continuación a la próxima línea, y así sucesivamente.



**Figura I.4 – Estructuras de trama TU-12 y TU-11**



**Figura I.5 – Estructura de trama TU-2**

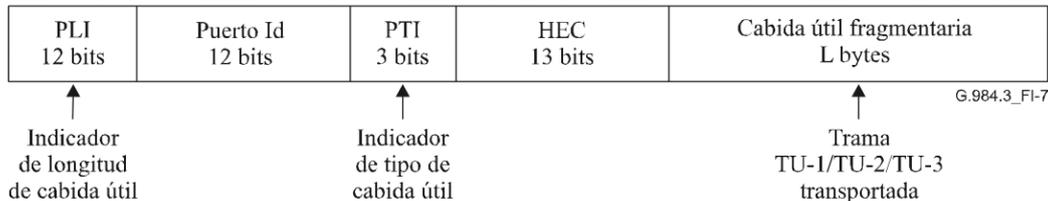


**Figura I.6 – Estructura de trama TU-3**

La estructura y función de los punteros en los bytes V1, V2 y V3 de las TU-11, TU-12 y TU-2 y en los bytes H1, H2 y H3 bytes de una trama TU-3, coincide exactamente en cuanto al funcionamiento con la descrita en [UIT-T G.707/Y.1322].

#### I.4.2 Transporte de estructuras UT en GEM

A continuación se indica la estructura en torno a una trama TU que se ha hecho corresponder a una trama GEM:



**Figura I.7 – Estructura de trama GEM con cabida útil de datos en trama TU**

A cada conexión TU se le asigna su propio Puerto-ID GEM. Las diferentes tramas TU tienen siempre un tamaño fijo, que depende del tipo de TU transportada. Por otra parte, el proceso GEM recibe exactamente una trama TU en cada periodo de transmisión. Este periodo cíclico se mide sobre la base temporal del sistema G-PON, que es un sistema de transporte síncrono con temporalización rastreada. Así pues, es posible mantener la integridad de reloj. Hay que señalar que, si bien se permite la fragmentación de GEM, pueden intentarse ciertas implementaciones para coordinar el entramado G-PON y el proceso de entramado SDH, con el fin de evitar dicha fragmentación.

A continuación, se indica la longitud y el periodo de TU-1/TU-2/TU-3 encapsuladas en una trama GEM:

Tipo de TU	Longitud de cabida útil en GEM (bytes)	Ciclo de transmisión
TU-11	$4(3 \times 9) = 108$	500 $\mu$ S
TU-12	$4(4 \times 9) = 144$	
TU-2	$4(12 \times 9) = 432$	
TU-3	$85 \times 9 + 3 = 768$	125 $\mu$ S

Las cabidas útiles se ensamblan utilizando las estructuras indicadas en las figuras I.4 a I.6. Hay que señalar que en el caso de TU-3, los 6 bytes de relleno fijos (marcados de relleno en la figura I.6) no se transportan, ya que no llevan información útil.

En el lado receptor cabe identificar de dos formas el tipo de TU transportada. En primer lugar, el Puerto ID utilizado debería contar con una asociación provisionada con la TU que se encuentre transportando. En segundo lugar, la longitud de la cabida útil debería verificar una vez más el tipo de TU, ya que las longitudes de cabida útil son fijas para cada tipo de TU.

Hay que indicar que, si bien el proceso de generación de tramas GEM está enganchado al entramado G-PON, pueden producirse retardos en la transmisión de las tramas por causa de procesos PON de bajo nivel (por ejemplo, determinación de distancia). Tratándose de procedimientos de determinación de distancia típicos, para la determinación de distancia se utilizan cada vez dos tramas. En consecuencia, el proceso de recepción en la OLT debe disponer en cola suficientes datos TU para que sea posible servir sincrónicamente al procesador SDH cliente con sus cabidas útiles TU.

## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
<b>Serie G</b>	<b>Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales</b>
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet y Redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación

**ANEXO E**

**RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.4**

Unión Internacional de Telecomunicaciones

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**G.984.4**

(06/2004)

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

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

---

**Redes ópticas pasivas con capacidad de  
gigabits: Especificación de la interfaz de control  
y gestión de la terminación de red óptica**

Recomendación UIT-T G.984.4



RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G  
**SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES**

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
Generalidades	G.900–G.909
Parámetros para sistemas en cables de fibra óptica	G.910–G.919
Secciones digitales a velocidades binarias jerárquicas basadas en una velocidad de 2048 kbit/s	G.920–G.929
Sistemas digitales de transmisión en línea por cable a velocidades binarias no jerárquicas	G.930–G.939
Sistemas de línea digital proporcionados por soportes de transmisión MDF	G.940–G.949
Sistemas de línea digital	G.950–G.959
Sección digital y sistemas de transmisión digital para el acceso del cliente a la RDSI	G.960–G.969
Sistemas en cables submarinos de fibra óptica	G.970–G.979
<b>Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes locales</b>	<b>G.980–G.989</b>
Redes de acceso	G.990–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN – ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
DATOS SOBRE CAPA DE TRANSPORTE – ASPECTOS GENÉRICOS	G.7000–G.7999
ASPECTOS RELATIVOS AL PROTOCOLO ETHERNET SOBRE LA CAPA DE TRANSPORTE	G.8000–G.8999
REDES DE ACCESO	G.9000–G.9999

*Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.*

## **Recomendación UIT-T G.984.4**

### **Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la interfaz de control y gestión de la terminación de red óptica**

#### **Resumen**

En esta Recomendación se especifica la interfaz de control y gestión (OMCI) de la terminación de red óptica (ONT) para los sistemas de redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits (G-PON), como se define en las Recs. UIT-T G.984.2 y G.984.3.

En primer lugar, se especifican las entidades gestionadas de una base de información de gestión (MIB) independiente del protocolo que determina el intercambio de información entre la terminación de línea óptica (OLT) y la terminación de red óptica (ONT). Además, se describen el canal, el protocolo y los mensajes detallados de gestión y control de la ONT.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T G.984.4 fue aprobada el 13 de junio de 2004 por la Comisión de Estudio 15 (2001-2004) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8.

## PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

## NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

## PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2005

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
1 Alcance .....	1
2 Referencias .....	1
3 Definiciones .....	2
3.1 Terminación de red óptica (ONT) y unidad de red óptica (ONU) .....	2
3.2 Sentido ascendente y sentido descendente .....	3
4 Abreviaturas, siglas o acrónimos .....	3
5 Convenios .....	6
6 Términos y modelo de referencia .....	6
6.1 OMCI de la Rec. UIT-T G.984.2 .....	6
6.2 Funciones ONT/ONU .....	7
6.3 Funcionalidad de multiplexación del trayecto virtual/canal virtual en la ONT .....	8
6.4 Encapsulación en la trama GEM .....	8
6.5 Soporte de una conexión de multidifusión .....	8
7 Requisitos de la especificación de la interfaz de gestión .....	8
7.1 Gestión de configuración .....	9
7.2 Gestión de averías .....	10
7.3 Gestión de la calidad de funcionamiento .....	11
7.4 Gestión de la seguridad .....	12
8 MIB independiente del protocolo para la OMCI .....	12
8.1 Entidades gestionadas .....	13
8.2 Diagramas de la relaciones entre las entidades gestionadas .....	21
9 Descripción de la MIB .....	26
9.1 Gestión del equipo ONT .....	28
9.2 Gestión de la ANI .....	38
9.3 Gestión de la UNI .....	42
9.4 Gestión de la conexión .....	53
9.5 Gestión del tráfico .....	62
10 Canal de control y gestión de la ONT (OMCC, <i>ONT management and control channel</i> ) .....	65
11 Protocolo de gestión y control de la ONT .....	66
11.1 Formato de las células/paquetes del protocolo de gestión y control de la ONT .....	66
11.2 Control de flujo de mensajes y recuperación tras error .....	73
11.3 Tratamiento OMCI dentro de ONT .....	73
Apéndice I – Servicios y mecanismos comunes de OMCI .....	75
I.1 Mecanismos comunes .....	75
I.2 Servicios comunes .....	75

## Recomendación UIT-T G.984.4

### Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la interfaz de control y gestión de la terminación de red óptica

#### 1 Alcance

En esta Recomendación se especifica la interfaz de gestión y control de la ONT (OMCI, *ONT management and control interface*) para los sistemas de redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits (G-PON), que se definen en las Recs. UIT-T G.984.2 y G.984.3 para facilitar la interoperabilidad de distintos proveedores entre la OLT y la ONT.

La especificación de la OMCI abarca la gestión de configuración, la gestión de averías y la gestión de calidad de funcionamiento de la ONT para la explotación del G-PON y para diversos servicios, entre los que se incluyen:

- Capas de adaptación ATM 1, 2 y 5.
- Capas de adaptación GEM.
- Servicio de emulación de circuitos.
- Servicios Ethernet, incluida la red de área local con puente de control de acceso a los medios.
- Servicio de voz.
- Multiplexación por división en longitud de onda.

Esta especificación de la OMCI se ha centrado en las ONT conectadas por fibra a la vivienda y al local comercial, aunque también se trata el soporte de la ONU. La Recomendación define el protocolo necesario para soportar las capacidades identificadas para estas ONT y tiene en cuenta también los componentes facultativos y las extensiones futuras.

Esta Recomendación se basa principalmente en la Rec. UIT-T G.983.2 y, siempre que procede, se remite al lector a las cláusulas pertinentes de dicha Recomendación.

#### 2 Referencias<sup>1</sup>

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- [1] Recomendación UIT-T I.363.5 (1996), *Especificación de la capa de adaptación del modo de transferencia asíncrono de la RDSI-BA: Capa de adaptación del modo de transferencia asíncrono tipo 5.*
- [2] Recomendación UIT-T I.751 (1996), *Gestiones del punto de vista del elemento de red en el modo de transferencia asíncrono.*

---

<sup>1</sup> Las referencias a la Guía del Implementador en el marco de esta Recomendación no le confiere carácter de Recomendación.

