



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA  
E INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
COMUNICACIONES**

**Tema:**

---

**“RED DE ACCESO CON FIBRA ÓPTICA MEDIANTE TECNOLOGÍA FTTx  
PARA OPTIMIZAR ESPACIOS Y SERVICIOS EN LA CORPORACIÓN  
NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES E.P. (EMPRESA PÚBLICA)”**

---

Proyecto de Trabajo de Graduación. Modalidad: TEMI. Trabajo Estructurado de Manera Independiente, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

AUTOR: Freddy Javier Oviedo Ordóñez

TUTOR: Ing. Juan Pablo Pallo Noroña M.Sc.

Ambato - Ecuador

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el tema: "RED DE ACCESO CON FIBRA ÒPTICA MEDIANTE TECNOLOGÌA FTTx PARA OPTIMIZAR ESPACIOS Y SERVICIOS EN LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES E.P", del señor Freddy Javier Oviedo Ordóñez, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el Art. 16 del Capítulo II, del Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad técnica de Ambato.

Ambato, Octubre del 2011

EL TUTOR

-----  
Ing. Juan Pablo Pallo, M.Sc.

## AUTORÍA

El presente trabajo de investigación titulado: "RED DE ACCESO CON FIBRA ÓPTICA MEDIANTE TECNOLOGÍA FTTx PARA OPTIMIZAR ESPACIOS Y SERVICIOS EN LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES E.P". Es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Octubre del 2011

---

Freddy Javier Oviedo Ordóñez

CC: 1713529285

## **APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA**

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Marco Jurado e Ing. Giovanni Brito, revisó y aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado "RED DE ACCESO CON FIBRA ÒPTICA MEDIANTE TECNOLOGÌA FTTx PARA OPTIMIZAR ESPACIOS Y SERVICIOS EN LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES E.P", presentado por el señor Freddy Javier Oviedo Ordóñez de acuerdo al Art. 18 del Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Oswaldo Paredes Ochoa, M.Sc.

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Ing. Marco Jurado. M.Sc.

**DOCENTE CALIFICADOR**

Ing. Giovanni Brito. M.Sc.

**DOCENTE CALIFICADOR**

## DEDICATORIA:

*Este tesis está dedicada a Dios Padre celestial que me ha dado la vida y la oportunidad de cumplir una de las metas más importantes de mi vida, mi profesión; a los pilares fundamentales de mi vida a los cuales les debo la constancia, perseverancia, deseos de superación y gran ejemplo los cuales otorgados por mi madre Sra. María del Cisne Ordóñez Viñamagua, que fue la luz de guía en mi camino, mi hija Dayanara Oviedo ángel que me ha cuidado en innumerables ocasiones, mi hijo Dorian Oviedo que es la motivación para seguir en la lucha día a día, a mi hermano Jonathan Oviedo Ordóñez que ha sido el amigo incondicional en todo momento y a la memoria de mi abuelita Sra. Elvia Viñamagua que estuvo junto a mi familia cuando más lo necesitaba.*

*Freddy Javier Oviedo Ordóñez.*

## AGRADECIMIENTO:

*A Dios padre todopoderoso, la virgen del Cisne, Jesús de Nazaret por ser luz en mi camino, por no haberme abandonado jamás que con su amor eterno me ayudaron para alcanzar uno de mis sueños más anhelados y todas las cosas que he logrado, a mi madre que no habría palabras para describir todo el cariño, paciencia, sacrificio que ha tenido durante mi crecimiento, nunca me cansare de darle las gracias por todo lo que ha hecho por mí, a mis hijos los cuales me enseñaron lo valioso que es tener alguien por quien vivir, a mis maestros que supieron darme un consejo sabio y el conocimiento para ser mejor, a mi tutor el Ing. Juan Pablo Pallo por ser más que guía un amigo en la ayuda por culminar mi trabajo de investigación y a todas las personas amigos y familiares que contribuyeron con su granito de arena para alcanzar mi meta.*

*Freddy Javier Oviedo Ordóñez.*

# ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.

	PÁGINAS
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	i
AUTORÍA.....	ii
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA.....	iii
DEDICATORIA: .....	iv
AGRADECIMIENTO: .....	v
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	vi
RESUMEN EJECUTIVO .....	xvii
INTRODUCCIÓN. ....	xix
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA .....	1
1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....	1
1.2.1 ANÁLISIS CRÍTICO. ....	2
1.2.2 PROGNOSIS. ....	2
1.2.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2.4 PREGUNTAS DIRECTRICES. ....	3
1.2.5 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN. ....	4
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos. ....	5
CAPÍTULO II. ....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS. ....	6
2.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	6
2.3 CATEGORIAS FUNDAMENTALES. ....	8
2.3.1 LAS TELECOMUNICACIONES .....	8
2.3.2 SISTEMA DE COMUNICACIONES.....	9
2.3.3 REDES TELEFÓNICAS .....	12
2.3.3.1 RED DE COMUNICACIONES.....	12
2.3.3.2 RED TELEFÓNICA.....	13

2.3.4 FIBRA ÓPTICA .....	16
2.3.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA.....	16
2.3.6 REFRACCIÓN, ÍNDICE DE REFRACCIÓN Y LEY DE SNELL ....	17
2.3.7 CONFIGURACIONES DE FIBRA ÓPTICA .....	19
a) Fibra monomodo de índice escalonado. ....	19
b) Fibra Multimodo de índice escalonado. ....	20
c) Fibra Multimodo de índice gradual. ....	21
2.3.8 REDES FTTx.....	22
2.3.8.1 PROCEDIMIENTO DE UNA RED FTTx.....	24
2.3.8.2 RETORNO DE UNA RED FTTx .....	25
FTTH (FIBRA HASTA EL HOGAR) .....	26
FTTC (FIBRA HASTA LA ACERA).....	26
FTTB (FIBRA HASTA EL EDIFICIO).....	26
FTTN (FIBRA HASTA EL NODO).....	26
2.3.8.3 MODULACIÓN EN FIBRA ÓPTICA.....	30
2.3.8.4 CARACTERÍSTICAS DE FTTB (Fibra hasta el Edificio).....	33
2.3.8.5 GENERALIDADES DE LA RED DE ACCESO FTTB.....	33
2.3.9 PROVEEDORES.....	34
2.3.10 SISTEMA DE TRANSPORTE .....	34
2.3.11 USUARIOS .....	35
2.3.12 LA ARQUITECTURA DE LA RED FTTB.....	40
2.3.13 RED DE ACCESO PARA FTTB .....	40
2.3.14 RED DE REPARTO PARA FTTB. ....	41
2.3.15 ELEMENTOS BÁSICOS DE LA ARQUITECTURA FTTB .....	41
2.3.16 CABECERA .....	41
2.3.17 APLICACIONES.....	44
2.3.18 MERCADO .....	48
2.3.19 PRESTACIONES .....	49
2.3.20 ADECUACIÓN A LOS SERVICIOS CONSIDERADOS.....	49
2.3.21 ASPECTOS REGULATORIOS Y DE NORMALIZACIÓN.....	50
2.3.22 ESCALABILIDAD .....	51
2.3.23 COSTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y CRECIMIENTO. ....	52
2.3.24 CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES, METEOROLÓGICAS Y GEOGRÁFICAS.....	53
2.4 HIPÓTESIS .....	54
2.5 VARIABLES.....	54
2.5.1 Variable Independiente.....	54
2.5.2 Variable dependiente .....	54
CAPÍTULO III.....	55
METODOLOGÍA .....	55



3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	55
3.2 TIPOS DE INVESTIGACIÓN. ....	55
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA. ....	56
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN. ....	57
3.5 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN. ....	57
3.6 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN. ....	57
CAPÍTULO IV.....	58
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	58
1.- Existe servicio telefónico en el sector. ....	59
2.- Calidad de Servicio Telefónico en el Sector. ....	60
3.- Actividad económica del sector.....	61
4.- Conocimiento de la comunicación por Fibra Óptica. ....	62
5.- Actualización de la red de comunicación de cobre por fibra óptica.....	63
6.- Necesidad de la nueva red de comunicación con fibra óptica.....	64
7.- Servicios adicionales a incrementar en el sistema de comunicación. ....	65
8.- Beneficios que dará esta red de fibra óptica. ....	66
9.- Costo que se podría pagar por este servicio de comunicación .....	67
10.- Sugerencias para la red de comunicaciones con Fibra Óptica. ....	68
CAPÍTULO V. ....	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
5.1 CONCLUSIONES.....	69
5.2 RECOMENDACIONES. ....	70
CAPÍTULO VI.....	71
PROPUESTA.....	71
6.1 DATOS INFORMATIVOS. ....	71
6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA. ....	71
6.3 JUSTIFICACIÓN.....	74
6.4 OBJETIVOS.....	74
6.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	74
6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS. ....	74
6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD. ....	75
6.6 FUNDAMENTACIÓN. ....	75
6.6.1 TIPOS DE REDES FTTx. ....	75
6.6.1.1 REDES FTTB. ....	75
6.6.2 SELECCIÓN DE LA RED.....	76
6.6.3 ESTANDARES PARA FTTB.....	78
6.6.4 DISPOSITIVOS DE UNA RED DE ACCESO CON FIBRA ÓPTICA CON TECNOLOGÍA FTTB Y VDSL2. ....	79

6.6.5 USO DE UNA RED DE ACCESO CON FIBRA ÓPTICA MEDIANTE FTTB.....	80
6.6.6 VENTAJAS DE LA RED DE ACCESO CON FIBRA ÓPTICA MEDIANTE FTTB.....	81
6.6.7 DESVENTAJAS DE LA RED DE ACCESO CON FIBRA ÓPTICA MEDIANTE FTTB.....	81
6.7 METODOLOGÍA.....	81
6.7.1 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ACCESO... 81	
6.7.1.1 FIBRA ÓPTICA POR VÍA AÉREA. ....	82
6.7.1.2 FIBRA ÓPTICA INTRODUCIDA EN DUCTOS .....	83
6.8 MODELO OPERATIVO. (INGENIERÍA DEL PROYECTO).....	85
6.8.1 PERFIL DE USUARIOS Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL SECTOR DEL PROYECTO. ....	85
6.8.2 USUARIOS DE LA RED DE ACCESO EN EL SECTOR SUR DE LA CIUDAD DE AMBATO. ....	87
6.8.2.1 Descripción de la Edificación Colegio Pedro Frías. ....	87
6.8.2.2 Descripción de la Edificación Automotores de la Sierra. ....	88
6.8.2.3 Descripción del edificio Mall de los Andes. ....	88
6.8.2.4 Descripción del edificio del H. Municipio de Ambato. ....	89
6.8.2.5 Descripción del edificio de la Cooperativa de Ahorro y Crédito “San Alfonso Ltda.” .....	90
6.8.3 ISP (Proveedor de servicios de Internet). ....	91
6.9 DISEÑO DE LA RED DE ACCESO.....	92
6.9.1 TOPOLOGÍA FÍSICA DE LA RED DE ACCESO .....	92
6.9.2 TIPO DE FIBRA ÓPTICA PARA LA RED DE ACCESO.....	93
6.9.3 TIPO DE TENDIDO DE LA FIBRA ÓPTICA.....	94
6.9.3.1 TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA AÉREA. ....	94
6.9.3.2 TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA SUBTERRANEA. ....	94
6.9.4 EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES Y ELEMENTOS QUE CONFORMAN ESTA RED DE ACCESO.....	100
6.9.4.1 FIBRA ÓPTICA PARA LA RED DE ACCESO. ....	100
6.9.4.2 PAR TRENZADO DE COBRE.....	100
6.9.4.3 EQUIPOS OLT GIGABIT ETHERNET PON.....	101
6.9.4.4 EQUIPOS ONT GIGABIT ETHERNET PON. ....	102
6.9.4.5 DSLAM VDSL2 (Multiplexor Digital de Acceso a la línea de Abonado para VDSL2). ....	102
6.9.4.6 ODF (Optical Distribution Frame).....	104
6.9.4.7 CONECTORES DE FIBRA ÓPTICA.....	106
6.9.4.7.1 CONECTORES TIPO FC.....	106
6.9.4.8 PATCH CORD DE FIBRA ÓPTICA Y UTP.....	107
6.9.4.9 RACK.....	108
6.9.4.10 UPS (Uninterruptible Power Supply). ....	109

6.9.4.11 MODEM VDSL2.....	110
6.9.4.12 SPLITTERS O DIVISORES.....	111
6.10 PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL PROYECTO. ....	112
6.10 DIAGRAMA LÓGICO DE LA RED DE ACCESO CON FIBRA ÓPTICA MEDIANTE FTTB.....	121
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	123
7.1 CONCLUSIONES.....	123
7.2 RECOMENDACIONES.....	124
ADMINISTRACIÓN.....	125
8.1 ASPECTO OPERATIVO.....	125
8.2 ASPECTO LOGÍSTICO.....	125
8.3 ASPECTO ECONÓMICO. ....	125
8.4 COSTO - BENEFICIO.....	125
8.5 SIMULACIÓN.....	125
BIBLIOGRAFÍA.....	139
ANEXOS.....	141
Anexo A (Planos de la red FTTB)	
Anexo B (Encuesta).	
Anexo C (Características de Equipos)	

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Telecomunicaciones Terrestres .....	10
Figura 2. Telecomunicaciones Radioeléctricas.....	10
Figura 3. Telecomunicaciones Satelitales .....	11
Figura 4. Esquema de Red de Comunicaciones .....	14
Figura 5. Refracción de un rayo de luz al pasar de un material a otro.....	18
Figura 6. Índice de Refracción escalonado en el núcleo de una fibra óptica monomodo.....	20
Figura 7. Índice de refracción escalonado en el núcleo de una fibra óptica multimodo .....	20
Figura 8. Índice de refracción gradual en el núcleo de la fibra multimodo .....	21
Figura 9. Procedimiento de Red FTTx.....	24
Figura 10. Enlace de una Red FTTx .....	26
Figura 11. Arquitectura FTTH .....	27
Figura 12. Arquitectura FTTC .....	27
Figura 13. Arquitectura FTTB .....	28
Figura 14. Arquitectura FTTN .....	28
Figura 15. Diferentes Arquitecturas FTTx.....	29
Figura 16. Arquitecturas FTTx .....	29
Figura 17. Mapa Mental de xPON y FTTx .....	32
Figura 18. Una Red de Telecomunicaciones vista en Bloques. ....	34
Figura 19. Tecnologías de Fibra directa en Empresa.....	36
Figura 20. Funcionamiento de sistemas de recepción FTTH/FTTC.....	38
Figura 21. Fibra hasta la oficina FTTO.....	38
Figura 22. Fibra hasta el edificio/acera FTTB/C .....	39
Figura 23. Enlaces de Fibra Óptica con repetidores .....	39
Figura 24. Elementos básicos de la arquitectura FTTB. ....	41
Figura 25. Una cabecera en forma esquemática.....	42
Figura 26. VDSL con FTTB .....	43
Figura 27. Fibra hasta el edificio/acera. ....	44
Figura 28. Aplicaciones punto a punto sobre fibra oscura.....	45