- [3] Recomendación UIT-T G.983.1 (1998), *Sistemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas*.
- [4] Recomendación UIT-T G.983.2 (2002), *Especificación de la interfaz de control y gestión de terminales de red óptica para redes ópticas pasivas de banda ancha*.
- [5] Guía del Implementador para la Recomendación UIT-T G.983.2 (2002).
- [6] Recomendación UIT-T G.983.5 (2002), *Sistema de acceso óptico de banda ancha con mayor capacidad de supervivencia*.
- [7] Recomendación UIT-T G.983.6 (2002), *Especificaciones de la interfaz de gestión y control de terminales de red óptica para sistemas de red óptica pasiva de banda ancha con características de protección*.
- [8] Recomendación UIT-T G.983.7 (2001), *Especificación de la interfaz de gestión y control de terminación de red óptica para sistema de red óptica pasiva de banda ancha con asignación dinámica de anchura de banda*.
- [9] Recomendación UIT-T G.983.8 (2003), *Soporte de la interfaz de control y gestión de terminales de red óptica pasiva de banda ancha de protocolo Internet, la red digital de servicios integrados, el vídeo, el etiquetado de redes de área local virtuales, las transconexiones de canales virtuales y otras funciones seleccionadas*.
- [10] Recomendación UIT-T G.984.2 (2003), *Redes ópticas pasivas con capacidad gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos*.
- [11] Recomendación UIT-T G.984.3 (2004), *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa de convergencia de transmisión*.
- [12] Recomendación UIT-T G.983.9 (2004), *Soporte de la interfaz de control y gestión de la terminación de la red óptica (ONT) de la red óptica pasiva de banda ancha (B-PON) en las interfaces de redes inalámbricas de área local*.
- [13] Recomendación UIT-T G.983.10 (2004), *Soporte de la interfaz de control y gestión de la terminación de la red óptica (ONT) de la red óptica pasiva de banda ancha en las interfaces de línea de abonado digital*.

### 3 Definiciones

#### 3.1 Terminación de red óptica (ONT) y unidad de red óptica (ONU)

La terminología de red óptica (ONT, *optical network termination*), que se recoge a lo largo de esta Recomendación, se define ampliamente como una unidad de red óptica (ONU, *optical network unit*) utilizada para la configuración de fibra a la vivienda y fibra al local comercial. En general, la diferencia entre la fibra a la vivienda (FTTH, *fibre to the home*) y la fibra al local comercial (FTTBusiness, *fibre to the business*) es que esta última servirá a más de un usuario extremo, tendrá unos requisitos de disponibilidad más estrictos y podrá incorporar más características y funciones que aquélla. Al hacer una distinción entre ONT y ONU se utilizan las siguientes definiciones.

**3.1.1 unidad de red óptica (ONU, *optical network unit*):** Una unidad de red óptica alimenta (de manera directa o distante) una interfaz desde el lado usuario de una red óptica de acceso (OAN, *optical access network*) y está conectada a la red de distribución óptica (ODN, *optical distribution network*). Ya que a través de la ONU pueden pasar servicios para más de un local de cliente, se considerará que este dispositivo forma parte de la red del operador.

**3.1.2 terminación de red óptica (ONT, *optical network termination*):** La terminación de red óptica es una ONU que incluye la función del puerto de usuario y puede considerarse como parte del equipo en los locales del cliente.

### 3.2 Sentido ascendente y sentido descendente

Cuando el tráfico va de la ONU a la OLT se considera que su sentido es ascendente; y cuando va de la OLT a la ONU se considera que su sentido es descendente.

## 4 Abreviaturas, siglas o acrónimos

En esta Recomendación se utilizan las siguientes abreviaturas, siglas o acrónimos.

AAL	Capa de adaptación ATM ( <i>ATM adaptation layer</i> )
ABR	Velocidad binaria disponible ( <i>available bit rate</i> )
ABT/DT	Transferencia de bloques ATM con transmisión diferida ( <i>ATM block transfer delayed transmission</i> )
ABT/IT	Transferencia de bloques ATM con transmisión inmediata ( <i>ATM block transfer immediate transmission</i> )
ADSL	Línea de abonado digital asimétrica ( <i>asymmetric digital subscriber line</i> )
AES	Norma de criptación avanzada ( <i>advanced encryption standard</i> )
AIS	Señal de indicación de alarma ( <i>alarm indication signal</i> )
AK	Acuse de recibo ( <i>acknowledgement</i> )
AN	Nodo de acceso ( <i>access node</i> )
ANI	Interfaz del nodo de acceso ( <i>access node interface</i> )
AR	Petición de acuse de recibo ( <i>acknowledge request</i> )
ATM	Modo de transferencia asíncrono ( <i>asynchronous transfer mode</i> )
ATU-C	Unidad de transceptor de ADSL, extremo de central ( <i>ADSL transceiver unit, central office end</i> )
ATU-R	Unidad de transceptor de ADSL, extremo de terminal distante ( <i>ADSL transceiver unit, remote terminal end</i> )
AVC	Cambio de valor de atributo ( <i>attribute value change</i> )
B-BCC	Control de conexión portadora de banda ancha ( <i>broadband bearer connection control</i> )
B-PON	Red óptica pasiva de banda ancha ( <i>broadband passive optical network</i> )
CBR	Velocidad binaria constante ( <i>constant bit rate</i> )
CES	Servicio de emulación de circuitos ( <i>circuit emulation service</i> )
CLEI	Identificación del equipo en lenguaje común ( <i>common language equipment identification</i> )
CPCS-SDU	Unidad de servicio de datos de la subcapa de convergencia de la parte común ( <i>common part convergence sublayer service data unit</i> )
CPCS-UU	Indicación de usuario a usuario de la subcapa de convergencia de la parte común ( <i>common part convergence sublayer user-to-user indication</i> )
CPI	Indicador de parte común ( <i>common part indicator</i> )
CPS	Subcapa de partes comunes ( <i>common part sublayer</i> )
CRC	Verificación por redundancia cíclica ( <i>cyclic redundancy check</i> )
CTP	Punto de terminación de conexión ( <i>connection termination point</i> )

DB	Bit de destino ( <i>destination bit</i> )
DBA	Asignación dinámica de anchura de banda ( <i>dynamic bandwidth assignment</i> )
DBR	Velocidad binaria determinística ( <i>deterministic bit rate</i> )
DEMUX	Demultiplexación ( <i>de-multiplexing</i> )
DSSS	Espectro ensanchado en secuencia directa ( <i>direct-sequence spread spectrum</i> )
EMF	Campo electromagnético ( <i>electromagnetic field</i> )
FEC	Corrección de errores en recepción ( <i>forward error correction</i> )
FHSS	Espectro ensanchado con salto de frecuencia ( <i>frequency-hopping spread spectrum</i> )
FTTB	Fibra al edificio ( <i>fibre to the building</i> )
FTTBusiness	Fibra al local comercial ( <i>fibre to the business</i> )
FTTC	Fibra a la acometida ( <i>fibre to the curb</i> )
FTTCab	Fibra al armario ( <i>fibre to the cabinet</i> )
FTTH	Fibra a la vivienda ( <i>fibre to the home</i> )
GAL	Capa de adaptación GEM ( <i>GEM adaptation layer</i> )
GEM	Modo de encapsulamiento de la G-PON ( <i>G-PON encapsulation method</i> )
GFR	Velocidad de tramas garantizada ( <i>guaranteed frame rate</i> )
G-PON	Red óptica pasiva con capacidad de gigabits ( <i>gigabit passive optical network</i> )
GTC	Convergencia de transmisión de la G-PON ( <i>G-PON transmission convergence</i> )
HN	Red de la vivienda ( <i>home network</i> )
HOL	Bloqueo de cabeza de línea ( <i>head of the line</i> )
ICMP	Protocolo de mensaje de control Internet ( <i>Internet control message protocol</i> )
ID	Identificador ( <i>identifier</i> )
IF	Interfaz ( <i>interface</i> )
IP	Protocolo Internet ( <i>Internet protocol</i> )
IR	Infrarrojo ( <i>infrared</i> )
IW	Interfuncionamiento ( <i>interworking</i> )
LAN	Red de área local ( <i>local area network</i> )
LCT	Terminal local de mantenimiento ( <i>local craft terminal</i> )
LES	Servicio de emulación de bucle ( <i>loop emulation service</i> )
LIM	Módulo de interfaz de línea ( <i>line interface module</i> )
LMI	Indicación de gestión de capa ( <i>layer management indication</i> )
LMIG	Generación de indicación de gestión de capa ( <i>layer management indication generation</i> )
LMIR	Recepción de indicación de gestión de capa ( <i>layer management indication receiving</i> )
LT	Terminal de línea ( <i>line terminal</i> )
MAC	Control de acceso a medios ( <i>media access control</i> )

ME	Entidad gestionada ( <i>managed entity</i> )
MIB	Base de información de gestión ( <i>management information base</i> )
MLT	Prueba de bucle mecanizada ( <i>mechanized loop testing</i> )
MT	Tipo de mensaje ( <i>message type</i> )
MUX	Multiplexación ( <i>multiplexing</i> )
NT	Terminal de red ( <i>network terminal</i> )
OAN	Red óptica de acceso ( <i>optical access network</i> )
ODN	Red de distribución óptica ( <i>optical distribution network</i> )
OLT	Terminación de línea óptica ( <i>optical line termination</i> )
OMCC	Canal de control y gestión de la ONT ( <i>ONT management and control channel</i> )
OMCI	Interfaz de control y gestión de la ONT ( <i>ONT management and control interface</i> )
ONT	Terminación de red óptica ( <i>optical network termination</i> )
ONU	Unidad de red óptica ( <i>optical network unit</i> )
PHY	Interfaz física ( <i>physical interface</i> )
PLOAM	Operación, administración y mantenimiento de capa física ( <i>physical layer operations, administration and maintenance</i> )
PM	Supervisión de protocolo ( <i>protocol monitoring</i> )
PON	Red óptica pasiva ( <i>passive optical network</i> )
POTS	Servicio telefónico ordinario ( <i>plain old telephone service</i> )
PPTP	Punto de terminación de trayecto físico ( <i>physical path termination point</i> )
PSD	Densidad espectral de potencia ( <i>power spectral density</i> )
PVC	Canal virtual permanente ( <i>permanent virtual channel</i> )
RDI	Indicación de defecto distante ( <i>remote defect indication</i> )
RDSI	Red digital de servicios integrados
RFI	Interferencia de radiofrecuencia ( <i>radio frequency interference</i> )
SAR	Segmentación y reensamblado ( <i>segmentation and reassembly</i> )
SBR	Velocidad binaria estadística ( <i>statistical bit rate</i> )
SN	Nodo de servicio ( <i>service node</i> )
SNI	Interfaz de nodo de servicio ( <i>service node interface</i> )
SSCS	Subcapa de convergencia específica del servicio ( <i>service specific convergence sublayer</i> )
TC	Convergencia de transmisión ( <i>transmission convergence</i> )
TCA	Alerta de rebasamiento de umbral ( <i>threshold crossing alert</i> )
T-CONT	Contenedor de transmisión ( <i>transmission container</i> )
TDM	Multiplexación por división en el tiempo ( <i>time division multiplexing</i> )
TE	Equipo terminal ( <i>terminal equipment</i> )
TP	Punto de terminación ( <i>termination point</i> )

UBR	Velocidad binaria no especificada ( <i>unspecified bit rate</i> )
UNI	Interfaz usuario-red ( <i>user network interface</i> )
UPC	Control de parámetros de utilización ( <i>usage parameter control</i> )
VBR	Velocidad binaria variable ( <i>variable bit rate</i> )
VC	Canal virtual ( <i>virtual channel</i> )
VCC	Conexión de canal virtual ( <i>virtual channel connection</i> )
VCI	Identificador de canal virtual ( <i>virtual channel identifier</i> )
VDSL	Línea de abonado digital de velocidad muy alta ( <i>very high speed digital subscriber line</i> )
VP	Trayecto virtual ( <i>virtual path</i> )
VPI	Identificador de trayecto virtual ( <i>virtual path identifier</i> )
VTU-O	Extremo de ONU de la unidad de transceptor VDSL ( <i>VDSL transceiver unit, ONU end</i> )
VTU-R	Extremo de terminal distante de la unidad de transceptor VDSL ( <i>VDSL transceiver unit, remote terminal end</i> )
WRR	Ordenamiento cíclico ponderado ( <i>weighted round robin</i> )
xDSL	Línea de abonado digital x ( <i>x digital subscriber line</i> )

## 5 Convenios

En todos los vectores de bits que se indican en esta Recomendación, el bit más a la derecha es el bit 1, que representa el bit menos significativo, mientras que el bit 8 es el bit más significativo dentro de un byte. Si el vector de bits está formado por más de un byte, la numeración empieza por el byte menos significativo.