Figura 29. Existencia de servicio telefónico en el sector Sur de Ambato.....	59
Figura 30. Calidad de servicio telefónico en el sector Sur de Ambato.....	60
Figura 31. Actividad económica en el sector Sur de Ambato.....	61
Figura 32. comunicación por Fibra Óptica el sector Sur de Ambato.....	62
Figura 33. Cambio de medio de comunicación de cobre a Fibra Óptica en el sector Sur de Ambato.....	63
Figura 34. Necesidad de la nueva red de comunicación con fibra óptica en el sector Sur de Ambato.....	64
Figura 35. Servicios adicionales a incrementar en el sistema de comunicación en el sector Sur de Ambato.....	65
Figura 36. Beneficios que se obtendrá con la red de Fibra Óptica en el sector Sur de Ambato.....	66
Figura 37. Costo a asumir por los usuarios de la red con Fibra Óptica en el sector Sur de Ambato.....	67
Figura 38. Sugerencias dadas por los habitantes en el sector Sur de Ambato. ....	68
Figura 39. Tendido de cable de cobre Av. Atahualpa.....	72
Figura 40. Canalización en las calles y aceras.....	73
Figura 41. Cables eléctricos y telefónicos juntos en los postes.....	73
Figura 42. Red de acceso FTTB.....	75
Figura 43. Ancho de banda vs distancia en las tecnologías xDSL.....	77
Figura 44. Estructura de una red de Acceso con fibra óptica mediante FTTB. ....	79
Figura 45. MDU con 24 puertos VDSL2 y POTS de Ericsson.....	80
Figura 46. Esquema de VDSL2 en FTTB.....	82
Figura 47. Fibra Óptica ADSS.....	83
Figura 48. Fibras Ópticas para emplearse en ductos subterráneos.....	84
Figura 49. Ubicación geográfica del sector Huachi Chico.....	85
Figura 50. Detalle aéreo del sector de Huachi Chico.....	86
Figura 51. Ubicación geográfica del ISP.....	91
Figura 52. Topología Física de la red de acceso.....	92
Figura 53. Pozos y Ductos de canalización para Fibra Óptica.....	95
Figura 54. Ruta de la red de Acceso.....	96
Figura 55. Equipo OLT Gigabit Ethernet.....	101

Figura 56. Equipo ONT Gigabit Ethernet .....	102
Figura 57. Ubicación del DSLAM VDSL2 en la red de acceso FTTB.....	103
Figura 58. DSLM IP VDSL2: (a) 24 puertos (b) 48 puertos .....	104
Figura 59. (a) ODF de 72 puertos (b) ODF de 12 puertos .....	105
Figura 60. Conectores FC .....	106
Figura 61. Patch Cord tipo FC – FC .....	107
Figura 62. Patch Cord Cable UTP Cat. 6.....	108
Figura 63. Tipos de Racks.....	108
Figura 64. UPS marca APC .....	109
Figura 65. Modem VDSL2 .....	111
Figura 66. Localización y forma de conexión de un Splitter para VDSL2.....	112
Figura 67. Esquema de Distribución de la red de Acceso.....	122
Figura 68. Diagrama Lógico de la red de Acceso .....	122
Figura 69. Logo del Simulador. ....	126
Figura 70. Circuito de un sistema WDM. ....	127
Figura 71. Ventana del transmisor WDM.....	127
Figura 72. Tipo de Modulación.....	128
Figura 73. Ventana del Multiplexor 8 a 1. ....	129
Figura 74. Ventana del analizador de espectro óptico. ....	130
Figura 75. Ventana del analizador WDM. ....	130
Figura 76. Ventana de analizador WDM. ....	131
Figura 77. Ventana de Loop de control.....	131
Figura 78. Ventana de Propiedades y longitud de la fibra óptica. ....	132
Figura 79. Propiedades del EDFA de poder y figura de ruido.....	132
Figura 80. Polarización del filtro. ....	133
Figura 81. Generador randómico de origen. ....	133
Figura 82. Ventana del demultiplexor 1 a 8.....	134
Figura 83. Ventana principal de receptor WDM.....	135
Figura 84. Ventana del filtro pasa bajos.....	135
Figura 85. Ventana de las características de regenerador. ....	136
Figura 86. Señal del factor de calidad.....	136
Figura 87. Señal de BER mínimo. ....	137

Figura 88. Señal de Umbral. ....	137
Figura 89. Señal de ancho de banda.....	138
Figura 90. Señal de modalidad BER.....	138

## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Atenuaciones para diferentes tipos de Fibras Ópticas .....	22
Tabla 2. Existencia del servicio telefónico. ....	59
Tabla 3. Calidad de servicio telefónico.....	60
Tabla 4. Actividad de los establecimientos.....	61
Tabla 5. Conocimiento de comunicación por Fibra Óptica .....	62
Tabla 6. Actualización de la red de comunicación de cobre por fibra óptica .....	63
Tabla 7. Necesidad de la nueva red comunicación con fibra óptica .....	64
Tabla 8. Servicios adicionales para la comunicación.....	65
Tabla 9. Beneficios con la red de Fibra Óptica en la comunicación.....	66
Tabla 10. Costos de uso de la red de comunicación con Fibra Óptica.....	67
Tabla 11. Sugerencias adicionales para la red con Fibra Óptica.....	68
Tabla 13. Detalle de la ocupación del edificio del Colegio Pedro Frías.....	87
Tabla 14. Detalle de ocupación de Automotores de la Sierra.....	88
Tabla 15. Ocupación del Mall de los Andes .....	89
Tabla 16. Descripción del edificio H. Municipio de Ambato.....	89
Tabla 17. Descripción del edificio Cooperativa “San Alfonso Ltda.” .....	90
Tabla 18. Fibras Monomodo vs Multimodo .....	93
Tabla 19. Longitud de fibra óptica de CNT al Colegio Pedro Frías Carrasco. ....	97
Tabla 20. Longitud de fibra óptica de CNT a Automotores de la Sierra S.A. ....	97
Tabla 21. Longitud de fibra óptica de CNT al Mall de los Andes. ....	98
Tabla 22. Total de fibra óptica del ISP al H. Municipio de Ambato. ....	98
Tabla 23. Longitud de fibra óptica de CNT a “San Alfonso Ltda.”.....	99
Tabla 24. Detalle de la potencia de cada equipo. ....	110
Tabla 25. Listado de Materiales para la red de acceso.....	115
Tabla 26. Cantidad de fibra óptica del ISP – Edificios.....	114
Tabla 27. Costo de los diferentes tipos de fibra óptica. ....	115
Tabla 28. Presupuesto para los equipos OLT Gigabit Ethernet PON.....	115
Tabla 29. Presupuesto para los equipos ONT Gigabit Ethernet PON.....	116



Tabla 30. Presupuesto de DSLAM VDSL2 para los edificios en el sector Sur de la ciudad de Ambato. ....	116
Tabla 31. Presupuesto de ODF para ISP y edificios. ....	117
Tabla 32. Presupuesto para Patch Cord.....	117
Tabla 33. Presupuesto para UPS. ....	118
Tabla 34. Presupuesto de Racks.....	118
Tabla 35. Tabla de Presupuesto para Módems.....	119
Tabla 36. Tabla de presupuesto para splitters. ....	119
Tabla 37. Tabla de Presupuesto General del proyecto.....	120
Tabla 38. Tabla de presupuesto de equipos ubicados en las instalaciones de los usuarios. ....	121
Tabla 39. Costo – Beneficio de la red de Acceso FTTB.....	126

## RESUMEN EJECUTIVO

El diseño de una Red de Acceso con Fibra Óptica mediante Tecnología FTTx para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. la cual optimizará espacios y servicios tales como Internet, videoconferencias, telefonía, envío y recepción de datos en el sector Sur de la ciudad de Ambato; el cual es el resultado de un estudio bibliográfico-documental, con el fin de mejorar la calidad de servicio y capacidad para conectarse y recibir información proporcionada por la empresa antes mencionada.

A continuación se detalla de forma general el resumen por capítulos del desarrollo y elaboración del proyecto.

**Capítulo I**, se menciona los inconvenientes y problemas que tiene el sector sur de Ambato al no poseer una red de comunicaciones con fibra óptica, lo cual empeora la situación actual de esta parte de la ciudad, se señalan las causas y consecuencias que generan al no contar de algún medio que sirva de apoyo para la comunicación. Además delimita su contenido para luego justificarlo y plantear objetivos que van a dar los resultados que se esperan al final de la investigación.

**Capítulo II**, contiene la fundamentación legal referente a la normalización, estandarización y funcionamiento de las redes con fibra óptica así como la utilización de equipos para la transmisión de información, también se menciona de forma resumida todas las características y contenidos de todo lo que va formar parte de la red de acceso con tecnología FTTx, se realizó la investigación bibliográfica del proyecto para obtener información que permitió la elaboración adecuada de la propuesta.

**Capítulo III**, contiene un enfoque para el desarrollo del proyecto, modalidad y el tipo de investigación realizada, así como la recolección y proceso de la información.

**Capítulo IV**, se realiza el respectivo análisis de las necesidades del sector en el que se desarrolló el proyecto.

**Capítulo V**, se elaboran las conclusiones acorde al procesamiento de información e interpretación de resultados previa a la investigación del tema y las recomendaciones impuestas para la solución de los problemas e inconvenientes del sector sur de la ciudad de Ambato a través del diseño de una red de acceso con Fibra Óptica.

**Capítulo VI**, se da solución al problema por lo cual se presenta una propuesta a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. que es el diseño de una red de acceso con Fibra Óptica mediante tecnología FTTx que optimizará espacios y servicios de comunicación, video, Internet; tomando en consideración todos los requerimientos de las empresas que utilizaran este proyecto.

## INTRODUCCIÓN.

Desde el principio de la existencia del ser humano tuvo la necesidad de comunicarse con sus semejantes para su desarrollo social y económico, es por eso que el hombre ha evolucionado enormemente el mundo de las comunicaciones y esto ha hecho posible mantener contacto con el mundo exterior.

El crecimiento acelerado de las ciudades y sus alrededores traen consigo no sólo la necesidad de construir nueva infraestructura vial sino también medios de comunicación que permitan mejorar la calidad de vida de las personas de manera eficiente.

Hoy en día la fibra óptica es el medio de transmisión más avanzado y el único capaz de soportar los servicios de nueva generación, como televisión de alta definición. Las principales ventajas de tener un bucle de abonado de fibra óptica son muchas: mayores anchos de banda, mayores distancias desde la central y el abonado, mayor resistencia a la interferencia electromagnética, mayor seguridad, menor degradación de las señales, etc.

En el siguiente perfil orientado para la modalidad de tesis de grado de Ingeniería en Electrónica en Comunicaciones se presenta el desarrollo del diseño de una Red de Acceso con Fibra Óptica Mediante Tecnología FTTx (Fibra to the x) en la zona Sur de la ciudad de Ambato de la provincia de Tungurahua para optimizar espacio y servicios la cual brindara comunicación triple play (voz, datos y video), el diseño de esta red permitirá optimizar el espacio físico ocupado por los cables de cobre ahora existentes ya que se realizó con fibra óptica canalizada o aérea dependiendo de la accesibilidad del sector; que cubrirá las necesidades del lugar antes mencionado.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN**

“Red de Acceso con Fibra Óptica mediante tecnología FTTx para optimizar espacios y servicios en la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P.”

#### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

A nivel mundial la evolución del sector hacia las redes convergentes o Redes de Nueva Generación (NGN) está ligado a la evolución del estado hacia la Sociedad de la información, en la medida en que estas redes constituyen la principal infraestructura para el transporte de la información y para la conectividad de las personas. Esta evolución implica para los operadores de telecomunicaciones la innovación continua de sus tecnologías.

En la actualidad nuestro país ha evolucionado de manera significativa en la implementación de servicios de comunicación y se está incrementando la cobertura de Redes de Comunicaciones para que más personas tengan acceso a los servicios de telefonía, video e Internet.

En la provincia de Tungurahua como en gran parte del Ecuador, las ciudades están sobresaturadas de cables eléctricos y de comunicaciones por esta razón han ocurrido gran cantidad de problemas y pérdidas económicas por parte de las entidades que prestan estos servicios por el costo de mantenimiento y actualización de las redes de comunicación.

Por otro lado Ambato se ha convertido en una ciudad metrópolis con un sistema comercial altamente activo la cual requiere un sistema de comunicaciones eficiente para comunicar a empresas, sucursales, entidades de emergencia, etc. en el sector sur de la ciudad. Además la empresa CNT E.P (Corporación Nacional de Telecomunicaciones Empresa Pública) está buscando desaparecer el sistema de tipo cableado de cobre en la comunicación por la postería ya que afecta la ornamentación y estética de las calles de la ciudad.

### **1.2.1 ANÁLISIS CRÍTICO.**

En nuestro país la necesidad actual de un sistema de comunicación de nueva generación es imperiosa ya que esta mejoraría notoriamente el servicio telefónico, de internet, de televisión de alta resolución, etc.; y esto a su vez ayudaría al desarrollo intelectual de la niñez, juventud y público en general.

En el Cantón Ambato existe gran cantidad de cables expuestos que sufren deterioro, inseguridad, pérdida en la comunicación por la interferencia electromagnética por el contacto con cables eléctricos, etc.; además por el aumento acelerado en sectores urbanos tanto en lo comercial y habitacional la red ha colapsado lo que dificulta el acceso a la comunicación con entidades públicas, privadas y de emergencia, por lo cual se ha tomado esta problemática para realizar el mejoramiento de la Red Telefónica incluyendo nuevos servicios de última generación que servirán para el desarrollo de la Zona Sur de la ciudad de Ambato, Provincia de Tungurahua.

Por esta razón existen molestias por la dificultad, incomodidad, tiempo y espacio que ocupa el tener un sistema de cobre que necesita mantenimiento continuo y alto costo de implementación para los proveedores de servicios y usuarios de telecomunicaciones.

### **1.2.2 PROGNOSIS.**

La implementación de la Red de Acceso de Fibra Óptica mediante tecnología FTTx para este sector es de vital importancia para evitar futuras congestiones

que podrían ocasionar pérdidas voluminosas en el aspecto económico, sistemas de emergencia, instituciones financieras y educativas del sector.

Si bien es cierto en la actualidad la gran mayoría de usuarios de este sector están acostumbrados a tener un estilo de vida agitado por el trabajo que realizan y las necesidades que tienen que cubrir diariamente esto obliga a tener un sistema de comunicaciones eficiente y con alta velocidad de respuesta que daría respaldo seguro en caso de un colapso en la red futura.

### **1.2.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿El diseño de una Red de Acceso con Fibra Óptica mediante tecnología FTTx mejorará el servicio de comunicaciones en la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. para la zona Sur de la ciudad de Ambato?

### **1.2.4 PREGUNTAS DIRECTRICES.**

A continuación se plantean las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es el proceso para el diseño de una red de Acceso con tecnología FTTx?
- ¿En qué lugar se utilizará esta nueva tecnología?
- ¿Qué ventajas ofrece la nueva red de fibra óptica?
- ¿Qué nuevos servicios ofrece la Red de Acceso con esta tecnología?
- ¿Qué porcentaje de tiempo de respuesta se incrementara con esta red?

### **1.2.5 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.**

**Campo:** Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones.

**Área:** Telefonía y Redes.

**Aspecto:** Diseño de una Red de Acceso con Fibra Óptica mediante tecnología FTTx en la Zona Sur de la ciudad de Ambato en la provincia de Tungurahua para optimizar espacio y servicios.

El proyecto se diseñó como tema de tesis de grado en la Universidad Técnica de Ambato con la ayuda de la CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES E.P (CNT E.P) en la Zona Sur del Cantón Ambato de la Provincia de Tungurahua durante seis meses empezando el 1 de Abril hasta el 31 de Septiembre del 2011.

**Delimitación Espacial:**

- ✓ Provincia de Tungurahua.
- ✓ Cantón Ambato.
- ✓ Parroquia Huachi Chico.
- ✓ Lugares: Ciudadelas La Pradera, Las Catilinarías, San Roque, Nueva Ambato, Huachi Chico.

**1.3 JUSTIFICACIÓN.**

El Ingeniero Electrónico está en la imperiosa responsabilidad de ayudar al desarrollo de nuestro país y por ende a la comunidad de tal manera que pueda llevar a la población más alejada a la par con el avance de la tecnología, el gran desarrollo experimentado hoy en día de nuevas ciencias aplicadas permite que se puedan realizar estos proyectos con gran factibilidad para que suplan este tipo de necesidades.

En la actualidad el incremento de la población ,comercio y el expandimiento de las ciudades hacia sectores aledaños a las zonas céntricas también amplía el riesgo de desastres o accidentes por la falta de una rápida intervención por parte de los servicios de socorro ya que no existe un medio de comunicación rápido como es el de las líneas telefónicas, por otro lado también es de gran importancia que instituciones educativas, casas comunales, cabildos u otras organizaciones públicas que se encuentren en las cercanías tengan el servicio telefónico para mayor rendimiento en sus actividades.

A más de eso la necesidad de estas poblaciones por este servicio es fundamental ya que su principal fuente de ingreso son los negocios ya sean financieros,



agrícolas y ganaderos de tal manera que necesitan tener contacto permanente con el centro de la ciudad y con otras ciudades para que puedan comercializar sus bienes o productos, además la comunicación con empresas proveedoras de servicios de consumo masivo, agrícolas, ganaderas, de inversiones, etc.

#### **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

##### **1.4.1 Objetivo General.**

- Diseñar la Red de Acceso con Fibra Óptica mediante Tecnología FTTx para optimizar espacios y servicios en la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P (CNT Empresa .Publica).

##### **1.4.2 Objetivos Específicos.**

- Analizar la situación actual del diseño de la red de cobre en la zona Sur de la ciudad de Ambato para determinar los problemas que se producen en la transmisión de información.
- Determinar el estándar de la tecnología FTTx más apropiado para diseñar la red de acceso con fibra óptica.
- Especificar los servicios adicionales con la tecnología FTTx.
- Desarrollar el diseño de la red de acceso mediante tecnología FTTx con fibra óptica.

## **CAPÍTULO II.**

### **MARCO TEÓRICO.**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.**

Después de haber buscado en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato se determinó que se cuenta con poca información que trate sobre este tema o algo relacionado con el mismo, por lo tanto se usará información extraída de Internet y la proporcionada por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. (CNT E.P) para el desarrollo de esta tesis.

#### **2.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.**

Todo el servicio de Telecomunicaciones en el país está regida por la Superintendencia de Telecomunicaciones, para la administración de los servicios utiliza la Ley Especial de Telecomunicaciones y que se ha venido reformando constantemente acorde a los cambios políticos del país y a los avances tecnológicos de las telecomunicaciones, como la Ley No. 184 publicada en el Registro Oficial No. 996 del 10 de agosto de 1992, como las publicadas en el Registro Oficial No. 770 del 30 de agosto de 1995, o la que se realizo conjuntamente con la ley para la transformación económica publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 34 del 13 de marzo del 2000, en donde se establece la libre competencia para la prestación de servicios de Telecomunicaciones.

Además para el entendimiento e interpretación de la Ley se establece un reglamento en este caso el Reglamento General a la Ley Especial de

Telecomunicaciones Reformada publicada según decreto ejecutivo No. 1790 en el registro oficial No. 404 del 4-sep-2001, cuando era presidente de la república el abogado Gustavo Noboa Bejarano.

A la par de este proceso de control y modificación de las leyes y reglamentos existieron puntos relevantes en los que concluyeron con la creación de Andinatel S.A.

La evolución de esta empresa comienza en octubre de 1972, el Gobierno Nacional tomó la decisión de integrar definitivamente todo el sector de las telecomunicaciones en un solo organismo, luego, el 10 de agosto de 1992 se crea la Empresa Estatal de Telecomunicaciones EMETEL, en 1995 EMETEL se transforma en una sociedad Anónima que se denominó EMETEL S.A. y finalmente el 17 de noviembre de 1997 la Superintendencia de Compañías aprueba la inscripción de la escritura de la resolución aprobatoria y la creación de Andinatel S.A.

En la actualidad con el gobierno del Eco. Rafael Correa Delgado como Presidente de la República se crea la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P (Empresa Pública) según decreto Ejecutivo No. 218, publicado en el Registro Oficial 122 de 3 de Febrero del 2010, considerando que el artículo 315 de la Constitución de la República del Ecuador establece que el Estado constituirá empresas Públicas para la gestión de sectores estratégicos, la prestación de servicios públicos, el aprovechamiento sustentable de recursos naturales o de bienes públicos y el desarrollo de otras actividades económicas, que la referida disposición constitucional dispone que las empresas públicas funcionaran como sociedades de derecho público, con personalidad jurídica, autonomía financiera, económica, administrativa y de gestión, con altos parámetros de calidad y de criterios empresariales, económicos, sociales y ambientales cuyo objetivo principal es el prestar el mejor servicio al cliente y que es con el que actualmente funciona.

## **2.3 CATEGORIAS FUNDAMENTALES.**

### **2.3.1 LAS TELECOMUNICACIONES.**

“Para comunicarse el hombre ha buscado diferentes formas desde señales de humo hasta Internet.

Es todo procedimiento que permite a un usuario hacer llegar a uno o varios usuarios determinados (ej. Telefonía) o eventuales (ej. Radio, televisión), información de cualquier naturaleza (documento escrito, impreso, imagen fija o en movimiento, videos, voz, música, señales visibles, señales audibles, señales de mandos mecánicos, etc.), empleado para dicho procedimiento, cualquier sistema electromagnético para su transmisión y/o recepción (trasmisión eléctrica por hilos, radioeléctrica, óptica, o una combinación de estos diversos sistemas).

Las Telecomunicaciones actualmente dan servicios a la mayor parte de las necesidades existentes. Se puede decir fundamentalmente que la investigación actual va encaminada al desarrollo de una red única capaz de soportar simultáneamente todos los servicios de voz, textos, datos e imágenes con suficientes garantías y que permita la conexión a ella de todas las redes ya existentes.” (RODRIGUEZ Jairo, P 12).

Las telecomunicaciones han evolucionado con una serie de inventos como:

- 1830, Telégrafo, Introduce conceptos de codificación (Morse, Cooke y Wheatstone)
- 1874, Telégrafo múltiple (Emile Baudot)
- 1875, Bell – Teléfono, Transmisión de voz, no requiere codificación
- 1910, Teletipo / Teleimpresor, Transmite mensajes sin operador, Cód. Baudot.
- 1950, Comienzan a aparecer los módems, como inicio de la transmisión de datos entre computadoras, pero se consolidan en los 60s y 70s para el manejo principalmente de periféricos.
- 60’s Desarrollo de lenguajes de programación, S.O., Conmutación de paquetes, transmisión por satélite, comienza la unión de las telecomunicaciones e informática.

- 70's Consolidación de la teleinformática, aparecen las primeras redes públicas de paquetes.
- 1971, Arpanet - TCP/IP.
- 1974, SNA de IBM primera arquitectura de redes, sigue DNA
- 1975, CCITT normaliza X.25, nace OSI de ISO.
- 1978, Aparecen las primeras redes de área local, aparecen los primeros servicios de valor agregado.
- 80's Comienzan a aparecer las redes digitales (voz, video y datos).
- 90's Tecnología de la información, Sistemas Distribuidos, Procesamiento Distribuido, integración.

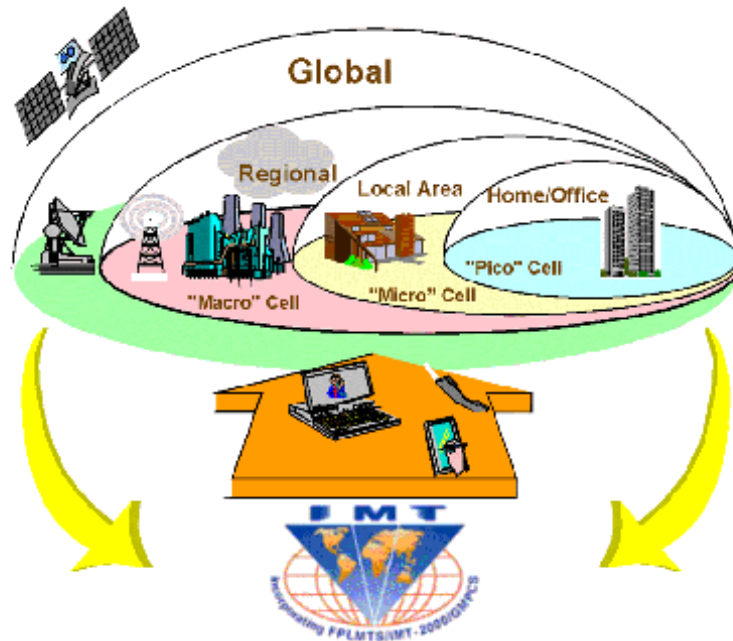
### **2.3.2 SISTEMA DE COMUNICACIONES.**

Es el conjunto de equipos y enlaces tanto físicos como electromagnéticos, utilizables para la prestación de un determinado servicio de telecomunicaciones.

El servicio de telecomunicaciones es la actividad desarrollada bajo la responsabilidad de determinada empresa o entidad, para ofrecer a sus usuarios una modalidad o tipo de telecomunicaciones, cuya utilización es de interés para dicho usuario.

En cambio el servicio público de Telecomunicaciones es aquel servicio que es brindado de manera general a todos los pobladores de un país, el encargado de brindarlo es el Estado, pero éste puede darlo en concesión a empresas privadas, pero siempre regulándolo.

- **Telecomunicaciones Terrestres:** Son aquellas cuyo medio de propagación son líneas físicas, ejemplo: cable de cobre, cable coaxial, guía de ondas, fibra óptica, par trenzado, etc., como se muestra en la figura 1.

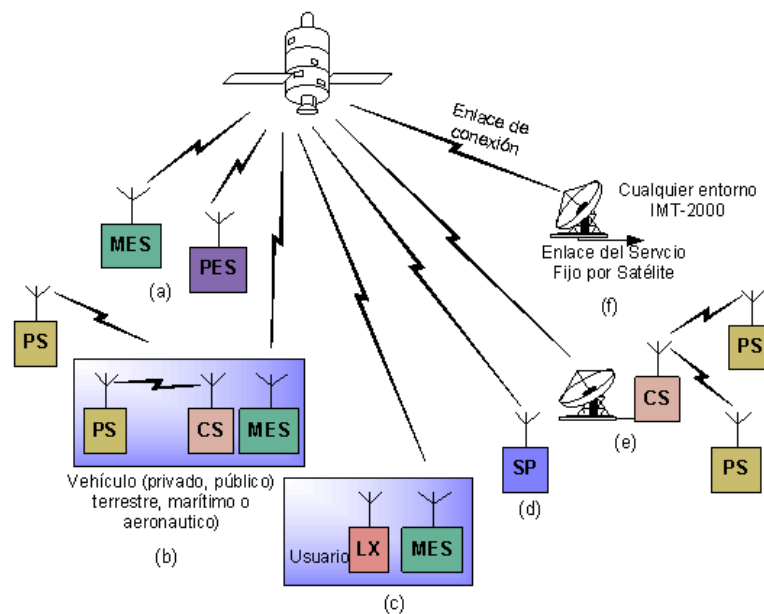


**Figura 1.** Telecomunicaciones Terrestres.

Fuente: "Diseño de una Red de Acceso con FTTB. Tesis de Grado"

Elaborado por: González J. y Vega I.

- **Telecomunicaciones Radioeléctricas:** Son aquellas que utilizan como medio de propagación la atmósfera terrestre, ejemplo: ondas de radio, microondas, etc., como se visualiza en la figura 2.

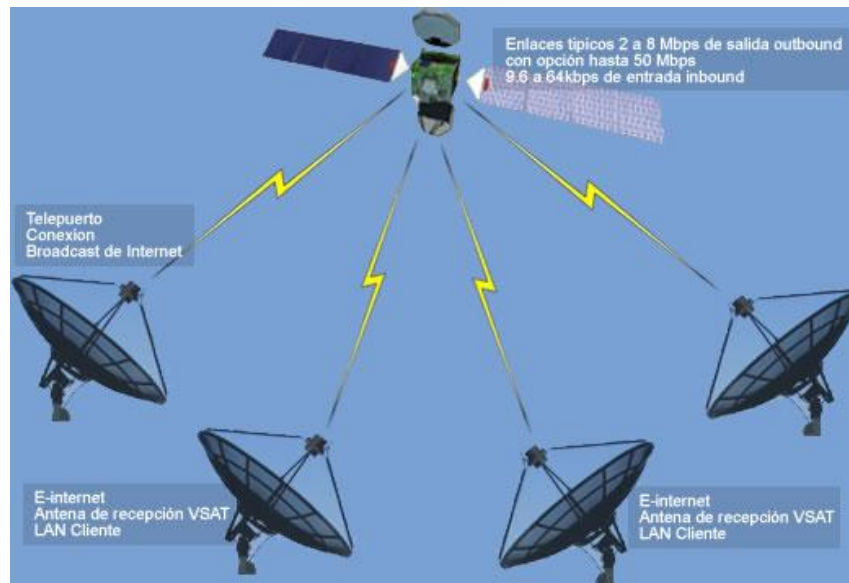


**Figura 2.** Telecomunicaciones Radioeléctricas.

Fuente: Investigador.

Elaborado por: Freddy Oviedo.

- **Telecomunicaciones Satelitales:** Son aquellas comunicaciones radiales que se realizan entre estaciones espaciales, entre estaciones terrenas con espaciales, entre estaciones terrenas, lo cual podemos observar con detalle en la figura 3.



**Figura 3.** Telecomunicaciones Satelitales.

**Fuente:** "Diseño de una Red de Acceso con FTTB. Tesis de Grado"

**Elaborado por:** González J. y Vega I.

- **Elementos de un sistema de comunicación.**
  - a) **Transmisor:** realiza la adaptación entre la señal mensaje de entrada y el canal. El procesamiento de la señal realizada por el transmisor incluye amplificación, filtrado y modulación. La más importante de estas es la modulación, un proceso diseñado para adaptar las propiedades de la señal transmitida a las del canal por medio del uso de una onda portadora. La modulación es la variación sistemática de algún parámetro de una onda portadora, tal como la amplitud fase o frecuencia, de acuerdo con una función de la señal mensaje.
  - b) **Canal de transmisión:** Es el enlace eléctrico entre el transmisor y el receptor. Puede ser un par de conductores, un cable coaxial, una onda de radio o una fibra óptica. Sin importar el tipo, todos los medios se caracterizan por la atenuación. La disminución progresiva de la potencia de la señal conforme aumenta la distancia.

- c) **Receptor:** la función del mismo es extraer del canal la señal deseada y entregarla al transductor de salida. Como las señales son frecuencias muy débiles, el receptor debe tener varias etapas de amplificación. En todo caso la operación clave que ejecuta el receptor es la demodulación, con lo cual vuelve la señal a su forma original.
- d) **Distorsión:** Es la alteración de la señal debida a la respuesta imperfecta del sistema a ella misma. A diferencia del ruido y la interferencia, la distorsión desaparece cuando la señal deja de aplicarse. El diseño de sistemas óptimos o redes de compensación reduce la distorsión. En teoría es posible lograr una compensación perfecta. En la práctica puede permitirse cierta distorsión, aunque su magnitud debe estar dentro de límites tolerables.
- e) **Interferencia:** Es la contaminación por señales extrañas, generalmente artificiales y de forma similar a las de la señal. El problema es prácticamente común en emisiones de radio, donde pueden ser captadas dos o más señales simultáneamente por el receptor. La solución al problema de interferencia es obvia: eliminar en una u otra forma la señal interferente o su fuente. En este caso es posible una solución perfecta, si bien no siempre práctica.

### **2.3.3 REDES TELEFÓNICAS.**

#### **2.3.3.1 RED DE COMUNICACIONES.**

Es el conjunto de elementos conectados entre sí en uno o más modos capaz de recibir/transmitir información, compartir recursos y dar servicio a usuarios.

Las redes que permiten todo esto son equipos avanzados y complejos. Su eficacia se basa en la confluencia de muy diversos componentes. El diseño e implantación de una red mundial de comunicaciones es uno de los grandes “milagros tecnológicos” de las últimas décadas.

En la práctica, el concepto de sistema abierto se traduce en desvincular todos los componentes de un sistema y utilizar estructuras análogas en todos los demás.



Esto conlleva una mezcla de normas (que indican a los fabricantes lo que deberían hacer) y de asociaciones (grupos de entidades afines que les ayudan a realizarlo).

El efecto final es que sean capaces de hablar entre sí.

### **2.3.3.2 RED TELEFÓNICA.**

La red telefónica es la de mayor cobertura geográfica, la que mayor número de usuarios tiene, y ocasionalmente se ha afirmado que es “el sistema más complejo del que dispone la humanidad”. Permite establecer una llamada entre dos usuarios en cualquier parte del planeta de manera distribuida, automática, prácticamente instantánea.