En todas las descripciones de atributo que hacen referencia a los valores booleanos "verdadero" y "falso", verdadero se codificará como 0x01 en lenguaje hexadecimal, y falso se codificará como 0x00.

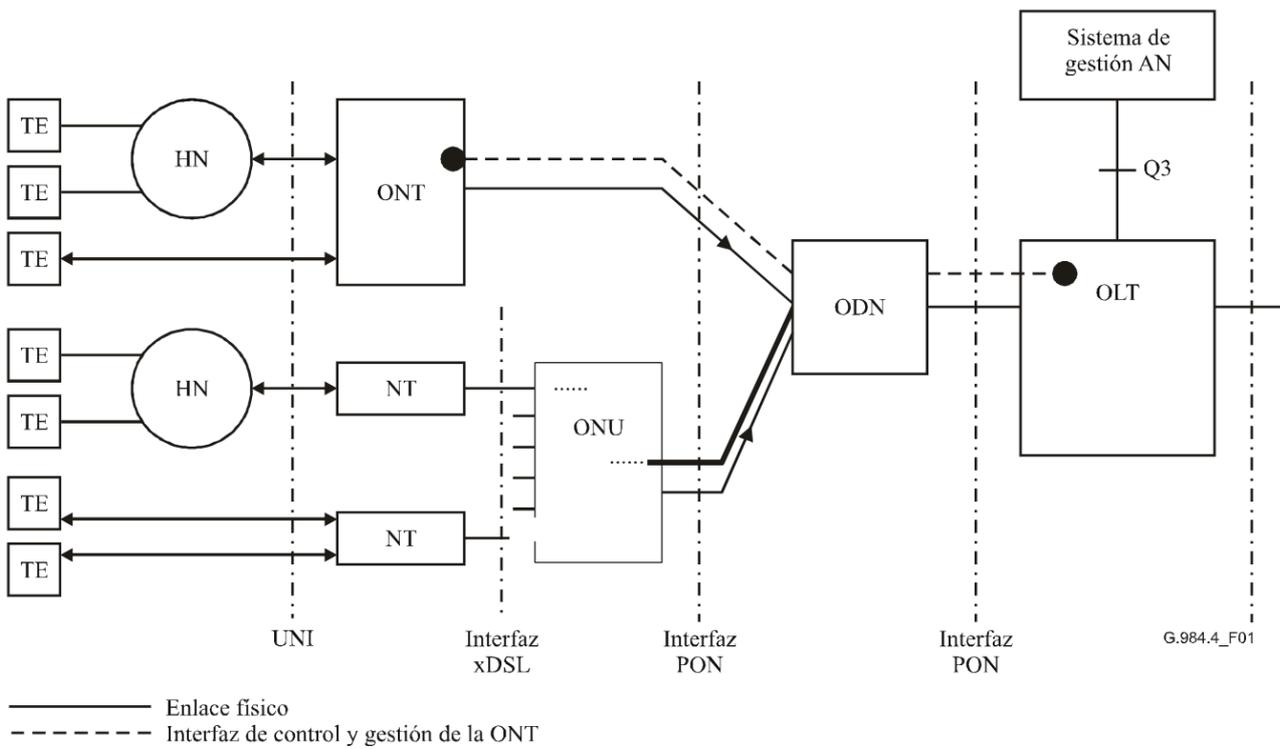
En todas las descripciones de atributo que hacen referencia a espacios, se utilizará el valor 0x20 para el tamaño completo del atributo.

## 6 Términos y modelo de referencia

### 6.1 OMCI de la Rec. UIT-T G.984.2

El modelo de arquitectura de red de referencia de la G-PON se especifica en la Rec. UIT-T G.984.2, y es el que se muestra en la figura 1. La G-PON se adapta a distintas arquitecturas de redes de acceso, por ejemplo, FTTH, FTTB/C y FTTCab.

Esta especificación de la OMCI coincide en general con el modelo de la Rec. UIT-T G.984.2 para un sistema de red de acceso, como se muestra en la figura 1. Las líneas discontinuas muestran el trayecto que siguen las señales de la OMCI entre una OLT y una ONT. En esta Recomendación se definen las características mínimas de las ONU con interfaces de servicio. Puede encontrarse en las Recs. UIT-T G.983.9 y G.983.10 los detalles del soporte de la OMCI en las ONU con interfaces 802.11 y xDSL.

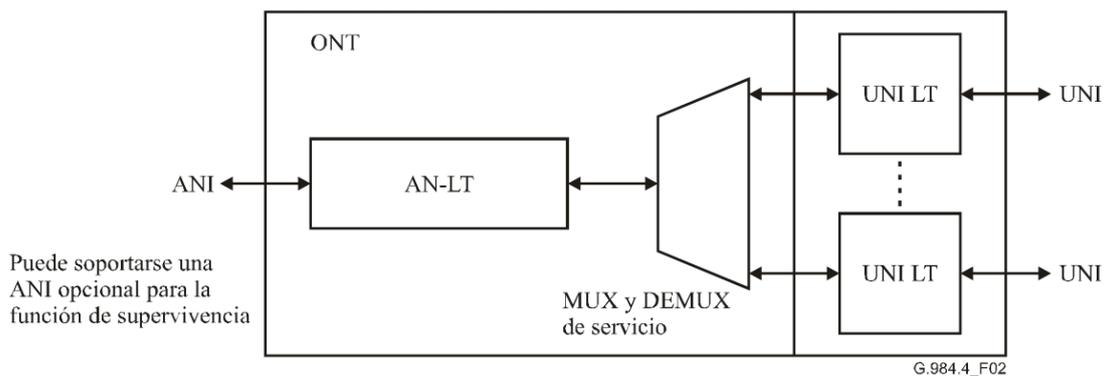


**Figura 1/G.984.4 – Modelo de referencia**

## 6.2 Funciones ONT/ONU

Como se muestra en la figura 2, las funciones de la ONT/ONU son:

- función de terminación de línea de red de acceso (AN-LT);
- función de terminación de línea de interfaz usuario-red (UNI-LT), teniendo en cuenta que en el caso de la fibra al local comercial las UNI de una ONU pueden pertenecer a distintos usuarios;
- función de multiplexación y demultiplexación de servicios (MUX y DEMUX de servicio).



**Figura 2/G.984.4 – Diagrama de bloques funcionales de la ONT/ONU**

### **6.3 Funcionalidad de multiplexación del trayecto virtual/canal virtual en la ONT**

De acuerdo con la Rec. UIT-T G.984.3, el sistema G-PON de extremo a extremo (es decir, la OLT, la ODN y la ONT) puede funcionar como una transconexión de trayecto virtual (VP) o canal virtual (VC) ATM estando ambos aprovisionados y teniendo conectividad a la demanda. La configuración de la transconexión VP/VC ATM puede iniciarse por:

- a) el sistema de operaciones de elemento de red a través de la interfaz de gestión (por ejemplo, Q3);
- b) el nodo de servicio (SN, *service node*) a través del protocolo de control de conexión portadora de banda ancha (B-BCC, *broadband bearer connection control*) VB5.2.

No obstante, la ONT siempre actúa como un multiplexador ATM aprovisionado para las conexiones ATM. La OMCI en sí misma no distingue entre estos dos casos. Sin embargo, la OLT puede asignar distintas prioridades a los mensajes OMCI de manera que, por ejemplo, en el caso b) la OMCI obtenga una respuesta rápidamente.

### **6.4 Encapsulación en la trama GEM**

Dado que el modo de encapsulamiento G-PON (GEM) está incorporado en la sección PON, es independiente de las UNI. El tráfico de la UNI siempre se encapsula en las tramas GEM de manera que este servicio no necesite una función de transconexión.

### **6.5 Soporte de una conexión de multidifusión**

Las redes G-PON pueden soportar tráfico de multidifusión. Del mismo modo que se asigna un ID del puerto (Port-ID) a un contenedor de transmisión (T-CONT) en una conexión de unidifusión, comparten diversos T-CONT en la conexión de multidifusión Port-ID. El proceso de configuración de la conexión de multidifusión es idéntico al de la conexión de unidifusión. Corresponde a la OLT la responsabilidad de gestionar los miembros de un grupo de multidifusión y controlar la conexión de multidifusión en las ONU. Queda en estudio el esquema que se necesita para proporcionar un servicio multidifusión (por ejemplo, para gestionar un grupo de multidifusión, mantener la seguridad, etc.).

En sentido descendente, resulta útil que la conexión de multidifusión esté soportada por un Port-ID compartido. Por otra parte, en sentido ascendente, es imposible, siguiendo esta metodología, soportar una conexión de multidifusión, dado que la OLT no puede reensamblar correctamente los paquetes GEM segmentados cuando recibe diversos paquetes GEM con el mismo Port-ID desde distintas ONT. Por consiguiente, los Port-ID de multidifusión deben utilizarse cuando una OLT envía tráfico de multidifusión hacia las ONT. El sentido del Port-ID de multidifusión se indica durante la configuración de la conexión de multidifusión.

## **7 Requisitos de la especificación de la interfaz de gestión**

La OLT utiliza la OMCI para controlar una ONT. Este protocolo le permite:

- a) establecer y liberar conexiones a través de la ONT;
- b) gestionar las UNI en la ONT;
- c) solicitar información de configuración y estadísticas de calidad de funcionamiento;
- d) informar autónomamente al operador del sistema de los eventos que ocurran, como los fallos de los enlaces.

El protocolo OMCI atraviesa una conexión ATM o GEM entre el controlador de la OLT y el de la ONT establecida en la inicialización de la ONT. El protocolo OMCI es asimétrico: el controlador de la OLT es el maestro y el controlador de la ONT el subordinado. Un único controlador de OLT que utilice múltiples ejemplares del protocolo en distintos canales de control puede controlar múltiples ONT.