Una llamada iniciada por el usuario origen llega a la red por medio de un canal de muy baja capacidad, el canal de acceso, dedicado precisamente a ese usuario denominado línea de abonado. En un extremo de la línea de abonado se encuentra el aparato terminal del usuario (teléfono o fax) y el otro está conectado al primer nodo de la red, que en este caso se llama central local. La función de una central consiste en identificar en el número seleccionado, la central a la cual está conectado el usuario destino, por medio de una señal de timbre, que tiene una llamada. Al identificar la ubicación del destino reserva una trayectoria entre ambos usuarios para poder iniciar la conversación. La trayectoria o ruta no siempre es la misma en llamadas consecutivas, ya que ésta depende de la disponibilidad instantánea de canales entre las distintas centrales.

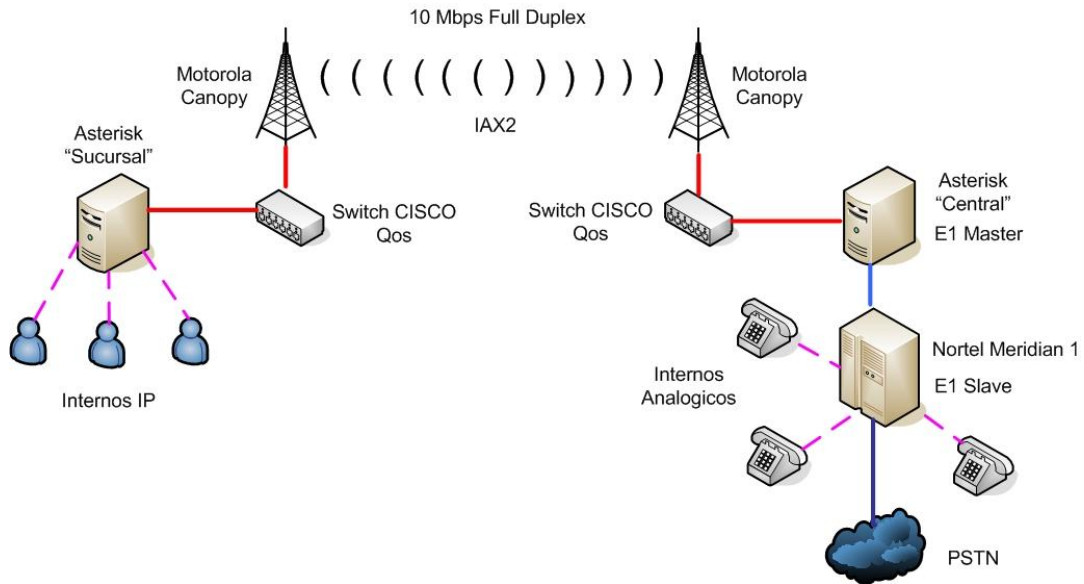
Existen 2 tipos de redes telefónicas, las redes públicas que a su vez se dividen en red pública móvil y red pública fija. Y también existen las redes telefónicas privadas que están básicamente formadas por un conmutador.

Las redes telefónicas públicas fijas, están formadas por diferentes tipos de centrales, que se utilizan según el tipo de llamada realizada por el usuario. Éstas son:

1. CCA - Central con Capacidad de Abonado
2. CCE - Central con Capacidad de Enlace
3. CTU - Central de Transito Urbano
4. CTI - Central de Transito Internacional

5. CI - Central Internacional
6. CM - Central Mundial.

En la figura 4 se puede observar un ejemplo de red de comunicaciones.



**Figura 4.** Esquema de Red de Comunicaciones.

**Fuente:** Investigador.

**Elaborado por:** Freddy Oviedo.

Es evidente que por la dispersión geográfica de la red de comunicación telefónica y de sus usuarios existen varias centrales locales, las cuales están enlazadas entre sí por medio de canales de mayor capacidad, de manera que cuando ocurran situaciones de alto tráfico no haya un bloqueo entre las centrales, hay jerarquía entre centrales que permite enrutar las llamadas de acuerdo con los tráficos que se presenten.

Las cuales se detallan a continuación:

- **“Troncal:** Circuito que une las centrales locales de una red local.
- **Interconexión:** Circuito que enlaza centrales locales con centro primario.
- **Centro primario:** Centro al que están conectadas las centrales locales y por conducto del cual se establece en las comunicaciones interurbanas.

- **Central Tandem:** Central empleada para conectar centrales locales dentro de una red metropolitana.
- **Distribuidor principal:** De una central telefónica es el órgano de conexión al que llegan, por un lado, los cables que contienen los pares de las líneas de abonado y por el otro, el multiplaje de la central. Está concedido de tal forma que cualquiera de los pares en el cable se pueda conectar con cualquiera de las posiciones del multiplaje.
- **Punto de distribución:** Órgano de conexión pasivo entre la red primaria y la red secundaria también llamado **ARMARIO**.
- **Red primaria:** Circuitos que unen los bloques del distribuidor general con los bloques primarios de los armarios.
- **Red secundaria:** Circuitos que enlazan los bloques secundarios de los ARMARIOS con los puntos de dispersión o **CAJA**.
- **Punto de dispersión:** Último punto de la red local de cables a partir de los cuales se distribuyen los pares que van a los domicilios de los abonados.
- **Zona de servicio directo:** zona en que los pares de abonados están conectados directamente a la central sin pasar por un punto de distribución.
- **Línea de acometida:** parte de la línea de abonado que va del punto de dispersión al inmueble del abonado.
- **Zona de dispersión:** zona servida por un punto de distribución.
- **Central Satélite:** Cuando se emplea una central satélite, da servicio a una serie de números tomados entre los asignados a la central principal.”(RODRIGUEZ Jairo, P 17).

### **2.3.4 FIBRA ÓPTICA.**

La fibra óptica es un medio guiado para transmitir información en forma de luz (visible o infrarroja), muy utilizada en la actualidad por las ventajas que ofrece en relación a otros medios como: el par trenzado, cable coaxial, aire, etc.

Las ventanas típicas en las que opera la fibra óptica son los 850, 1310 y 1550 nm de longitud de onda correspondiente a la luz infrarroja, sin que esto signifique que en la fibra óptica no opere la luz visible, la cual, tendrá una mayor atenuación que el infrarrojo.

En el transmisor se necesita un conversor electro-óptico para pasar señales eléctricas a señales luminosas, mientras que en el receptor se necesitará un conversor óptico-eléctrico que transforma las señales ópticas a eléctricas.

### **2.3.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA.**

Entre las ventajas que tiene la fibra óptica se citan las siguientes:

- Permite altas velocidades de transmisión por el gran ancho de banda que soporta. Son inmunes a la diafonía (crosstalk), en pares de cobre se presenta acoplamiento magnético entre conductores, la fibra óptica está construida de plástico o vidrio, es decir, no son conductores y eliminan este problema.
- Son inmunes a la interferencia por estática, es decir son inmunes al ruido causado por motores eléctricos, rayos, luces fluorescentes, etc.
- No generan ruido electromagnético debido a que como se dijo anteriormente las fibras están construidas con materiales no conductores y por lo tanto no radian energía.
- Las fibras eléctricas no transmiten señales eléctricas sino luz, por esta razón son más seguras que los medios que transportan señales eléctricas en ambientes con presencia de gases o líquidos volátiles.
- Se puede decir que el costo por metro de fibra óptica, en la actualidad, es aproximadamente igual al cobre. Los sistemas de fibra óptica tienen menor

atenuación, lo que representa un menor número de equipos repetidores y amplificadores, razón por la que se reduce costos en este sentido.

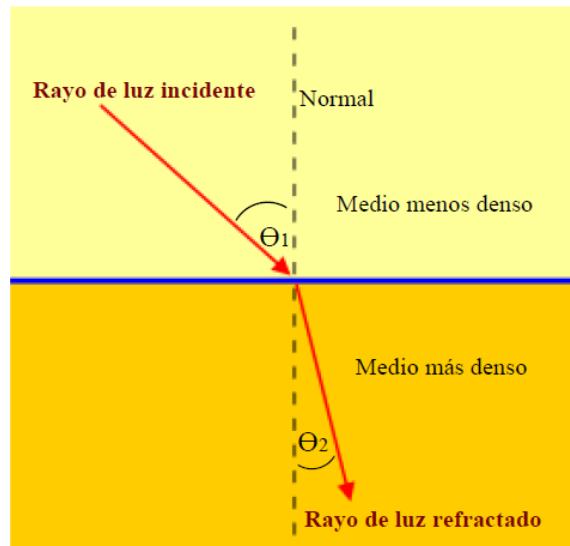
Entre las desventajas se citan las siguientes:

- Los equipos de interconexión de fibra son costosos, para que la instalación sea útil, la transformación de las señales eléctricas en luz requerirán de conversores opto-eléctricos, además de otros equipos como multiplexores y demultiplexores.
- Tienen menor resistencia a la tensión mecánica que otros medios de transmisión como el cable coaxial. Esto puede solucionarse con recubrimientos en la fibra con chaquetas protectoras de PVC o Kevlar normal (polímero altamente cristalino).
- Es más difícil así como costosa la reparación y empalme de la fibra óptica en relación al cobre.

### **2.3.6 REFRACCIÓN, ÍNDICE DE REFRACCIÓN Y LEY DE SNELL.**

En fibra óptica, uno de los fenómenos físicos más importantes relacionados con la propagación de ondas electromagnéticas, es la refracción de la luz.

Un rayo de luz o en general una onda electromagnética se refracta cuando pasa de un material a otro, más concretamente cuando se propaga desde un material con cierta densidad a otro con distinta densidad. La refracción implica que una onda cambie de velocidad y dirección en el límite de los dos materiales. Para que exista refracción la onda incidente debe llegar en forma oblicua a la superficie de separación de los dos medios. En la figura 5 se visualiza la refracción de luz, cuando un rayo pasa de un medio menos denso a uno más denso, se puede observar como el rayo refractado es desviado hacia la normal ( $\theta_1 > \theta_2$ ). Por el contrario, si un rayo pasa de un medio más denso a uno menos denso, el rayo refractado se desvía con un mayor ángulo en relación con la normal ( $\theta_1 < \theta_2$ ).



**Figura 5.** Refracción de un rayo de luz al pasar de un material a otro.

**Fuente:** Fuente: "Diseño de una Red de Acceso con FTTB. Tesis de Grado"

**Elaborado por:** González J. y Vega I.

La cuantificación de la desviación o refracción en el límite de dos materiales de diferente densidad se puede determinar, y depende del índice de refracción ( $\eta$ ) propio de cada medio o material.

El índice de refracción está dado por la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{c}{v}$$

Donde:

$c$  es la velocidad de la luz en el espacio libre ( $3 \times 10^8$  m/s)

$v$  es la velocidad de la luz en el material.

Con la ayuda de la figura anterior, la Ley de Snell se resume en la siguiente ecuación:

$$\eta_1 \text{Sen} \theta_1 = \eta_2 \text{Sen} \theta_2$$

Donde:

$\eta_1$  = índice de refracción en el primer material (adimensional)

$\eta_2$  = índice de refracción en el segundo material (adimensional)

$\theta_1$  = ángulo de incidencia (grados)

$\theta_2$  = ángulo de refracción (grados).

### **2.3.7 CONFIGURACIONES DE FIBRA ÓPTICA.**

Básicamente existen tres configuraciones:

- ✓ Fibra monomodo de índice escalonado.
- ✓ Fibra multimodo de índice escalonado.
- ✓ Fibra multimodo de índice gradual o graduado.

La fibra óptica de índice escalonado posee un núcleo con índice de refracción uniforme. El núcleo de este tipo de fibra está recubierto por un revestimiento externo cuyo índice de refracción es uniforme, aunque menor que el núcleo. Hay un cambio abrupto en el índice de refracción entre revestimiento y núcleo para este tipo de fibra.

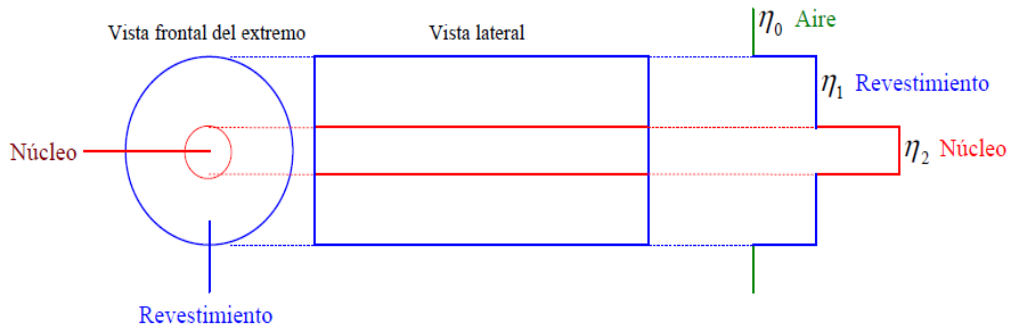
La fibra óptica de índice gradual o graduado no cuenta con un revestimiento. El índice de refracción de su núcleo no es uniforme, siendo máximo en el centro y se reduce gradualmente conforme se aproxima al extremo.

#### **a) *Fibra monomodo de índice escalonado.***

Este tipo de fibra posee un núcleo suficientemente pequeño (normalmente entre 5 y 10  $\mu\text{m}$  de diámetro) para que atraviese un solo haz de luz.

El índice de refracción del núcleo de vidrio aproximadamente es de 1,5 y del revestimiento varía dependiendo del material con el que esté construido. Para longitudes de onda mayores a su longitud de onda de corte, este tipo de fibra transmite un solo modo.

En la figura 6 se observa como varia el índice de refracción entre núcleo y revestimiento de una fibra monomodo.



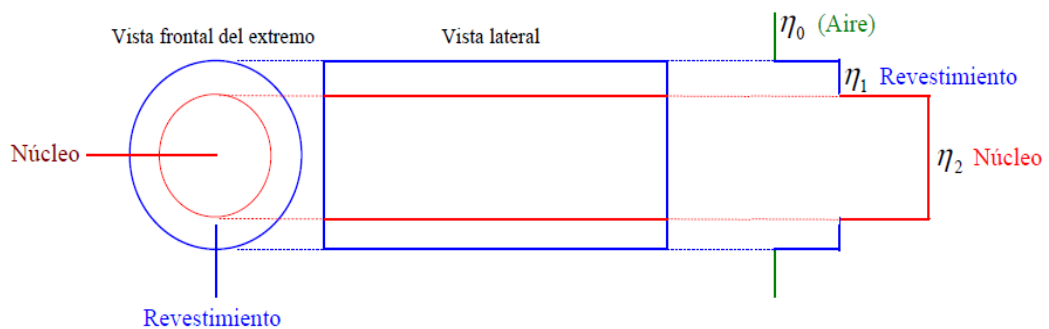
**Figura 6.** Índice de Refracción escalonado en el núcleo de una fibra óptica monomodo.

Fuente: “Soluciones Banda Ancha de Ericsson España”  
 Elaborado por: Millán Ramón J.

**b) Fibra Multimodo de índice escalonado.**

Esta configuración es similar a la monomodo con la diferencia que el núcleo central es más grande (típicamente entre 50 y 100  $\mu\text{m}$  de diámetro aunque puede ser de mayor longitud), lo que permite que más de un haz de luz pase por dicho núcleo y que se propaguen en forma de zigzag, no todos los haces de luz tienen la misma trayectoria y en consecuencia no todos tardan lo mismo en recorrer la longitud de la fibra.

Como podemos apreciar en la figura 7 la variación del índice de refracción entre el núcleo y el revestimiento en una fibra multimodo de índice escalonado.



**Figura 7.** Índice de refracción escalonado en el núcleo de una fibra óptica multimodo.

Fuente: “Soluciones Banda Ancha de Ericsson España”  
 Elaborado por: Millán Ramón J.

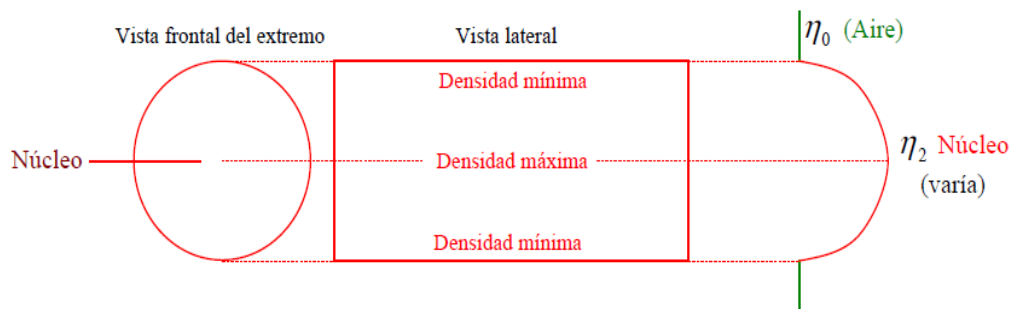


**c) Fibra Multimodo de índice gradual.**

En estas fibras de índice de refracción varía, siendo máximo en el núcleo y disminuyendo hacia la orilla externa, el haz de luz se propaga por refracción, un haz pasa de una zona menos densa a otra más densa cuando el rayo viaja diagonalmente desde el exterior del núcleo hacia su centro, los haces que viajan en la zona más cercana al centro recorren menos distancia que los que viajan en la zona más externa, pero los rayos que viajan más alejados al núcleo van a mayor velocidad.

El núcleo tiene entre 50 y 85  $\mu\text{m}$  de diámetro aunque puede ser mayor.

En la figura 8 se puede advertir como varía en índice de refracción del núcleo en una fibra multimodo de índice gradual.



**Figura 8.** Índice de refracción gradual en el núcleo de una fibra óptica multimodo.

**Fuente:** "Soluciones Banda Ancha de Ericsson España"

**Elaborado por:** Millán Ramón J.

En la Tabla 1 se detalla algunos valores de atenuación para diversas configuraciones de fibra óptica.

<b>Tipo de Fibra</b>	<b>Diámetro de Núcleo (µm)</b>	<b>Diámetro de la Cubierta (µm)</b>	<b>Atenuación (dB/Km)</b>
Monomodo	8	125	0,5 (operando en la ventana de 1310nm)
Monomodo	5	125	0,4 (operando en la ventana de 1310nm)
Multimodo de índice graduado	50	125	4 (operando en la ventana de 850nm)
Multimodo de índice graduado	100	140	5 (operando en la ventana de 850nm)
Multimodo de índice graduado	200	380	6 (operando en la ventana de 850nm)
Multimodo de índice graduado	300	440	6 (operando en la ventana de 850nm)

**Tabla 1.** Atenuaciones para diferentes tipos de Fibras Ópticas.

Fuente: "Sistema de Comunicaciones Electrónicas"

Elaborado por: Tomasi Wayne.

### 2.3.8 REDES FTTx.

El acrónimo FTTx es conocido ampliamente como *Fiber-to-the-x*, donde *x* puede denotar distintos destinos. Los más importantes son:

- FTTH (home)
- FTTB (building)
- FTTN (node)

En FTTH, o fibra hasta el hogar, la fibra llega hasta la casa u oficina del abonado. En cambio, en FTTB, la fibra termina antes, típicamente en el interior o inmediaciones del edificio de los abonados. En FTTN la fibra termina más lejos de los abonados que en FTTH y FTTB, típicamente en las inmediaciones del barrio. La elección de una arquitectura u otra dependerá fundamentalmente del coste unitario por usuario final y del tipo de servicios que quiera ofrecer el operador.

En una arquitectura FTTB y FTTN, que es el modelo que más éxito tendrá a corto plazo, el enlace de fibra óptica se establece entre una oficina central y un punto de distribución intermedio, y desde este se accede a los abonados finales del edificio o de la casa mediante la tecnología VDSL2 (Very High bit-rate Digital Subscriber Line 2) sobre par de cobre o WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access) de forma inalámbrica. De este modo el tendido de fibra puede hacerse de forma progresiva, en menos tiempo y con menor costo, reutilizando la infraestructura del abonado.

El FTTH Council es un organismo sin ánimo de lucro que trata de educar, promover y acelerar el despliegue de fibra hasta el hogar.

Existen varias soluciones tecnológicas para ofrecer FTTx. Estas opciones suelen ser divididas en dos amplias categorías: PON (Passive Optical Network), que no requieren de componentes electrónicos activos entre el usuario final y la central del operador; y ASON (Active Optical Network), donde hay instalados componentes electrónicos activos entre el usuario final y la central del operador.

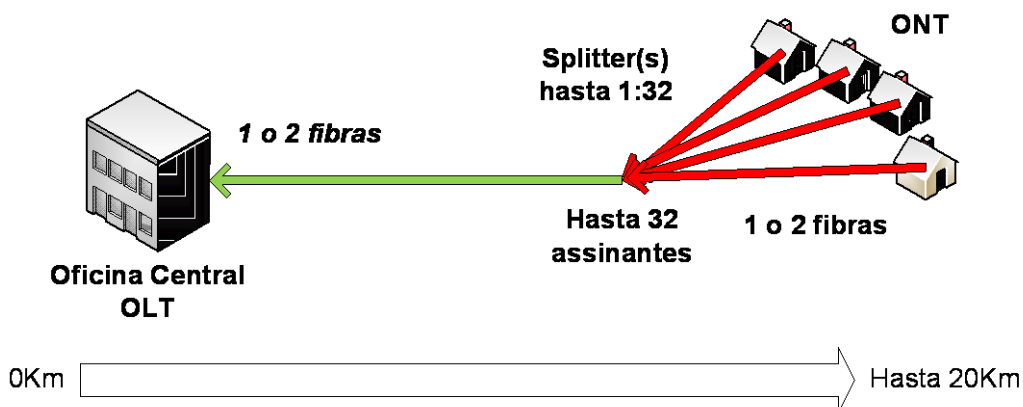
A finales de los años noventa, PON comenzó a ser considerado, tanto por las operadoras como por los suministradores, como una interesante solución para ofrecer acceso de fibra óptica hasta los usuarios residenciales. Su naturaleza punto a multipunto, resultaría en ahorros significativos en la instalación de la fibra óptica y en interfaces ópticos. Además, PON no requiere de dispositivos electrónicos u optoelectrónicos activos para la conexión entre el abonado y el

operador y por lo tanto, supone una inversión y costos de mantenimiento considerablemente menores.

### 2.3.8.1 PROCEDIMIENTO DE UNA RED FTTx.

En la CO/Central Office (o sala de equipos) la señal es transmitida por una red óptica donde en una región próxima a los subscriptores, la señal se divide y es transmitida a las ONTs (Optical Network Terminal ó Terminal de Red Óptica), localizada en los respectivos abonados.

En la figura 9 se muestra el procedimiento que sigue la FTTx:



**Figura 9.** Procedimiento de Red FTTx.

Fuente: Investigador.

Elaborado por: Freddy Oviedo.

A mediados de los años 90, un grupo internacional de proveedores de servicios de red se reunieron para desarrollar unos documentos de referencia que finalmente definirían la nueva red óptica pasiva FTTx (Fiber-to-the-x). Permitiría ofrecer conexiones rentables a los abonados, abrir un nuevo mercado y ayudar a los proveedores de servicios pertinentes para mejorar la competencia en el mercado desarrollando equipamiento estandarizado. El grupo creó la red de multiservicio (Full-Service Access Network, FSAN). Además, la legislatura de los Estados Unidos firmó el decreto de las telecomunicaciones en 1996 para “*proveer y reducir la regulación con el objetivo de asegurar precios más bajos y servicios de alta calidad para los consumidores de telecomunicaciones y fomentar el rápido despliegue de la nueva tecnología de telecomunicaciones*”

“El sector de normalización de las telecomunicaciones (ITU-T) convirtió las especificaciones de la FSAN en recomendaciones. La especificación de la FSAN para el PON basado en modo de transferencia asíncrona (ATM) se convirtió en la recomendación G.983.1 de la ITU-T en 1998.

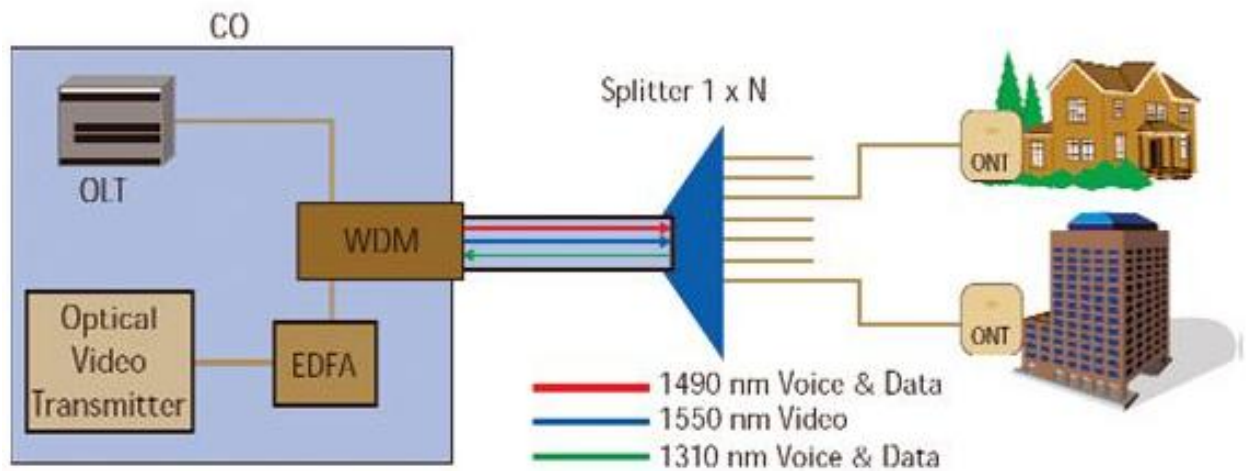
En 2001 se creó el consejo del FTTH (Fiber-to-the-home) para proveer el FTTH en Norteamérica y asesorar la legislatura americana. Esto desembocó en el tratado de acceso a Internet de banda ancha en el 2001, que proporciona incentivos en los impuestos de las compañías que invierten en infraestructura de banda ancha de nueva generación.

En 2003, la Comisión Federal de Comunicación (FCC) eliminó los requerimientos de facturación para las redes FTTH, liberando a las compañías locales del grupo “Bell” (RBOCs) de su obligación de ofrecer el uso de sus infraestructuras de redes al grupo local de la competencia (CLECs), y de este modo hacer la tecnología más atractiva para las grandes empresas. Esto significa que la RBOCs puede ahora invertir en infraestructura de fibra óptica sin tener que compartirla con la competencia, lo que debería ser un importante incentivo para el desarrollo de las redes FTTH.”(Sistemas de Transmisión, P 7).

#### **2.3.8.2 RETORNO DE UNA RED FTTx.**

Un enlace FTTx consiste en un sistema que enlaza la Central (dispositivo OLT) con el abonado (ONT). El esquema de la figura 10 nos muestra la solución adoptada para la transmisión bidireccional:

La transmisión de voz y datos utiliza las lambda de 1310 nm (hacia el usuario) y 1490 nm (retorno). En el caso de incorporar TV interactiva al circuito, esta circula a 1550 nm.



**Figura 10.** Enlace de una Red FTTx.

Fuente: "Sistemas de Transmisión"

Elaborado por: Andrés Berrio Cataño.

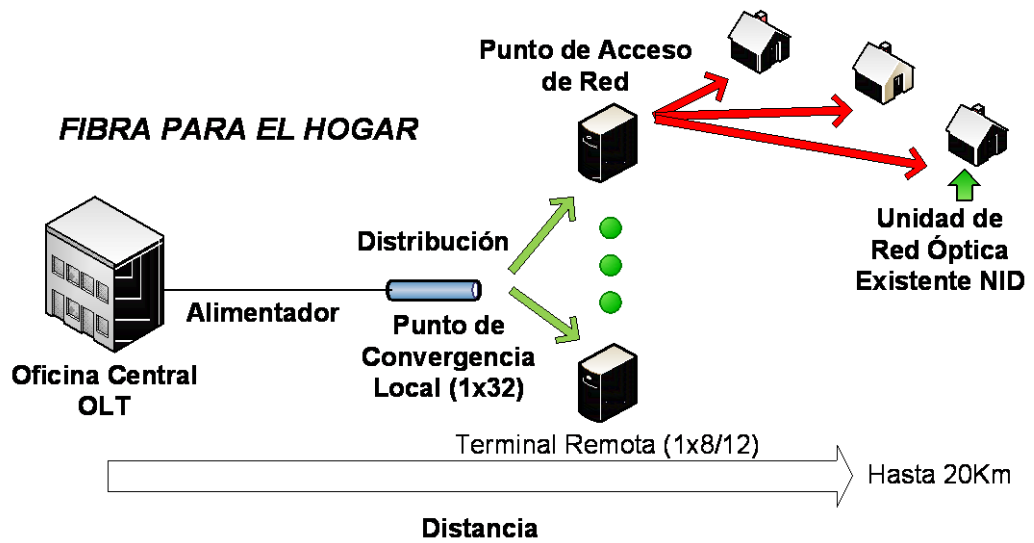
La señal resultante es dividida en términos de potencia por los splitters, hasta conectar todas las ONT con ello queda definida una arquitectura pasiva, por lo tanto capaz de soportar cualquier tipo de red a definir por los equipos activos incorporados en su cabecera.

En conclusión el retorno de la topología FTTx se realiza por medio del Splitter pero sobre otro hilo de fibra óptica de retorno.

Las arquitecturas FTTx más importantes son:

- FTTH (Fibra hasta el Hogar)
- FTTC (Fibra hasta la Acera)
- FTTB (Fibra hasta el Edificio)
- FTTN (Fibra hasta el Nodo)

- En FTTH, o fibra hasta el hogar, la fibra llega hasta la casa u oficina del abonado, como indica la figura 11.

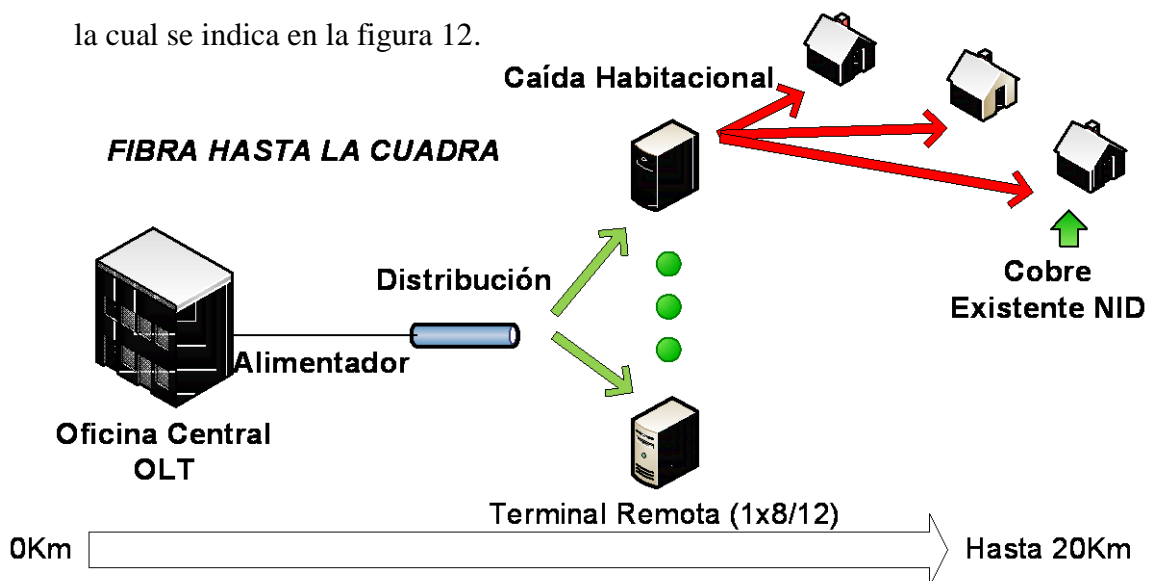


**Figura 11.** Arquitectura FTTH.

Fuente: Investigador.

Elaborado por: Freddy Oviedo.

- En FTTC (Fiber to the curb), que es una arquitectura de fibra hasta la acera la cual se indica en la figura 12.