Los requisitos de la interfaz de control y gestión de la ONT que se exponen en esta Recomendación son necesarios para gestionar los siguientes aspectos de la ONT:

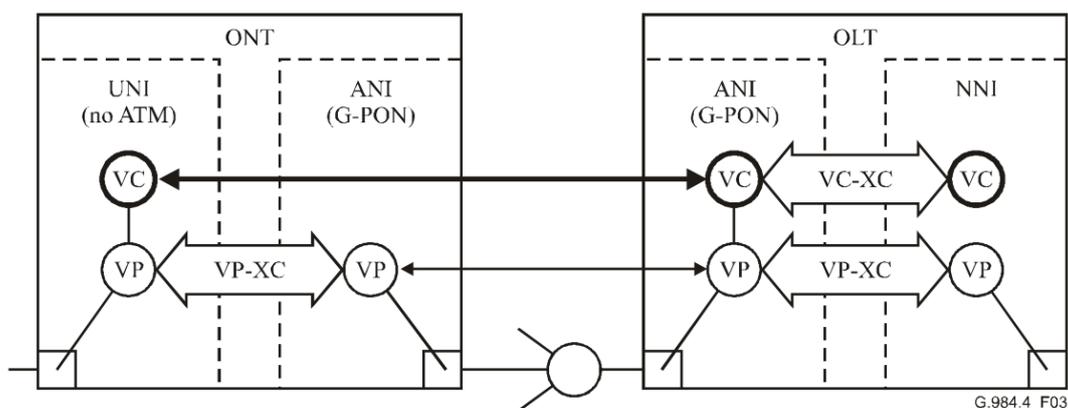
- a) gestión de configuración;
- b) gestión de averías;
- c) gestión de calidad de funcionamiento;
- d) gestión de seguridad.

### **7.1 Gestión de configuración**

La gestión de configuración comprende funciones para ejercer el control sobre la ONT, identificarla, obtener datos de ella y proporcionárselos, lo que conlleva:

- a) configuración del equipo;
- b) configuración de las UNI;
- c) configuración de los CTP-G de red VP, transconexiones VP ATM, y CTP de red del puerto GEM;
- d) configuración de los puntos de terminación de interfuncionamiento.
- e) configuración de los flujos OAM;
- f) configuración de los puertos físicos;
- g) configuración de los perfiles AAL;
- h) configuración de los perfiles de servicio;
- i) configuración de los descriptores de tráfico;
- j) configuración de los perfiles GAL.

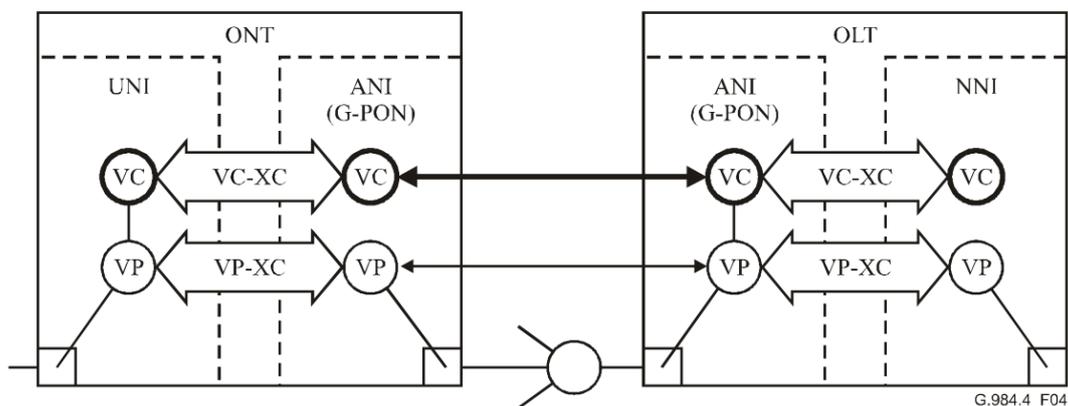
En el caso de una ONT que soporta el modo ATM, la ONT gestiona la transconexión VP ATM para liberar valores VPI a la UNI (el valor VPI de una ANI no está libre porque los valores VPI de la ANI están compartidos entre todas las ONU de la PON. La transconexión VP en la ONT resuelve esta limitación de la UNI). En el caso de la OMCI, la terminación VC y el interfuncionamiento VCCTP están unificados en la ME punto de terminación VCC de interfuncionamiento ATM. En la figura 3 se muestra el modelo de la terminación. Para los LIM no ATM, los parámetros de tráfico globales de las distintas terminaciones VC están representados por el puntero de perfil de descriptor de tráfico asociado con la entidad gestionada CTP-G de red VP que contienen las terminaciones VC.



NOTA – En la figura, VC representa la unificación de VCCTP y VCCTP de interfuncionamiento.

**Figura 3/G.984.4 – Modelo de terminación de transconexión VP ATM**

En aquellos casos en que las ONU soportan interfaces xDSL, es necesario implementar las transconexiones VC, que puede soportar la ONT/ONU como se indica en el modelo de terminación de la figura 4.



**Figura 4/G.984.4 – Modelo de terminación de transconexión VC ATM**

## 7.2 Gestión de averías

La ONT soporta únicamente una gestión de averías *limitada*. La mayor parte de las operaciones se limitan a las indicaciones de fallo. La OMCI soporta el informe de fallos de las siguientes entidades gestionadas que se describen en la cláusula 9, y en las Recs. UIT-T G.983.2 y G.983.8:

- a) ONT-G;
- b) soporte de tarjetas de línea de abonado;
- c) tarjeta de línea de abonado;
- d) tarjeta de línea PON IF-G;
- e) UNI ATM de punto de terminación de trayecto físico;
- f) UNI Ethernet de punto de terminación de trayecto físico;
- g) UNI CES de punto de terminación de trayecto físico;
- h) UNI RDSI de punto de terminación de trayecto físico;
- i) UNI POTS de punto de terminación de trayecto físico;
- j) UNI vídeo de punto de terminación de trayecto físico;

- k) ANI vídeo de punto de terminación de trayecto físico;
- l) UNI ADSL de punto de terminación de trayecto físico;
- m) UNI VDSL de punto de terminación de trayecto físico;
- n) adaptador<sub>B-PON</sub> de TC;
- o) punto de terminación de VCC de interfuncionamiento ATM;
- p) punto de terminación de interfuncionamiento GEM;
- q) CTP-G de red VP;
- r) CTP-G de red VC;
- s) CTP de red del puerto GEM;
- t) ONU-G.

Se ha definido una tabla de alarmas para cada una estas entidades.

La ONT también soporta las pruebas selectivas en bucle de células OAM en la UNI. El diagnóstico se limita a la autoprueba de la ONT. La OLT o el gestor de elementos deberá procesar la información procedente de la ONT; por ejemplo, la OLT determinará la gravedad de cada alarma cuando informe al operador de la red. La gestión ATM de supervisión de continuidad no forma parte de la presente Recomendación (véanse af-nm-0020.001 (Bibliografía) y la Rec. UIT-T I.751).

### 7.3 Gestión de la calidad de funcionamiento

La ONT sólo tiene una capacidad *limitada* de supervisión de la calidad de funcionamiento. Las entidades gestionadas conexas son:

- a) datos históricos<sub>B-PON</sub> de supervisión de desacuerdo de UPC;
- b) datos históricos<sub>B-PON</sub> de supervisión de protocolo AAL 1;
- c) datos históricos<sub>B-PON</sub> de supervisión de protocolo AAL 5;
- d) datos históricos de supervisión de calidad de funcionamiento Ethernet;
- e) datos históricos de supervisión de calidad de funcionamiento Ethernet 2;
- f) datos históricos de supervisión de la interfaz física de CES;
- g) datos históricos de supervisión de protocolo de adaptador TC;
- h) datos históricos<sub>B-PON</sub> de supervisión de protocolo CPS de AAL 2;
- i) datos históricos<sub>B-PON</sub> de supervisión de protocolo SSCS de AAL 2;
- j) cola de prioridad-G;
- k) datos históricos PM de puente MAC;
- l) datos históricos PM del puerto de puente MAC;
- m) datos históricos PM de voz;
- n) datos históricos PM de VP;
- o) datos históricos PM de VC;
- p) datos históricos PM de ICMP 1;
- q) datos históricos PM de ICMP 2;
- r) datos históricos PM de encaminador IP 1;
- s) datos históricos PM de encaminador IP 2;
- t) contadores 802.11;
- u) datos históricos de supervisión del protocolo del puerto GEM;
- v) datos históricos de supervisión del protocolo TDM de GAL;

- w) datos históricos de supervisión del protocolo Ethernet de GAL;
- x) datos históricos de supervisión de la calidad de funcionamiento de la ATU-C de ADSL;
- y) datos históricos de supervisión de la calidad de funcionamiento de la ATU-R de ADSL;
- z) datos históricos de supervisión de la calidad de funcionamiento del canal ATU-C de ADSL;
- aa) datos históricos de supervisión de la calidad de funcionamiento del canal de la ATU-R de ADSL;
- bb) datos históricos de supervisión de la calidad de funcionamiento del adaptador TC de ADSL;
- cc) datos históricos de supervisión de la interfaz física del VTU-O de VDSL;
- dd) datos históricos de supervisión de la interfaz física del VTU-R de VDSL;
- ee) datos históricos de supervisión de la calidad de funcionamiento del canal de VTU-O de VDSL;
- ff) datos históricos de supervisión de la calidad de funcionamiento del canal de VTU-R de VDSL.

Obsérvese que no hay que telecargar todas las entidades gestionadas relacionadas con la supervisión de la calidad de funcionamiento durante la telecarga de MIB (véase 7.1.2/G.983.2).

Todos los datos históricos deben mantenerse en la OLT. La gestión ATM de la supervisión de calidad de funcionamiento no forma parte de la presente Recomendación (véanse af-nm-0020.001 y la Rec. UIT-T I.751).

#### **7.4 Gestión de la seguridad**

En la Rec. UIT-T G.984.3 se especifican algunos mecanismos de seguridad, que incluyen la criptación de datos en sentido descendente y la protección mediante contraseña de la ONT. La entidad gestionada ONT2-G puede activar/desactivar la función de criptación en sentido descendente.

Esta Recomendación soporta la función de protección. En esta Recomendación se considera la configuración de protección tipo C de la Rec. UIT-T G.983.5. Ya que la conmutación para la protección de la PON se realizará en la capa TC, en esta Recomendación se define una entidad gestionada para especificar la capacidad de protección. Aunque la Rec. UIT-T G.983.6 especifica la OMCI para la protección de la B-PON, es necesario un nuevo esquema para la protección de la G-PON, ya que este tipo de red tiene una pila de protocolo distinta de la B-PON.