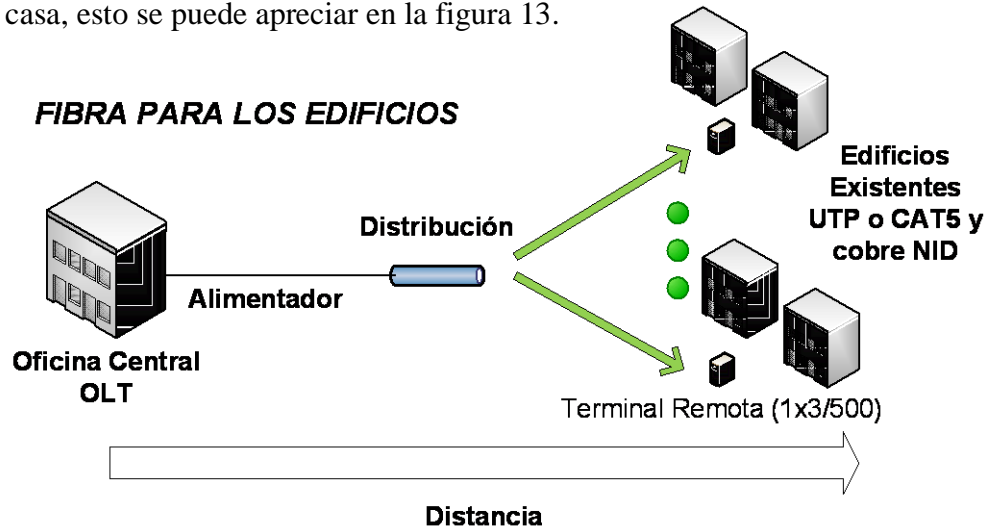


**Figura 12.** Arquitectura FTTC.

Fuente: Investigador.

Elaborado por: Freddy Oviedo.

- FTTB (Fiber to the Building), fibra hasta el edificio, la fibra termina antes, típicamente en un punto de distribución intermedio en el interior o inmediaciones del edificio de los abonados. Desde este punto de distribución intermedio, se accede a los abonados finales del edificio o de la casa, esto se puede apreciar en la figura 13.

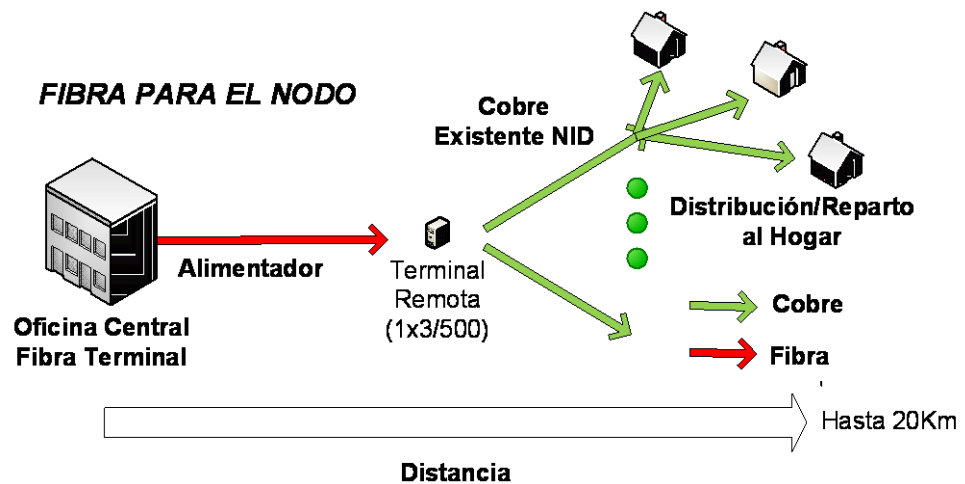


**Figura 13.** Arquitectura FTTB.

Fuente: Investigador.

Elaborado por: Freddy Oviedo.

- FTTN (node o neighborhood). En FTTN o fibra hasta el vecindario, la fibra termina más lejos de los abonados que en FTTH y FTTB, típicamente en las inmediaciones del barrio, lo cual se puede apreciar en la figura 14.



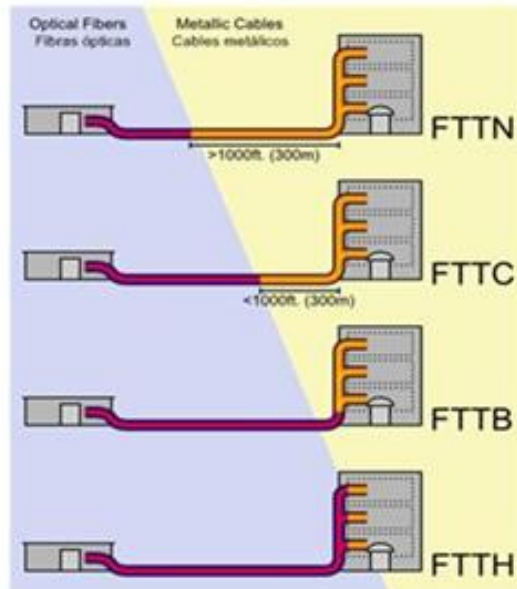
**Figura 14.** Arquitectura FTTN.

Fuente: Investigador.

Elaborado por: Freddy Oviedo.



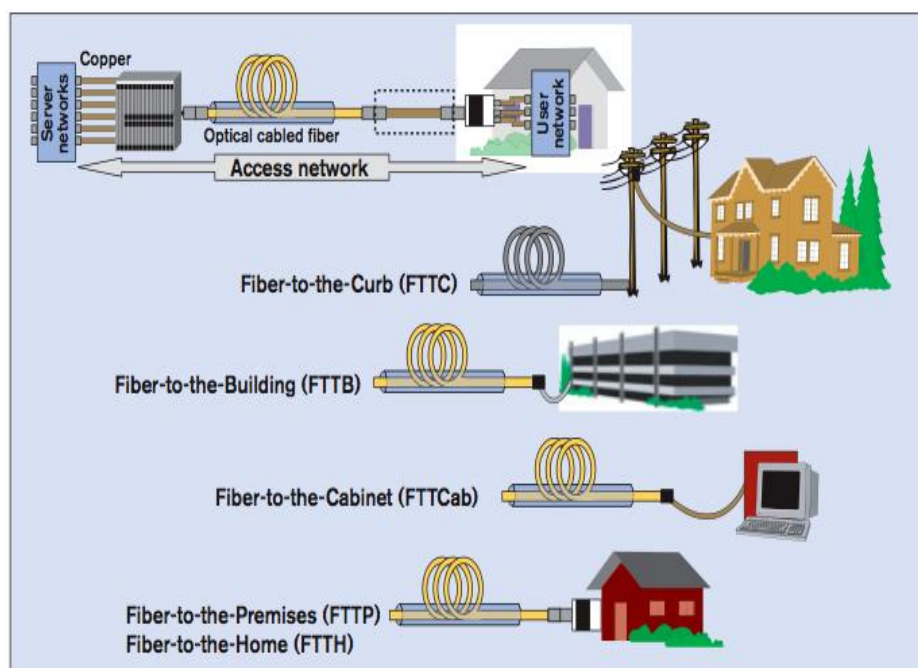
Existen otras arquitecturas como FTTE (Fiber to the Enclosure) o Fibra hasta el armario de distribución. En resumen las topologías de FTTx se muestran en la figura 15 y figura 16.



**Figura 15.** Diferentes Arquitecturas FTTx.

Fuente: "Sistemas de Transmisión."

Elaborado por: Andrés Berrio Cataño.



**Figura 16.** Arquitecturas FTTx.

Fuente: "Sistemas de Transmisión."

Elaborado por: Andrés Berrio Cataño.

Una red FTTx se puede dividir en tres partes principales: la sala de equipos o central, la red de distribución óptica (ODN) y la conexión/ equipos en los locales de los usuarios.

La sala de equipos (equipment room), cabecera (head end) u oficina central (central office) como se quiera llamar, dispone de los equipos necesarios para transmitir y recibir la información de los abonados y de los suministradores de contenidos, por lo tanto debe disponer de equipos receptores de voz, video y datos, para después distribuirlos entre los usuarios utilizando un Terminal Óptico de Red (OLT).

La ODN proporciona los medios ópticos de transmisión desde la OLT hacia el usuario, y viceversa.

La ODN es una parte crítica en las redes FTTx, ya que las cabeceras y los equipos de los usuarios se pueden actualizar fácilmente, durante períodos de 20, 30 o más años y utilizarán la misma ODN, por lo tanto la instalación se debe realizar de forma fiable para poder resistir el paso del tiempo.

### **2.3.8.3 MODULACIÓN EN FIBRA ÓPTICA.**

Las técnicas de modulación y de detección óptica para transmitir información a través de un sistema óptico es necesario modular una propiedad de la portadora óptica con la señal de información. Esta propiedad puede ser la intensidad, la fase, frecuencia o polarización.

La modulación por intensidad se consigue variando simplemente la corriente de excitación de la fuente óptica, en torno a un nivel de polarización, mediante la señal de entrada. El detector óptico convertirá directamente la potencia óptica recibida en corriente eléctrica.

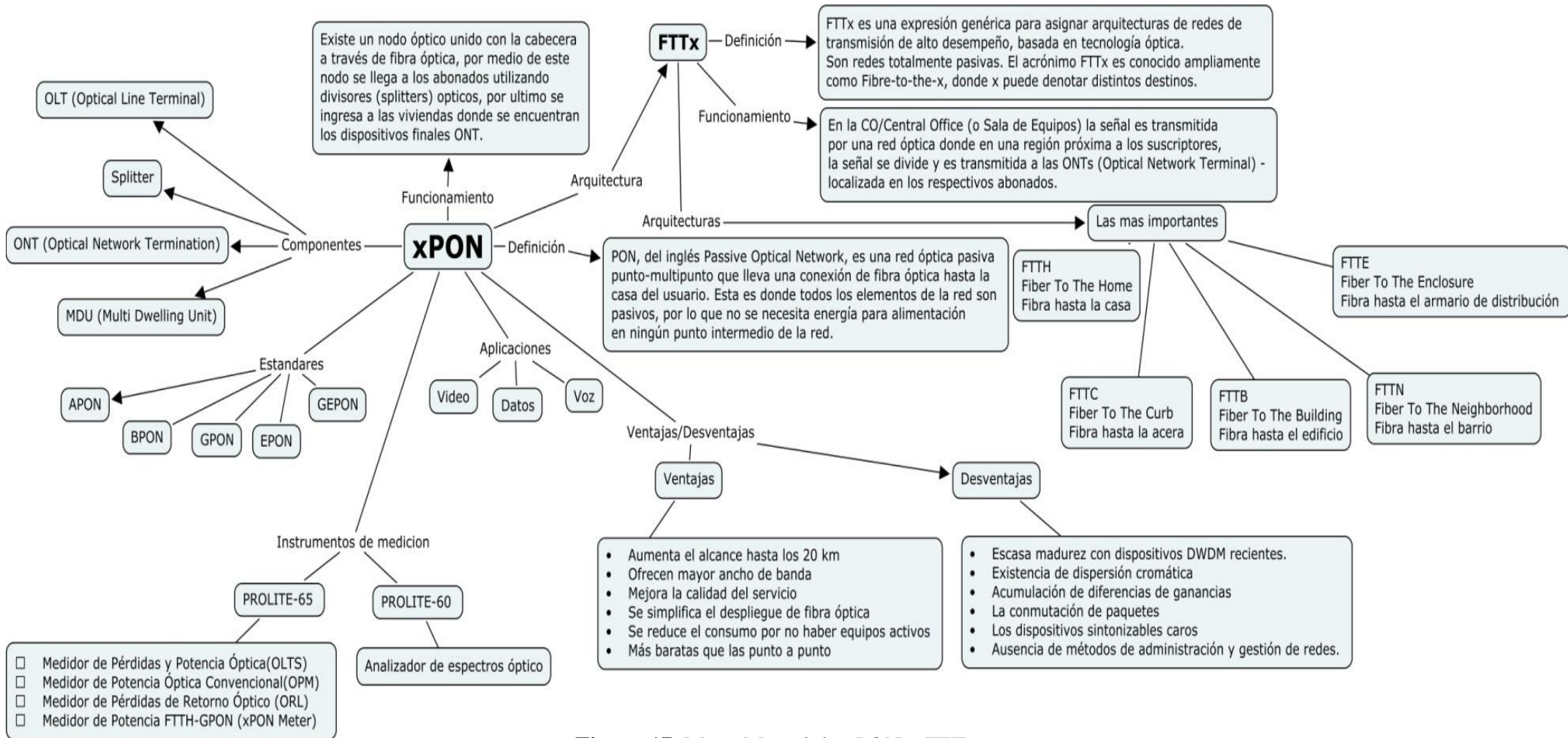
**Técnicas de Multiplexación.-** Para optimizar la transferencia de información sobre un enlace de comunicaciones por fibra óptica es usual multiplexar varias señales sobre una fibra simple.

Es posible transmitir estas señales multicanales multiplexándolas en el dominio del tiempo (TDM), o de la frecuencia, como en un sistema de comunicaciones convencional, antes de la modulación de intensidad por fibra óptica.

Por lo tanto, los esquemas de modulación digital pueden ser extendidos a la operación multicanal por la Multiplexación por división en el tiempo (TDM). Alternativamente un número de canales de banda base pueden ser combinados por la Multiplexación por División de Frecuencias (FDM).

Los dos principales métodos empleados para variar la señal óptica de salida de los diodos láser son: La Modulación PCM (Modulación por Código de Pulso) para sistemas digitales y la Modulación AM (ASK en inglés, Modulación por Desplazamiento de Amplitud), para sistemas analógicos. La limitación para aumentar la velocidad de modulación del láser depende directamente del tiempo de vida de los portadores y de los fotones.

En la figura 17 se muestra un mapa mental de xPON y FTTx.



**Figura 17.** Mapa Mental de xPON y FTTx.

**Fuente:** “Sistemas de Transmisión.”  
**Elaborado por:** Andrés Berrio Cataño.

Si bien es cierto hay diferentes tipos de redes FTTx las cuales son muy útiles para el diseño e implementación de redes de telecomunicaciones pero nos enfocaremos en una en especial, que es la FTTB (Fibra hasta el edificio), que servirá como enfoque para el desarrollo de este proyecto de investigación; de la cual listaremos sus características, generalidades, usos y especificaciones.

#### **2.3.8.4 CARACTERÍSTICAS DE FTTB (Fibra hasta el Edificio).**

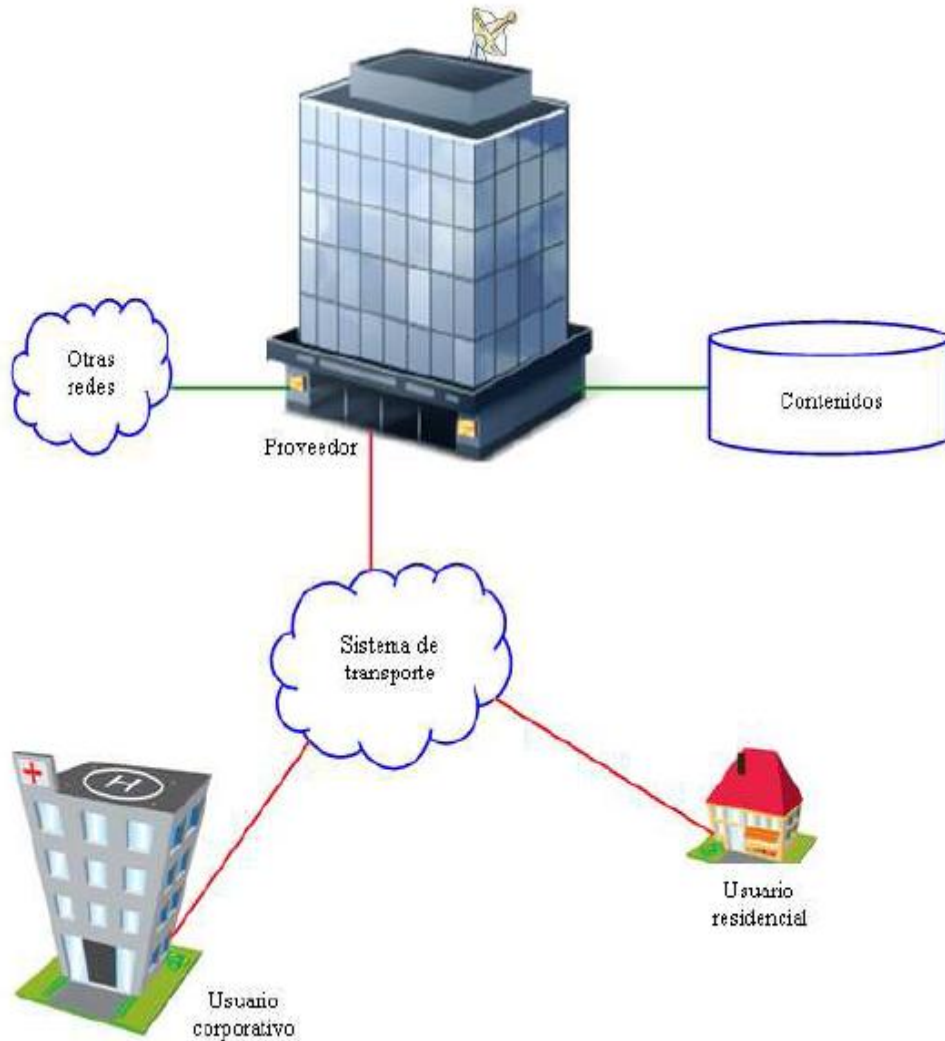
Del inglés *fiber-to-the-building* o fibra hasta el edificio, es una tecnología adoptada por los operadores, la cual depende de muchos factores tales como: el entorno regulatorio, capacidad de inversión, capacidad de realizar nuevas acometidas en los edificios, calidad del par de cobre instalado, etc.