### **8 MIB independiente del protocolo para la OMCI**

La OMCI debe definirse de modo que los vendedores puedan ofrecer capacidades modulares que puedan ser incrementadas para satisfacer los diferentes niveles de las necesidades de los clientes. La presente Recomendación está orientada en primer lugar a las ONT de FTTH y FTTBusiness. Se define el protocolo necesario para soportar las capacidades identificadas en las Recs. UIT-T G.984.2 y G.984.3. Es importante para la instalación e interoperabilidad inmediatas, pero tiene en cuenta los componentes opcionales y ampliaciones futuras.

Se utiliza una MIB independiente del protocolo para describir el intercambio de información a través de la OMCI y formar la base a partir de la cual se definen los modelos específicos del protocolo (por ejemplo, protocolo de dispositivo sencillo para la ONT). Esta MIB tiene todos los puntos comunes posibles con la MIB genérica correspondiente definida en otras Recomendaciones del UIT-T. Se trata de hacer la OMCI relativamente sencilla, manteniendo a la vez la coherencia con la MIB utilizada por la interfaz entre el gestor de elementos de red y la OLT.

**ANEXO F**

**RECOMENDACIÓN UIT-T G.652**



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**CCITT**

COMITÉ CONSULTIVO  
INTERNACIONAL  
TELEGRÁFICO Y TELEFÓNICO

**G.652**

(11/1988)

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

Equipos de pruebas

Características de los medios de transmisión

Cables de fibra óptica

---

**Características de un cable de fibra óptica  
monomodo**

Reedición de la Recomendación G.652 del CCITT  
publicada en el Libro Azul, Fascículo III.3 (1988)

---

## Recomendación G.652

### CARACTERÍSTICAS DE UN CABLE DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO

(Málaga-Torremolinos, 1984; modificada en Melbourne, 1988)

El CCITT,

*considerando*

- (a) que los cables de fibra óptica monomodo se utilizan ampliamente en las redes de telecomunicación;
- (b) que las aplicaciones potenciales previstas pueden exigir varios tipos de fibras monomodo que difieran en:
  - las características geométricas,
  - la longitud de onda de trabajo,
  - la dispersión de atenuación, la longitud de onda de corte y otras características ópticas,
  - los aspectos mecánicos y ambientales;
- (c) que podrán prepararse Recomendaciones sobre diferentes tipos de fibras monomodo cuando hayan progresado suficientemente los estudios sobre su utilización práctica,

*recomienda*

una fibra monomodo cuya longitud de onda de dispersión nula está situada en torno a 1300 nm, optimizada para uso en la región de longitud de onda de 1300 nm, y que puede utilizarse también a longitudes de onda en la región de 1550 nm (en las que la fibra no está optimizada).

Esta fibra puede utilizarse para transmisión analógica y digital.

Las características geométricas, ópticas y de transmisión de esta fibra, se describen más adelante, así como los métodos de prueba aplicables.

El significado de los términos empleados en esta Recomendación se expone en el anexo A, y las directrices que han de seguirse en las mediciones para verificar las diversas características se indican en el anexo B. Los anexos A y B podrían convertirse en Recomendaciones separadas a medida que se adopten otras Recomendaciones sobre fibras monomodo.

## 1 Características de la fibra

En este § 1 sólo se recomiendan las características de la fibra que proporcionan una mínima estructura de diseño esencial para la fabricación de fibras. De éstas, la longitud de onda de corte de la fibra cableada puede verse apreciablemente afectada por la fabricación o la instalación del cable. Además, las características recomendadas se aplicarán igualmente a las fibras individuales, a las fibras incorporadas en un cable enrollado en un tambor, y a las fibras en cables instalados.

Esta Recomendación se aplica a las fibras que tienen un campo modal nominalmente circular.

### 1.1 *Diámetro del campo modal*

El valor nominal del diámetro del campo modal a 1300 nm estará en la gama de 9 a 10  $\mu\text{m}$ . La desviación del diámetro del campo modal no deberá exceder de  $\pm 10\%$  de su valor nominal.

*Nota 1* – El valor de 10  $\mu\text{m}$  se emplea corrientemente para diseños de revestimientos adaptados, y el valor de 9  $\mu\text{m}$  para diseños de revestimientos con depresión. Sin embargo, la elección de un valor concreto de la gama indicada no depende necesariamente del diseño de fibra utilizado.

*Nota 2* – Debe señalarse que el comportamiento de la fibra necesario para una determinada aplicación depende más de los parámetros esenciales de la propia fibra y del sistema, es decir, del diámetro del campo modal, de la longitud de onda de corte, de la dispersión total, de la longitud de onda de trabajo del sistema y de la velocidad binaria/frecuencia de trabajo, que del diseño de la fibra.

*Nota 3* – De hecho, el valor medio del diámetro del campo modal puede diferir de los valores nominales indicados, a condición de que todas las fibras estén dentro de  $\pm 10\%$  del valor nominal especificado.

## 1.2 *Diámetro del revestimiento*

El valor nominal recomendado del diámetro del revestimiento es 125  $\mu\text{m}$ . La desviación del diámetro del revestimiento no debe exceder de  $\pm 2,4\%$  ( $\pm 3 \mu\text{m}$ ).

Con determinadas técnicas de empalme y ciertos requisitos de pérdida por empalme, pueden ser apropiadas otras tolerancias.

## 1.3 *Error de concentricidad del campo modal*

El error de concentricidad para el campo modal no debe exceder de 1  $\mu\text{m}$ .

*Nota 1* – Con determinadas técnicas de empalme y ciertos requisitos de pérdida por empalme, pueden ser apropiadas tolerancias de hasta 3  $\mu\text{m}$ .

*Nota 2* – El error de concentricidad del campo modal y el error de concentricidad del núcleo, representado por la iluminación transmitida utilizando longitudes de onda diferentes de 1300 nm (incluida la luz blanca), son equivalentes. En general, la desviación del centro del perfil del índice de refracción y el eje del revestimiento representa también el error de concentricidad del campo modal, pero si apareciese alguna diferencia entre el error de concentricidad del campo modal, medido de acuerdo con el método de prueba de referencia (MPR), y el error de concentricidad del núcleo, el primero constituirá la referencia.

## 1.4 *No circularidad*

### 1.4.1 *No circularidad del campo modal*

En la práctica, la no circularidad del campo modal de las fibras que tienen campos modales nominalmente circulares es lo suficientemente baja como para que la propagación y los empalmes no se vean afectados. En consecuencia, no se considera necesario recomendar un valor determinado de no circularidad del campo modal. En general, no es necesario medir la no circularidad del campo modal con fines de aceptación.

### 1.4.2 *No circularidad del revestimiento*

La no circularidad del revestimiento debe ser inferior al 2%. Con determinadas técnicas de empalme y ciertos requisitos de pérdida por empalme, pueden ser apropiadas otras tolerancias.

## 1.5 *Longitud de onda de corte*

Pueden distinguirse dos tipos útiles de longitudes de onda de corte:

- la longitud de onda de corte  $\lambda_c$  de una fibra con revestimiento primario, de acuerdo con el MPR de la fibra correspondiente;
- la longitud de onda de corte  $\lambda_{cc}$  de una fibra cableada en condición de instalación, de acuerdo con el MTR del cable correspondiente.

La correlación de los valores medidos de  $\lambda_c$  y  $\lambda_{cc}$  depende del diseño específico de la fibra y del cable, así como de las condiciones de prueba. Aunque en general no puede establecerse fácilmente la relación cuantitativa  $\lambda_{cc} < \lambda_c$ , es de suma importancia garantizar la transmisión monomodo en el largo mínimo de cable entre empalmes a la longitud de onda de funcionamiento mínima del sistema. Esto puede conseguirse de dos formas:

- recomendando que  $\lambda_c$  sea inferior a 1280 nm; cuando resulta adecuado un límite inferior,  $\lambda_c$  debe ser superior a 1100 nm;
- recomendando que  $\lambda_{cc}$  sea inferior a 1270 nm.

*Nota* – Debe asegurarse un margen de longitud de onda suficiente entre la mínima longitud de onda de trabajo admisible del sistema  $\lambda_s$  de 1270 nm, y la máxima longitud de onda de corte admisible del cable  $\lambda_{cc}$ . Varias Administraciones están a favor de un máximo de  $\lambda_{cc}$  de 1260 nm para tener en cuenta las variaciones de muestreo de la fibra y las variaciones de la longitud de onda de la fuente debidas a la tolerancia, temperatura y efectos de envejecimiento.

No es necesario invocar ambas especificaciones: los usuarios pueden elegir entre especificar  $\lambda_c$  o  $\lambda_{cc}$  según sus necesidades específicas y las aplicaciones previstas. En el último caso, se entiende que  $\lambda_c$  puede ser superior a 1280 nm.

En el caso en que el usuario elija especificar  $\lambda_c$  como en 1), no es necesario medir  $\lambda_{cc}$ .

En el caso en que el usuario elija especificar  $\lambda_{cc}$  puede permitirse que  $\lambda_{cc}$  sea superior a la mínima longitud de onda de trabajo del sistema, basándose en los efectos de la fabricación e instalación del cable para obtener valores de  $\lambda_{cc}$  por debajo de la mínima longitud de onda de trabajo del sistema para el largo de cable más pequeño entre dos uniones.

En el caso en que el usuario elija especificar  $\lambda_{cc}$  puede ser suficiente una prueba de aptitud para verificar que se cumpla el requisito de  $\lambda_{cc}$ .

## 1.6 *Características de pérdida a 1550 nm*

A fin de asegurar un funcionamiento con bajas pérdidas de las fibras instaladas optimizadas a 1300 nm en la región de longitudes de onda de 1550 nm, el incremento de la pérdida para 100 vueltas de fibra holgadamente enrolladas con un radio de 37,5 mm y medida a 1550 nm será inferior a 1,0 dB.

*Nota 1* – Una prueba de aptitud puede ser suficiente para comprobar que se cumple este requisito.

*Nota 2* – El valor indicado más arriba de 100 vueltas corresponde al número aproximado de vueltas aplicadas en todos los casos de empalmes de un tramo de repetición típico. El radio de 37,5 mm es equivalente al radio mínimo de flexión generalmente aceptado en el montaje a largo plazo de fibras en las instalaciones de los sistemas reales, para evitar fallos por fatiga estática.

*Nota 3* – Se sugiere que si por razones de orden práctico se elige para la realización de esta prueba un número de vueltas menor que 100, nunca se empleen menos de 40 vueltas, y se utilice un incremento de la pérdida proporcionalmente menor.

*Nota 4* – Se sugiere que si se ha previsto efectuar flexiones con radios de curvatura menores de 37,5 mm (por ejemplo,  $R = 30$  mm) en los casos de empalme, o en cualquier otro lugar del sistema, el mismo valor de pérdida de 1,0 dB se aplique a 100 vueltas de fibra montadas con este radio menor.

*Nota 5* – La cláusula sobre la pérdida por flexión a 1550 nm se refiere al montaje de las fibras en las instalaciones reales de sistemas de fibras monomodo. La influencia de los radios de curvatura relacionados con el trenzado de fibras monomodo cableadas, sobre la característica de pérdida, se incluye en la especificación de pérdida de la fibra cableada.

*Nota 6* – Cuando se requieran pruebas de rutina para facilitar la medición de la sensibilidad a la flexión a una longitud de onda de 1550 nm, en lugar de 100 vueltas puede utilizarse un bucle de pequeño diámetro de una o varias vueltas. En este caso, el diámetro del bucle, el número de vueltas y la máxima pérdida admisible por flexión para la prueba con el bucle de una sola vuelta, o de varias vueltas, debe elegirse de modo que corresponda con la cláusula sobre la pérdida de 1,0 dB para la prueba con 100 vueltas dispuestas con un radio de 37,5 mm.

## 1.7 *Propiedades de los materiales de la fibra*

### 1.7.1 *Materiales de la fibra*

Deben indicarse las sustancias que intervienen en la composición de las fibras.

*Nota* – Debe procederse con cuidado al empalmar por fusión fibras de diferentes sustancias. Resultados provisionales de pruebas realizadas indican que pueden obtenerse características adecuadas de pérdida en los empalmes y de resistencia mecánica adecuadas cuando se empalman fibras diferentes de alto contenido de sílice.

### 1.7.2 *Materiales protectores*

Deben indicarse las propiedades físicas y químicas del material utilizado para el recubrimiento primario de la fibra, y la mejor manera de retirarlo (si es necesario). En el caso de una fibra con una sola envoltura, se darán indicaciones similares.

## 1.8 *Perfil del índice de refracción*

Generalmente no es necesario conocer el perfil del índice de refracción de la fibra; si se desea medirlo, puede utilizarse el método de prueba de referencia de la Recomendación G.651.

## 1.9 *Ejemplos de directrices de diseño de la fibra*

El Suplemento N.º 33 da un ejemplo de directrices de diseño para fibras con revestimientos adaptados utilizadas por dos organizaciones.

## 2 Especificaciones de los largos de fabricación

Como las características geométricas y ópticas de las fibras indicadas en el § 1 son apenas afectadas por el proceso de cableado, este § 2 formulará recomendaciones pertinentes sobre todo a las características de transmisión de los largos de fabricación cableados.

Las condiciones de prueba y del ambiente son de gran importancia, y se describen en las secciones sobre métodos de prueba.

### 2.1 Coeficiente de atenuación

Los cables de fibra óptica tratados en esta Recomendación tienen, generalmente, coeficientes de atenuación inferiores a 1,0 dB/km en la región de longitudes de onda de 1300 nm e inferiores a 0,5 dB en la de 1550 nm.

*Nota* – Los valores más bajos del coeficiente de atenuación dependen del proceso de fabricación, de la composición y el diseño de la fibra, y del diseño del cable. Se han obtenido valores comprendidos entre 0,3 y 0,4 dB/km en la región de 1300 nm y entre 0,15 y 0,25 dB/km en la de 1550 nm.

### 2.2 Coeficiente de dispersión cromática

El máximo coeficiente de dispersión cromática deberá especificarse por:

- la gama permitida de longitudes de onda de dispersión nula entre  $\lambda_{omin} = 1295$  nm y  $\lambda_{omax} = 1322$  nm;
- el valor máximo  $S_{omax} = 0,095$  ps/(nm<sup>2</sup> · km) de la pendiente con dispersión nula.

Los límites del coeficiente de dispersión cromática para cualquier longitud de onda  $\lambda$  dentro de la gama 1270-1340 nm deberá calcularse por:

$$D_1(\lambda) = \frac{S_{omax}}{4} \left[ \lambda - \frac{\lambda_{omin}^4}{\lambda^3} \right]$$

$$D_2(\lambda) = \frac{S_{omax}}{4} \left[ \lambda - \frac{\lambda_{omax}^4}{\lambda^3} \right]$$

*Nota 1* – Los valores de  $\lambda_{omin}$ ,  $\lambda_{omax}$  y  $S_{omax}$  arrojan magnitudes del coeficiente de dispersión  $|D_1|$  y  $|D_2|$  iguales o inferiores a los máximos coeficientes de dispersión cromática del siguiente cuadro:

Longitud de onda (nm)	Máxima coeficiente de dispersión cromática [ps/(nm.km)]
1285 – 1330	3,5
1270 – 1340	6
1550	20

(A 1285 nm, se presenta una excepción, ya que el valor  $|D_2|$  es de 3,67 ps/(nm · km). Se obtendría un valor menor reduciendo  $S_{omax}$  y  $\lambda_{omax}$ ; esto requiere ulterior estudio.)

*Nota 2* – El uso de estas ecuaciones en la región de los 1550 nm debe considerarse con cautela.

*Nota 3* – Para sistemas de alta capacidad (por ejemplo, de  $4 \times 140$  Mbit/s o más) o de gran longitud, puede ser necesario especificar una gama más estrecha de  $\lambda_{omin}$ ,  $\lambda_{omax}$  o, de ser posible, elegir un valor menor para  $S_{omax}$ .

*Nota 4* – No es necesario medir la dispersión cromática de las fibras monomodo en forma periódica.

## 3 Secciones elementales de cable

Una sección elemental de cable incluye normalmente varios largos de fabricación empalmados. Los requisitos aplicables a los largos de fabricación se indican en el § 2. Los parámetros de transmisión de las secciones elementales de

cable deben tener en cuenta no sólo el comportamiento de los distintos largos de cable, sino también, entre otras cosas, factores tales como las pérdidas por empalmes y por conectores (si se aplican).

### 3.1 *Atenuación*

La atenuación  $A$  de una sección elemental de cable viene dada por:

$$A = \sum_{n=1}^m \alpha_n \cdot L_n + a_s \cdot x + a_c \cdot y$$

donde

- $\alpha_n$  = coeficiente de atenuación de la  $n$ -ésima fibra de la sección elemental de cable
- $L_n$  = longitud de la  $n$ -ésima fibra
- $m$  = número total de fibras concatenadas de la sección elemental de cable
- $a_s$  = pérdida media por empalme
- $x$  = número de empalmes de la sección elemental de cable
- $a_c$  = pérdida media por conector de línea
- $y$  = número de conectores de línea de la sección elemental de cable (si se aplican).

Debe preverse un margen adecuado para futuras modificaciones de la configuración del cable (empalmes suplementarios, largos de cable suplementarios, efectos de envejecimiento, variaciones de temperatura, etc.).

La expresión anterior no incluye la pérdida de los conectores de equipo.

Como pérdida de los empalmes y conector se utiliza la pérdida media. El presupuesto de atenuación utilizado en el diseño de un sistema real debe tener en cuenta las variaciones estadísticas de esos parámetros.

### 3.2 *Dispersión cromática*

Se puede obtener la dispersión cromática expresada en ps a partir de los coeficientes de dispersión total de los largos de fabricación, suponiendo una dependencia lineal de la longitud y respetando los signos de los coeficientes y las características de la fuente del sistema (véase el § 2.2).

## ANEXO A

(a la Recomendación G.652)

### **Significado de los términos utilizados en la Recomendación**

Los términos incluidos en este anexo son específicos de las fibras monomodo. Otros términos empleados en la presente Recomendación tienen el significado que se indica en el anexo A a la Recomendación G.651.

#### A.1 **diámetro del campo modal (DCM)**

El diámetro del campo modal  $2w$  se determina aplicando una de las definiciones siguientes. Los límites de integración indicados son de 0 a  $\infty$ , pero se entiende que esta notación implica que las integrales se truncan en el límite del argumento creciente. Si bien el valor físico máximo del argumento  $q$  es  $\frac{1}{\lambda}$ , los integrandos se aproximan rápidamente a cero antes de que se alcance este valor.

- i) **DOMINIO DE CAMPO LEJANO:** En este dominio son posibles tres realizaciones prácticas de medición diferentes:
- a) **EXPLORACIÓN DE CAMPO LEJANO:** Se mide la distribución de intensidad de campo lejano  $F^2(q)$  en función del ángulo de campo lejano  $q$ , y el diámetro del campo modal (DCM) a la longitud de onda  $\lambda$  viene dado por:

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G  
**SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES**

<b>CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES</b>	
Definiciones generales	G.100–G.109
Recomendaciones generales sobre la calidad de transmisión para una conexión telefónica internacional completa	G.110–G.119
Características generales de los sistemas nacionales que forman parte de conexiones internacionales	G.120–G.129
Características generales de la cadena a cuatro hilos formada por los circuitos internacionales y circuitos nacionales de prolongación	G.130–G.139
Características generales de la cadena a cuatro hilos de los circuitos internacionales; tránsito internacional	G.140–G.149
Características generales de los circuitos telefónicos internacionales y circuitos nacionales de prolongación	G.150–G.159
Dispositivos asociados a circuitos telefónicos de larga distancia	G.160–G.169
Aspectos del plan de transmisión relativos a los circuitos especiales y conexiones de la red de conexiones telefónicas internacionales	G.170–G.179
Protección y restablecimiento de sistemas de transmisión	G.180–G.189
Herramientas de soporte lógico para sistemas de transmisión	G.190–G.199
<b>SISTEMAS INTERNACIONALES ANALÓGICOS DE PORTADORAS</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS</b>	
Definiciones y consideraciones generales	G.210–G.219
Recomendaciones generales	G.220–G.229
Equipos de modulación comunes a los diversos sistemas de transmisión por portadoras	G.230–G.239
Empleo de grupos primarios, secundarios, etc.	G.240–G.299
<b>CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS</b>	
Sistemas de portadoras en cable de pares simétricos no cargados que proporcionan grupos primarios o secundarios	G.320–G.329
Sistemas de portadoras en cable de pares coaxiales de 2,6/9,5 mm	G.330–G.339
Sistemas de portadoras en cable de pares coaxiales de 1,2/4,4 mm	G.340–G.349
Recomendaciones complementarias relativas a los sistemas en cable	G.350–G.399
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS</b>	
Recomendaciones generales	G.400–G.419
Interconexión de radioenlaces con sistemas de portadoras en líneas metálicas	G.420–G.429
Circuitos ficticios de referencia	G.430–G.439
Ruido de circuito	G.440–G.449
<b>COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA</b>	
Circuitos radiotelefónicos	G.450–G.469
Enlaces con estaciones móviles	G.470–G.499
<b>EQUIPOS DE PRUEBAS</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN</b>	
Generalidades	G.600–G.609
Cables de pares simétricos	G.610–G.619
Cables terrestres de pares coaxiales	G.620–G.629
Cables submarinos	G.630–G.649
<b>Cables de fibra óptica</b>	<b>G.650–G.659</b>

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
<b>Serie G</b>	<b>Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales</b>
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Transmisiones de señales radiofónicas, de televisión y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación

## **ANEXO G**

### **DATASHEET DE EQUIPO OLT**

# E-PON Optical Line Terminal for Cost-Effective FTTP

## Gigabit Ethernet PON for FTTP

# E-PON OLT : EP-3116

## FEATURES

- Non-blocking high-performance switching platform
- Cost effective competitive service providers
- Multi-layer features for all IP applications
- Modular and expansible architecture
- User-friendly management interface
- Robust performance by utilizing OAM such as link monitoring, loopback and fault indication
- Secure network capabilities for protect various attacks through networks

The Tellion's Gigabit Ethernet PON platform for Single Home and MTU/MDU is comprised of the CO-side concentrator, EP-3116, and the customer-side ONT(Optical Network Terminal), EP-3201N/3204N or ONU (Optical Network Unit), EP-32xx Series. The EP-3116 aggregates traffic from max. 16 PON interfaces and 32 ONTs/ONUs per PON to four gigabit Ethernet ports that connect to the back-office gigabit Ethernet switch or router. With the EP-3116, Ethernet over PON can run up to 20Km at the maximum speed up to 1.25Gbps, which proves to be an emerging revenue generation gear for developers and service providers.