Las redes FTTB son ideales para edificios ya que pueden abarcar gran cantidad de información por el la fibra óptica, esto haría que los servicios dedicados aplicados a cada institución sean eficientes y de calidad.

#### **2.3.8.5 GENERALIDADES DE LA RED DE ACCESO FTTB.**

Las redes de telecomunicaciones están constituidas por diferentes equipos, sistemas, medios de transmisión y conmutación con el fin de que la información viaje de un punto hacia otro.

En las redes de telecomunicaciones se aprecian tres niveles funcionales que son: los proveedores, el sistema de transporte y los usuarios. En la figura 18, se puede observar los niveles funcionales de una red de telecomunicaciones.



**Figura 18.** Una Red de Telecomunicaciones vista en Bloques.

Fuente: Investigador.

Elaborado por: Freddy Oviedo.

### 2.3.9 PROVEEDORES.

Los proveedores tienen como función generar contenidos multimedia que pueden ser transmitidos en tiempo real o almacenados en bases de datos. Dichos contenidos son entregados al sistema de transporte para que por medio de este lleguen a los usuarios.

### 2.3.10 SISTEMA DE TRANSPORTE.

El sistema de transporte abarca a los elementos cuya función es trasladar los contenidos multimedia a los usuarios y atender las solicitudes del mismo de ser el caso.

La estructura de de un sistema de transporte está formado por redes de transporte, backbones y redes de acceso.

Las redes de transporte son el núcleo de un sistema de transporte. Se caracterizan por ser de larga distancia, básicamente se las emplea a nivel nacional o internacional. Las tecnologías que más se utilizan en redes de transporte son SDH, ATM y 10 Gigabit Ethernet.

Los backbones no son más que redes de interconexión, cuya función es interconectar redes entre sí. En general este tipo de redes cubren áreas metropolitanas. Las tecnologías más utilizadas son las mismas que emplean las redes de transporte: 10 Gigabit Ethernet, ATM, etc. En backbones se considera más importantes la velocidad, escalabilidad y transparencia de protocolos, mientras en las redes de transporte el punto más esencial es la capacidad de la red.

### **2.3.11 USUARIOS.**

En los alrededores donde se encuentra el abonado están los interfaces de usuario, los mismos que son los elementos finales de la red encargados de adaptar las señales a interfaces normalizados.

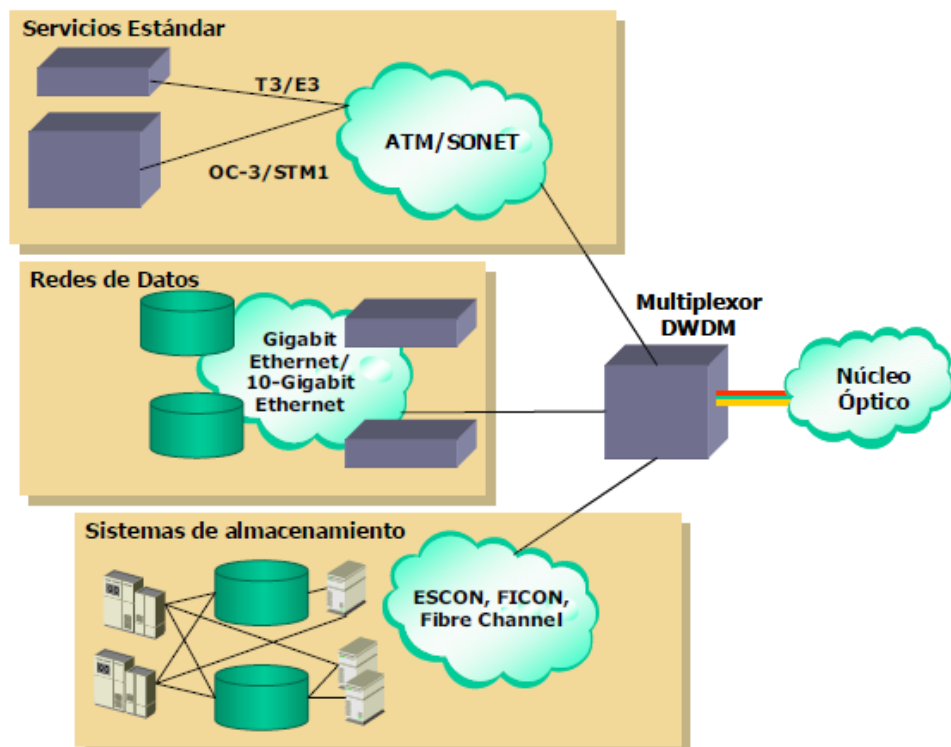
Existen dos tipos de usuarios que son: residenciales y corporativos.

Los usuarios residenciales utilizan la tecnología FTTH (Fibra hasta el Hogar), este tipo de red lleva servicios de telecomunicaciones al usuario a su propia casa.

Para los usuarios corporativos se utiliza la tecnología FTTB (Fibra hasta el Edificio), la cual ofrece servicios dedicados exclusivos para empresas de gran demanda de envío y recepción de información a gran velocidad de respuesta.

Las conexiones sobre fibra directa o vía sistemas DWDM se están incrementando y siendo cada vez más frecuentes. Hoy las redes privadas ópticas pueden ser usadas para transportar cualquier protocolo a cualquier tasa de transferencia de datos.

Las tecnologías que se están desarrollando para llevar la fibra directa hasta las empresas, pretenden integrar un rango de servicios que va desde el estándar SONET/SDH y ATM, a Gigabit Ethernet, a ESCON (Enterprise System Connection), a FICON (Fiber Connectivity) y variedad de posibles tráfico de Red incluyendo almacenamiento, sistemas estándares, etc. Así por ejemplo, una empresa puede escoger tener 10 puertos de ESCON con funcionalidad TDM o 8 puertos Gigabit Ethernet o Fiber Channel en una longitud de onda, etc. Así como se puede apreciar en la figura 19.



**Figura 19.** Tecnologías de Fibra directa en Empresa.

**Fuente:** "Sistemas de Transmisión."

**Elaborado por:** Andrés Berrio Cataño.

Los canales ESCON (Enterprise System Connection) proporcionan enlaces bidireccionales de 17 Mbps en distancias de 3 Km sobre fibra óptica.

Los canales FICON (Fiber Connectivity) proporcionan enlaces bidireccionales de 100 Mbps en distancias de más de 20 Km sobre fibra óptica y sin repetidores.



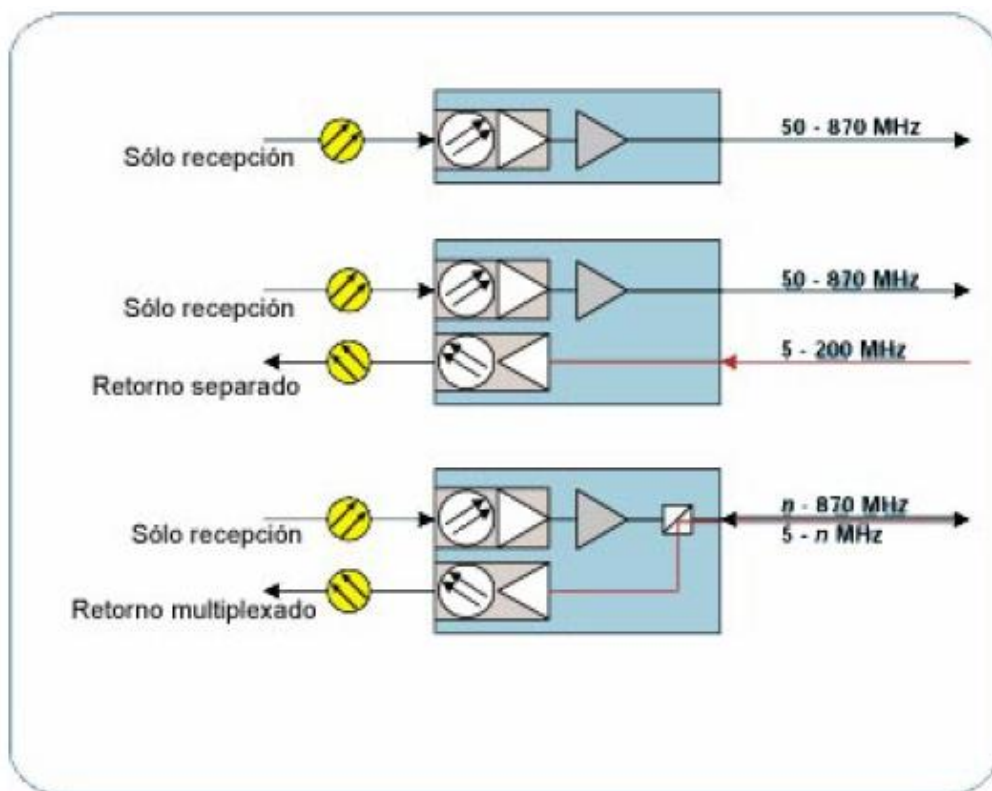
A menudo SONET/SDH es etiquetado como “viejo mundo”, porque es una tecnología TDM optimizada para tráfico de voz. Su capacidad para proporcionar gran ancho de banda para transportar datos, es la principal razón por la que se usa en Internet y en redes de datos de grandes empresas.

En las tecnologías que se desarrollan para llevar la fibra óptica hasta el usuario residencial, los nodos receptores ópticos FTTH/FTTC con capacidad de retorno se usan en sistemas que proporcionan transmisión por fibra directa al hogar, al edificio o a múltiples usuarios residenciales (un edificio de apartamentos u oficinas). Estas tecnologías están diseñadas para usar sistemas CATV en fibra directa hasta el hogar. Proporciona alto rendimiento en la banda 50 – 870 MHz y amplia ventana óptica (1310 nm y 1550 nm).

La arquitectura de los sistemas FTTH/FTTC ha sido diseñada en función de los siguientes parámetros: a) Transmisión simultánea de video de alta calidad, voz y datos a cada hogar/acera, b) Transmisión bidireccional, c) Compatibilidad con los sistemas WDM, d) Máxima fiabilidad debida a los dispositivos ópticos pasivos. Esta arquitectura incorpora la capacidad de transmisión de video en formato analógico y transmisión de video digital comprimido.

Los sistemas FTTH/FTTC son diseñados para operar con varias opciones como se muestra en la figura 20:

- a) Como una unidad sólo receptora.
- b) Como un transmisor con retorno para un esquema con dos fibras o un esquema con full dúplex.



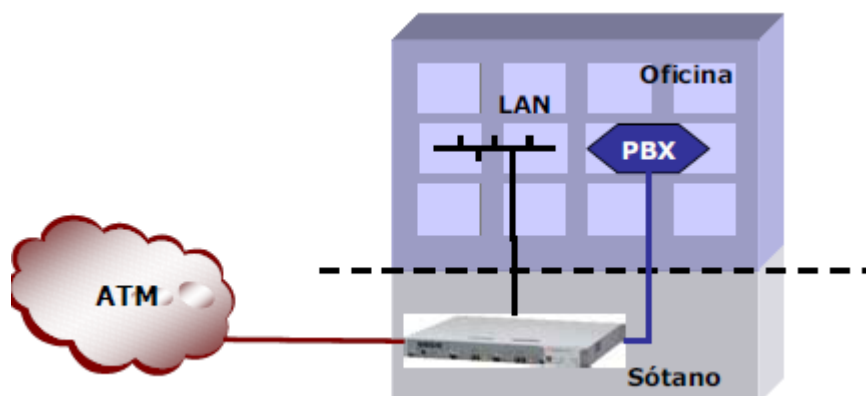
**Figura 20.** Funcionamiento de sistemas de recepción FTTH/FTTC.

Fuente: "Fibra Directa.pdf"

Elaborado por: Bill St. Arnaud.

*a) Fibra hasta la Oficina (FTTO Fiber to the Office).*

Con equipos que proporcionan conectividad de LANs y PBX (voz y datos) de la oficina con equipos ATM usando concentradores de acceso multiservicio. Esta tecnología es la apropiada para usuarios empresariales y operadores de red, como se puede apreciar en la figura 21.



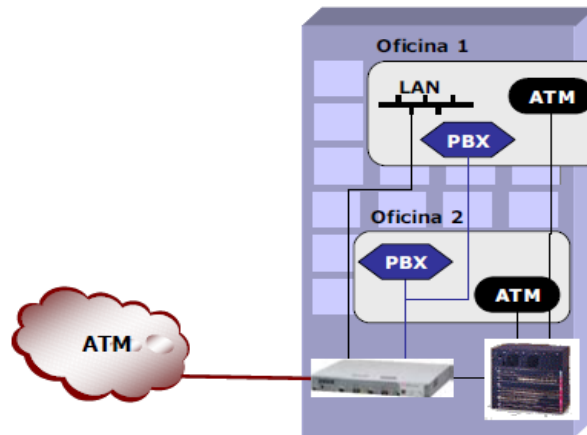
**Figura 21.** Fibra hasta la oficina FTTO.

Fuente: "Fibra Directa.pdf"

Elaborado por: Bill St. Arnaud.

**b) Fibra hasta el edificio/acera (FTTB/C Fiber to the Building/Curb).**

Con equipos que conectan switch ATM a redes portadoras sobre un enlace de fibra STM-1/OC-3 o STM-4/OC-12, que se puede apreciar en la figura 22.



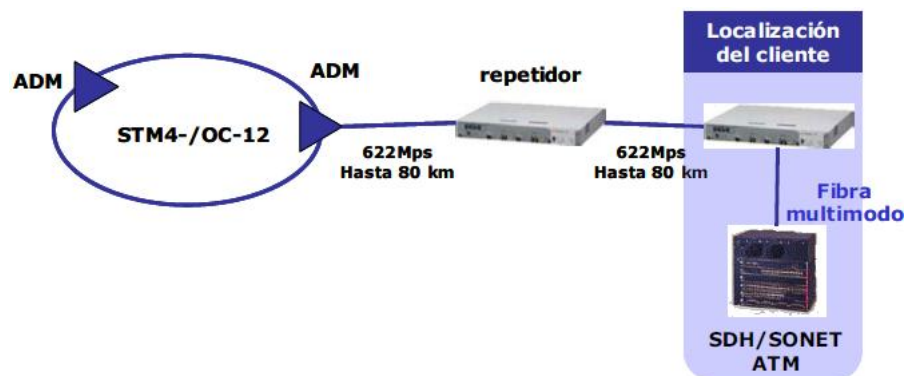
**Figura 22.** Fibra hasta el edificio/acera FTTB/C.

Fuente: "Fibra Directa.pdf"

Elaborado por: Bill St. Arnaud.