The EP-3116, a 'box' type of CO-side optical line terminal, enables a wide variety of deployment options of FTTP from customer's premises to carrier's office. It guarantees competitive access performance beyond 100Mbps bandwidth per subscriber necessary for multi channel high resolution video delivery as well as high speed data and toll quality voice.

The EP-3116 is a carrier-class Ethernet PON equipment that delivers always-on, high-speed internet data and high resolution video services to subscribers through a compact box that simplifies optical distribution network facilities and reduces the total cost of ownership.

The EP-3116 secures a migration path to fiber to the premises for IP-centric services, such as VLAN, multicasting, link aggregation, multi-layer filtering, rate limiting, class of service (CoS) and quality of service (QoS). Robust and open web-based management system provides easily the capabilities necessary for operation, administration, maintenance and provisioning.

The EP-3116 supports 802.1q Tag VLAN, limitation of number of MAC addresses per port, 2 level priority of IEEE802.1p, 802.1ad link aggregation and IP multicasting for more value generation. It also provides multi-layer features beyond L2 for future proof services, IP converged triple play services.



# E-PON : EP-3116

## Mechanical Structure and Dimension

19 inch Rack mountable Pizza Box (2RU Height)  
Box Dimension: 483mm[19"](W) x 255mm(D) x 2RU(H)

## Hardware Configuration

Board Dimension: 203mm(W) x 250mm(D)  
Main Switching Unit : Ethernet Switch & CPU Peripherals  
E-PON Line Unit : 8PON per Board, 2Boards per Box  
Power Distribution Unit : 1+1 Redundancy  
Pluggable FAN Unit

## Switching Performance

24GE + 4x10GE

## Interface

IPv4/IPv6 Dual Mode Supported L3 Switch  
Customer Side: 8 PON Link/Card, Max 2 Cards  
Network Side: 4x1000Base-X

## E-PON Functions

IEEE 802.3ah compliant ODN interface  
Wavelength: Up(1310nm)/Down(1490nm)  
Symmetric Transmission Rates: Max 1Gbps  
Splitting Ratio: Max 1:32(1:64 option)  
System Range: Nominally 10Km, Max 20Km  
Security, 128 AES Encryption  
Ranging, Flexible DBA

## Switching Functions

IEEE 802.1d STP, IEEE 802.1w RSTP, MSTP  
IEEE 802.1q VLAN, IEEE 802.3x Flow Control  
IEEE 802.1p Priority, IEEE 802.3ad Link Aggregation  
MAC Address Limiting  
Port based ACL Filtering, Port Redirection / Mirroring  
WRED, SPQ, WRR, WFQ, SPQ+WRR, SPQ+WFQ, DWRR  
NetBEUI, NetBIOS, NBT  
Broadcast/Multicast Storm Control  
Port based ACL Filtering  
Port Redirection / Port Mirroring  
DHCP Server, Snoop & Relay (option 82)  
IGMPv1 v2 v3 (Snoop & Proxy supported)  
PIM-SM  
Static Routing

## OAM Functions

SNMPv1 v2 v3 for embedded agent  
Auto Rebooting  
Auto CLI

## Quality of Service

ACL Function Supported  
Max.8 COS queue/port supported  
WRED Function supported  
SPQ, WRR, WFQ, SPQ+WRR, SPQ+WFQ Function supported

## Filtering

Netbios / Netbeui Packet Filtering Function supported  
DHCP packet filtering Function supported

## Operation, Administration and Maintenance

Craft Interface : RJ-45, RS-232  
EMS supporting Java based GUI and CLI  
Remote Process Monitoring  
System management  
    . Security and Configuration  
Configuration management  
    . Configuration setting  
    . Configuration status retrieval  
    . Software upgrade and download  
    . Default configuration  
Fault management  
    . Automatic alarm and status report/notification  
    . Alarm and event history  
    . LED indication and acoustic alarm  
Performance management  
    . Downlink performance retrieval  
    . Uplink performance retrieval

## Operating System

Embedded Linux

## Power Consumption

90 VAC~250 VAC,50Hz~60Hz or -48+/-10% Vdc

## Environmental Conditions

Temperature : 0°C ~ +50°C, Humidity: 5% ~ 45%

Tellion, Inc.  
8<sup>th</sup> Fl. Leaders Tower,  
60-15, Gasan-Dong, Geumcheon-Gu,  
Seoul, 153-801, Korea  
Tel: +82-70-7730-9300  
Fax: +82-2-2026-7100

For more information, email a message to the corresponding address below:  
product@tellion.com for all product inquiries  
partners@tellion.com for all partnership inquiries  
support@tellion.com for customer support inquiries

*Tellion is a leading supplier of optical access solutions. Based on the needs of customers, Tellion provides the seamless solutions to converge multiple services and break the last mile barriers. Selected major products are access network equipments capable of providing high-speed internet access effectively via xDSL/FITL(Fiber in The Loop), IP-based access and multi-service access platform. More information about Tellion can be found on the web at [www.tellion.com](http://www.tellion.com)*

**ANEXO H**

**PLANO DE LA RUTA GPON YACUCALLE – EJIDO DE  
CARANQUI**

# RUTA GPON YACUCALLE - EJIDO DE CARANQUI

RUTA		
<b>MATERIALES</b>		
CAJAS BMX	20	
HERRAJES TIPO A	70	
HERRAJES TIPO B	25	
GRILLETES	146	
ETIQUETAS	91	
CRUCE AMERICANO	03	
BRAZO DE EXTENSION-0.50 M		
BRAZO DE EXTENSION-1.50 M		
POSTE POR PLANTAR		
FIBRA	3962 METROS	
RESERVA CAJAS	40 METROS	
RESERVA HERRAJES A	70	
RESERVA ACOMETIDAS	60	
<b>FIBRA TOTAL</b>	<b>4000 METROS</b>	



**SIMBOLOGÍA**

AUTOR RANDO TREJO

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abreu, M. (10 de Julio de 2009). *CARÁCTERÍSTICAS GENERALES DE UNA RED ÓPTICA*. Obtenido de <http://www.um.edu.uy/>
- Alvear, J. D. (2011). *"Estudio de una red de fibra óptica FTTH para brindar servicio de voz, datos y video para la urbanización los Olivos en la ciudad de Azogues"*. Cuenca.
- Angel, M. (13 de Febrero de 2013). *alebentelecom Corporación* . Obtenido de alebentelecom Corporación : <http://www.alebentelecom.es>
- Aquino, M. (27 de Marzo de 2015). *Proyecto de radioenlace entre dos sedes de una empresa*. Obtenido de Proyecto de radioenlac: <http://es.slideshare.net/>
- Bizkaia, E. (26 de Marzo de 2015). *Certificación de fibra óptica*. Obtenido de Certificación de fibra óptica: <http://fibraoptica.blog.tartanga.net/>
- Boquera, M. C. (2003). *Servicios avanzados de telecomunicación*. España: Ediciones Díaz de Santos, S. A.
- Cataño, A. F. (29 de Octubre de 2010). *Redes PON*. Obtenido de Redes PON: <https://sx-de-tx.wikispaces.com>
- Fibremex. (s.f.). *¿ Que es la atenuación de la fibra ?*
- G.984.1, L. R.-T. (2003). *Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales*.
- G.984.2, L. R.-T. (2006). *SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN*. Obtenido de SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,.
- Ibarra, G. A. (2010). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN IBARRA*. Obtenido de MUNICIPIO IBARRA: [www.ibarra.gov.ec](http://www.ibarra.gov.ec)
- Llanos., C. d. (Enero de 2007). *"Diseño de la Red de Transporte Alternativa para Tráfico*. Quito. Obtenido de "Diseño de la Red de Transporte Alternativa para Tráfico.
- Marchukov, Y. (2011). *"Desarrollo de una aplicación gráfica*. Valencia: Gandia.
- Martínez, T. (28 de Febrero de 2013). *blog Toni*. Obtenido de blog Toni: <http://www.telequismo.com/>
- Mendez, E. (2 de Junio de 2013). *Informatica*. Obtenido de Informatica: <http://lizamendez16.blogspot.com/2013/06/cable-coaxial-v-behaviorurldefaultvmlo.html>
- Mouteira, R. I. ( 2004). *Instalacion de Lineas y Equipos de Comunicacion Guia de Tecnicas y Procedimientos para la Verificacion y Puesta a Punto*. En R. I. Mouteira, *de Lineas y Equipos de*

- Comunicacion Guía de Tecnicas y Procedimientos para la Verificacion y Puesta a Punto* (pág. 328).  
España: Ideaspropias Editorial S.L.
- Netlife. (10 de Enero de 2010). *Nuestra tecnologia*. Obtenido de <http://www.netlife.ec/>
- Netlife. (10 de Enero de 2010). *Quienes somos*. Obtenido de <http://www.netlife.ec/>
- Quarters, C. (28 de Noviembre de 2015). *What Is a Fiber-Optic Splitter?* Obtenido de *What Is a Fiber-Optic Splitter?*: <http://www.wisegeek.com/>
- (s.f.). *Reglamento Para La Aplicacion de la Ey de Regimen Tributario Interno* .
- Rodriguez, A. (20 de Febrero de 2012). *cablesyconectoreshoy*. Obtenido de *cablesyconectoreshoy*:  
[www.cablesyconectoreshoy.com](http://www.cablesyconectoreshoy.com)
- Tejedor, R. J. (11 de Diciembre de 1999). *Consultoría estratégica en tecnologías de la información y la comunicación*. Obtenido de *La tecnología de acceso ADSL*: <http://www.ramonmillan.com>
- Tejedor, R. J. (10 de Enero de 2008). *Gpon*. Obtenido de <http://www.ramonmillan.com/>
- Telconet. (10 de Enero de 2008). *Quienes somos*. Obtenido de <http://www.telconet.net>
- V.S.Bagad. (2009). *Optical Fiber Communications* (First ed., Vol. I). India: Technical Publications.
- Velasco, J. (18 de Enero de 2013). *FTTH, hogares con mucha fibra*. Obtenido de *FTTH, hogares con mucha fibra*: [www.http://blogthinkbig.com/](http://blogthinkbig.com/)
- Yagüe, A. G. (Mayo de 2014). *Introducción y Conceptos Generales*. Obtenido de <http://www.ccapitalia.net/>
- Zapata, J. E. (2011). *Análisis Práctico y Guía de Implementación de NIFF*. Quito -Ecuador: Ediciones Abya-Yala.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

### A

#### ADSL2+

Es una tecnología preparada para ofrecer tasas de transferencia sensiblemente mayores que las proporcionadas por el ADSL convencional, haciendo uso de la misma infraestructura telefónica basada en cables de cobre., 19, 50

#### APON

Red Óptica Pasiva sobre ATM. Ofrece 622 megabits por segundo de ancho de banda descendente y 155 Mbit/s de tráfico de subida, aunque el estándar tiene capacidad para tasas más altas., 26

#### ATM

Asynchronous Transfer Mode, Modo de Transferencia Asíncrona. Es el corazón de los servicios digitales integrados que ofrecerán las nuevas redes digitales de servicios integrados de Banda Ancha., 26

### C

#### CATV

La televisión por cable o CATV (Community Antenna Television), comúnmente denominada videocable o simplemente cable, es un servicio de sistema de televisión por suscripción que se ofrece a través de señales de radiofrecuencia que se transmiten a los televisores por medio de redes de fibra óptica o cable coaxial., 24

### D

#### dB

El dBm es una unidad de medida utilizada, principalmente, en telecomunicaciones para expresar la potencia absoluta mediante una relación logarítmica., 25, 106, 110, 111, 113, 117, 140, 142, 144, 146, 148, 150, 152, 154, 156

#### DWDM

Multiplexación por División de Onda Densa, Dense Wavelength Division Multiplexing. Que significa multiplexado compacto por división en longitudes de onda. DWDM es una técnica de transmisión de señales a través de fibra óptica usando la banda C (1550 nm)., 25

**F****FTTB**

Fiber To The Building, fibra hasta el edificio. En FTTB o fibra hasta la acometida del edificio, la fibra óptica normalmente termina en un punto de distribución intermedio en el interior o inmediaciones del edificio de los abonados., 21

**FTTC**

Fiber To The Cabinet, fibra hasta el gabinete. Similar a FTTN, pero la cabina o armario de telecomunicaciones está más cerca del usuario, normalmente a menos de 300 metros., 21

**FTTH**

Fiber To The Home, En FTTH o fibra hasta el hogar, la fibra óptica llega hasta el interior de la misma casa u oficina del abonado., x, xi, xvi, xx, xxii, 1, 4, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 32, 33, 42, 43, 97, 134, 232, 233

**FTTN**

Fiber To The Node, fibra hasta el nodo. La fibra óptica termina en una central del operador de telecomunicaciones que presta el servicio, suele estar más lejos de los abonados que en FTTH y FTTB, típicamente en las inmediaciones del barrio, por lo que en alguna bibliografía se asigna a la N la palabra neighborhood (vecindario)., 21, 22

**G****GPON**

Gigabit-capable Passive Optical Network, Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit. es una tecnología de acceso de telecomunicaciones que utiliza Fibra óptica para llegar hasta el suscriptor, con velocidades superiores a Gigabit., i, iv, vi, x, xi, xii, xiii, xv, xvi, xxii, 2, 3, 4, 5, 7, 18, 19, 20, 23, 25, 33, 34, 40, 49, 57, 73, 77, 82, 84, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 97, 98, 101, 103, 104, 105, 118, 134, 230

**H****HDTV**

Televisión de alta definición o HDTV (siglas en inglés de high definition television). Es uno de los formatos que, junto a la televisión digital (DTV), se caracterizan por emitir señales televisivas en una calidad digital superior a los sistemas tradicionales analógicos de televisión en color., 22

**I****IMS**

IP Multimedia Subsystem, Subsistema Multimedia IP. Es un conjunto de especificaciones que describen la arquitectura de las redes de siguiente generación (Next Generation Network, NGN), para soportar telefonía y servicios multimedia a través de IP., 18

**L****LED**

Light-Emitting Diode

Diodo Emisor de Luz, es un dispositivo semiconductor que emite luz incoherente de espectro reducido cuando se polariza de forma directa la unión PN en la cual circula por él una corriente eléctrica., 9, 15, 100

**M****MAC**

Media Access Control, Control de Acceso al Medio. Es un identificador de 48 bits (6 bloques hexadecimales) que corresponde de forma única a una tarjeta o dispositivo de red. Se conoce también como dirección física, y es única para cada dispositivo., 28

**Mbps**

Megabit por segundo. es una sigla que fue desarrollada para identificar a la unidad de un megabit por segundo, la cual se emplea para cuantificar un caudal de datos que equivale a 1.000 kilobits por segundo o 1.000.000 bits por segundo., 18, 98, 100, 120, 121

**MIB**

Management Information Base, Base de Información Gestionada. Es un tipo de base de datos que contiene información jerárquica, estructurada en forma de árbol, de todos los dispositivos gestionados en una red de comunicaciones., 35

**MSAN**

Multiservice Access Node Overview, nodo de acceso multiservicio. Estos dispositivos incluyen multiplexores digitales de acceso de línea de abonado (DSLAM) utilizados en las redes xDSL,

terminación de línea óptica (OLT) para redes PON / FTTx y conmutadores Ethernet para conexiones Ethernet activa., 19

## N

### NAP

Network Access Point, Punto de Acceso a la Red. Era un centro público de intercambio de red donde los proveedores de servicios de internet (ISP) se interconectaban realizando acuerdos de intercambio o peering., 37

### NGN

Next Generation Networking, Red de Nueva Generación. Es un amplio término que se refiere a la evolución de la actual infraestructura de redes de telecomunicación y acceso telefónico con el objetivo de lograr la convergencia tecnológica de los nuevos servicios multimedia (voz, datos, video...) en los próximos 5-10 años., 36, 40

### NOC

Network Operations Center, Centro de Operaciones de Red. Es uno o más sitios desde los cuales se efectúa el control de las redes de computación, transmisión de televisión o telecomunicaciones Como Enlace Satelite y Fibra óptica., 37

## O

### ODF

Distribuidor de Fibra Óptica. Permite realizar una correcta distribución de manera ordenada y detalla de los hilos de fibra., xii, xiii, xvii, 5, 45, 77, 80, 81, 82, 83, 86, 88, 91, 93, 95, 97

### OMCI

ONT Management and Control Interface, Administración y Control de Interfaces de una ONT. Es el protocolo estándar de GPON para el control por parte de la OLT (equipo de central) de las ONT (equipo de abonado), 35

**P****PON**

Passive Optical Network, Red Óptica Pasiva. Permite eliminar todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente introduciendo en su lugar componentes ópticos pasivos (divisores ópticos pasivos) para guiar el tráfico por la red, cuyo elemento principal es el dispositivo divisor óptico (conocido como splitter)., xiii, 4, 5, 23, 24, 26, 27, 31, 35, 84, 85, 91, 93, 95, 101, 102, 119, 137, 232

**S****SAM1**

SAm-1 (Sur América-1) es un cable submarino de fibra óptica. Comenzó sus operaciones en el año 2000, conectando los Estados Unidos, Puerto Rico, Brasil, Argentina, Chile, Perú y Guatemala. En el 2007, SAm-1 fue extendido a Ecuador y Colombia. Actualmente es propiedad de Telefónica y TE Connectivity., 40

**SCSI**

Small Computer System Interface, interfaz de sistema para pequeñas computadoras.El estándar SCSI (Interfaz para sistemas de ordenadores pequeños es una interfaz que se utiliza para permitir la conexión de distintos tipos de periféricos a un ordenador mediante una tarjeta denominada adaptador SCSI o controlador SCSI, 16

**SDH**

Synchronous Digital Hierarchy, Jerarquía Digital Síncrona. Es un conjunto de protocolos de transmisión de datos. Se puede considerar como la revolución de los sistemas de transmisión, como consecuencia de la utilización de la fibra óptica como medio de transmisión, así como de la necesidad de sistemas más flexibles y que soporten anchos de banda elevados., xi, 39, 45, 46, 71

**T****TCP/IP**

Protocolo de control de transmisión / Protocolo de Internet, es el protocolo común utilizado por todos los ordenadores conectados a Internet, de manera que éstos puedan comunicarse entre si., 16

**TDM**

Time Division Multiple Access, Multiplexación por División de Tiempo. Es una técnica que permite la transmisión de señales digitales y cuya idea consiste en ocupar un canal (normalmente de gran capacidad) de transmisión a partir de distintas fuentes, de esta manera se logra un mejor aprovechamiento del medio de transmisión., 32, 103

**TIER1**

Una red de nivel 1 es una red de protocolo de Internet (IP) que participa en la Internet exclusivamente a través de la interconexión-asentamiento libre, también conocido como acuerdo libre de peering., 37

**U****UIT-T**

Unión internacional de las Telecomunicaciones. Los principales productos del UIT-T son Recomendaciones (Recomendaciones UIT-T) – normas que definen cómo funcionan e interactúan las redes de telecomunicaciones., x, xiv, xv, xx, 34, 35, 117, 158, 178, 189, 200, 218

**UPLINK**

Enlace o conexión de subida. Es el término utilizado en un enlace de comunicación para la transmisión de señales desde un equipo central hacia el cliente., 19

**V****VDSL2**

Very High Bit Rate Digital Subscriber Line 2, línea de abonado digital de muy alta tasa de transferencia 2. Una evolución de la tecnología VDSL que aprovecha la actual infraestructura de pares de cobre de la red telefónica convencional, que permite la transmisión simétrica o asimétrica de datos, llegando a anchos de bandas superiores a 200 Mbit/s, 19

**VOD**

El video bajo demanda, video a pedido o televisión a la carta (en inglés video on demand, VOD) es un sistema de televisión que permite a los usuarios el acceso a contenidos multimedia de forma personalizada ofreciéndoles, de este modo, la posibilidad de solicitar y visualizar una película o programa concreto en el momento exacto que el telespectador lo desee., 22

**VOIP**

También llamado voz sobre IP, es un conjunto de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando el protocolo IP (Protocolo de Internet). Esto significa que se envía la señal de voz en forma digital, en paquetes de datos, en lugar de enviarla en forma analógica a través de circuitos utilizables sólo por telefonía convencional, como las redes PSTN., 22

**W****W**

Wave, Onda. Longitud de onda mediante la cual viaja los haces de luz para sus respectivas aplicaciones., 29, 85

**WDM**

Wavelength Division Multiplexing, multiplexación por división de longitud de onda. es una tecnología que multiplexa varias señales sobre una sola fibra óptica mediante portadoras ópticas de diferente longitud de onda, usando luz procedente de un láser o un LED., 18, 102