**c) Convertidores/Repetidores.**

Equipos con menor coste que los interfaces ópticos de fibra de routers, dispositivos ATM y ADM, a la hora de extender el enlace de fibra óptica. Esta tecnología sería la apropiada para operadores con redes ATM y SDH/SONET, para proveedores de servicios que quieren extender el rango de los dispositivos ATM, ADM y routers y para conexión punto a punto de empresas. Un ejemplo de redes de 622 Mbps se puede ver en la figura 23.



**Figura 23.** Enlaces de Fibra Óptica con repetidores.

Fuente: "Fibra Directa.pdf"

Elaborado por: Bill St. Arnaud.

### **2.3.12 LA ARQUITECTURA DE LA RED FTTB.**

Como anteriormente se mencionó FTTB significa Fibra hasta el edificio, permite la transmisión de información a altas velocidades aprovechando las ventajas de la fibra óptica y los sistemas de distribución ópticos.

Este tipo de arquitectura se está empezando a implementar en la actualidad y puede tener buenos resultados puesto que es más económica que arquitecturas similares como FTTH (Fibra hasta el hogar) debido a que en este caso se llega con fibra óptica hasta el hogar o domicilio donde se encuentra el abonado, razón por la cual los costos se incrementan.

Con FTTB en cambio, llega una sola terminal de red óptica (ONT) hasta el edificio y es compartida por todos los abonados en el edificio. Desde la terminal de red óptica hasta el abonado o usuario se tiene cobre con tecnología que puede ser del tipo xDSL.

La arquitectura de red o topología, se desarrolla en base a los servicios que soporta y por el grado de penetración de la red; estos dos aspectos van a definir el mercado objetivo, al área formada por la ubicación física de los usuarios se la divide en pequeñas zonas llamadas celdas, esta división esta bajo el criterio de cada operador, que generalmente se basa en el número de clientes potenciales que podrían abonarse (también llamados clientes pasados). De la división de celdas se pueden definir dos tramos en la red de acceso:

- La red de acceso.
- La red de distribución o reparto.

### **2.3.13 RED DE ACCESO PARA FTTB.**

A la última parte de la red de telecomunicaciones y que tiene el punto de conexión con el cliente se le denomina red de acceso o ultima milla, de sus características dependerá, en parte, la cantidad y la calidad de los servicios a los que los usuarios

pueden acceder. Propiamente la red de acceso con FTTB y VDSL2 es aquella infraestructura que va desde la central o cabecera hasta el usuario.

### 2.3.14 RED DE REPARTO PARA FTTB.

A este tramo también se le llama bucle local, conecta a una cabecera secundaria con el usuario. Aquí va a estar la gran diferencia para los requerimientos de los servicios a los que van a tener acceso los usuarios.

### 2.3.15 ELEMENTOS BÁSICOS DE LA ARQUITECTURA FTTB.

Básicamente se encuentran 4 elementos principales en la arquitectura FTTB que fueren descritos anteriormente, estos son:

- Cabecera
- Terminal de línea óptica (OLT)
- Fibra Óptica
- Terminal de red óptica (ONT)

En la figura 24 se muestra los elementos básicos de la arquitectura FTTB.



**Figura 24.** Elementos básicos de la arquitectura FTTB.

**Fuente:** "Redes y Servicios de Banda Ancha"

**Elaborado por:** Huidrobo J. Roldán D.

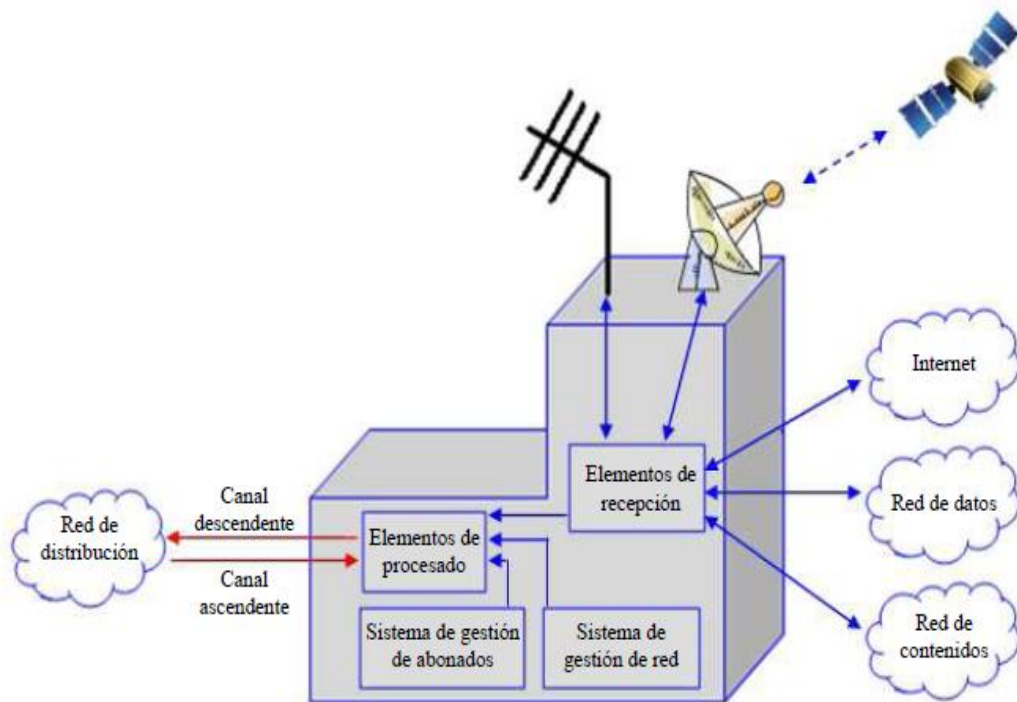
### 2.3.16 CABECERA.

Es el primer elemento jerárquico en una red, el cual tiene como función receptor las señales de satélite y/o terrestres para procesarlas y generarlas hacia los usuarios, el diseño de la cabecera se realiza en base a las funciones que se quiera

que esta realice, este diseño es importante, puesto que es la que proporcionará en gran medida la calidad de la red de acceso.

Del exterior de la cabecera llegan a ésta diversas señales hasta los elementos de recepción provenientes de diferentes fuentes, siendo los tipos de entradas más frecuentes: vía terrestre, microondas, vía satélite, vía cable, etc.

En la figura 25 se puede apreciar el gráfico en bloques de una cabecera.



**Figura 25.** Una cabecera en forma esquemática.

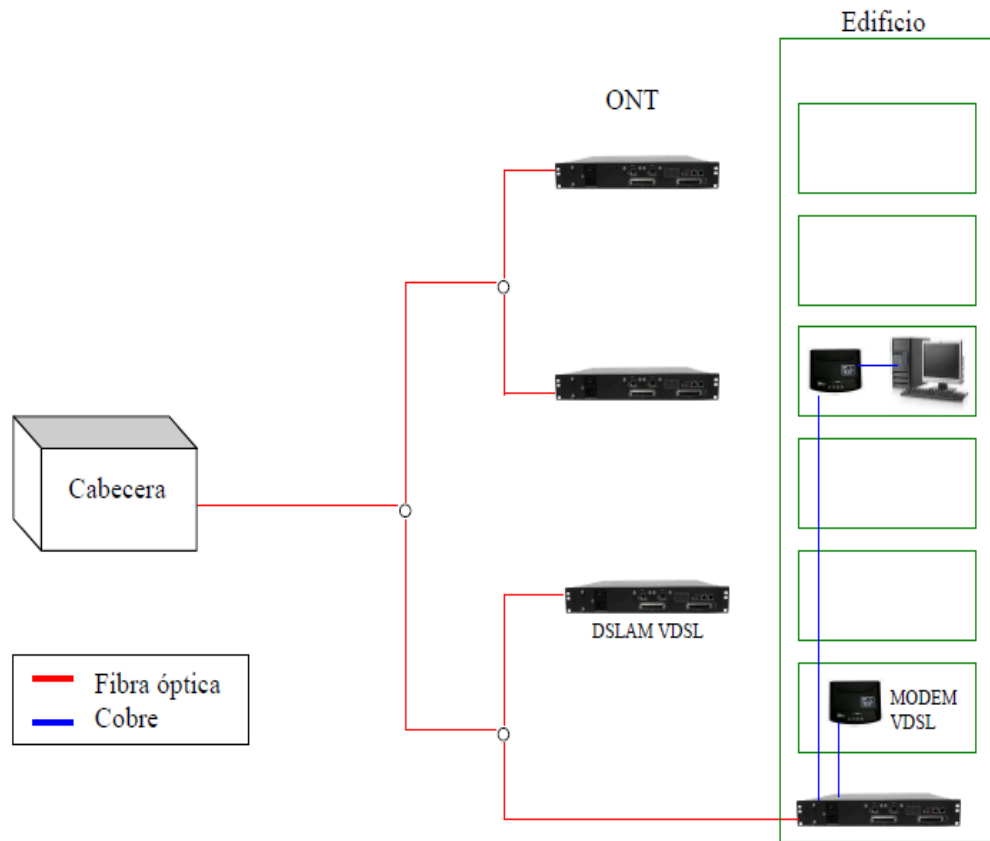
Fuente: “Redes y Servicios de Banda Ancha”

Elaborado por: Huidrobo J. Roldán D.

VDSL puede ser utilizada para proporcionar televisión de alta definición (HDTV) debido a que tiene un gran ancho de banda, así como las aplicaciones que requieran de altas tasas de transferencia.

La fibra óptica explicada anteriormente es la encargada de realizar el enlace entre la cabecera y el edificio de abonados.

En la figura 26 se muestra la tecnología VDSL utilizando arquitectura FTTB.



**Figura 26. VDSL con FTTB.**  
**Fuente:** “Redes y Servicios de Banda Ancha”  
**Elaborado por:** Huidrobo J. Roldán D.

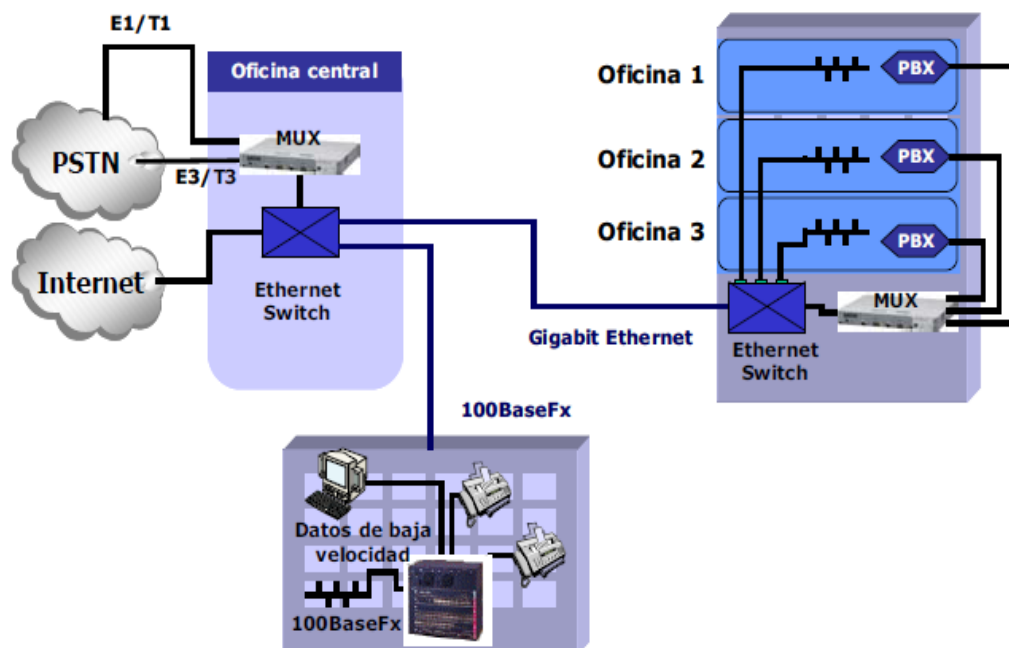
Con VDSL y arquitectura FTTB se puede llegar a un edificio para proveer los servicios de banda ancha a los usuarios. El DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) se encuentra ubicada dentro del edificio y permite la Multiplexación de tal manera que varios clientes compartan una misma fibra óptica.

Se puede visualizar que es una arquitectura híbrida pues utiliza fibra óptica y cobre.

Con soluciones que permiten proporcionar una variedad de servicios a un edificio, a través de un simple enlace de fibra con una Oficina Central.

### 2.3.17 APLICACIONES.

Una aplicación típica sería Fibra hasta el edificio/acera FTTB/C. Esta tecnología sería adecuada para usuarios corporativos con redes privadas y operadores de red metropolitana, esto se observa en la figura 27.



**Figura 27.** Fibra hasta el edificio/acera.

Fuente: "Fibra Directa.pdf"

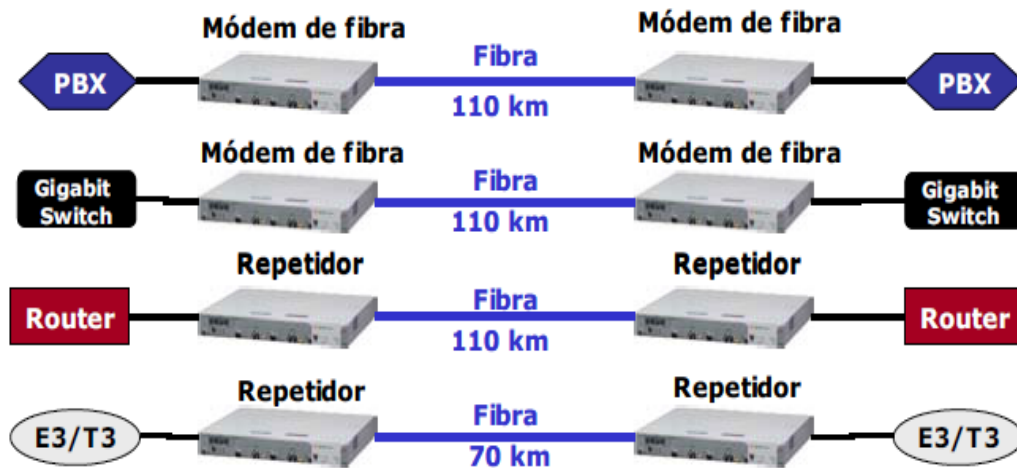
Elaborado por: Bill St. Arnaud.

Como ya se mencionó con anterioridad se aplican para redes privadas de empresas, universidades, administración, etc., en donde existen variedad de datos, voz y servicios sobre LAN.

Estas redes, que tienen su propia fibra oscura (fibras instaladas que no están siendo utilizadas), necesitan más flexibilidad y fiabilidad, además de poder extender su propia red formando diferentes campus interconectados. Se usan convertidores/repetidores, módems de fibra óptica y multiplexores.

Otro ejemplo es la aplicación punto a punto sobre fibra oscura, muy útiles para conectar sitios remotos, como se puede apreciar en la figura 28.





**Figura 28.** Aplicaciones punto a punto sobre fibra oscura.

Fuente: "Fibra Directa.pdf"

Elaborado por: Bill St. Arnaud.

Los elementos de red característicos suelen ser:

- ✓ "Módems de Fibra Óptica (FOM, Fiber Optic Modem) con funcionalidades diferentes dependiendo de sus características:
  - 1) Diferentes tasas de Bits.
  - 2) Diferentes tipos de fibras multimodo y monomodo.
  - 3) Interfaces digitales diferentes (V.24/RS232, V35, X.21,...).
  - 4) Funcionamiento síncrono y asíncrono.
  - 5) Diferentes interfaces ópticos (850, 1300, 1550 nm.).
- ✓ Nodos de Acceso Multiservicio (Multiservice Access Node) que soportan tramas tipo STM-1, E3, T3, E1, T1, nx64, y ISDN.
- ✓ Convertidores/Repetidores que pueden soportar dependiendo de sus características, 51 Mbps OC-1, 155 Mbps OC-3/STM-1, 622 Mbps STM-4/OC-12, FDDI, Fast/Giga Ethernet.
- ✓ Concentradores de Acceso Multiservicio que proporcionan una plataforma de servicios para routers, PBX, LAN, etc.
- ✓ Multiplexores de Fibra Óptica que integran múltiples enlaces de datos E1, E3, Ethernet, sobre fibras monomodo o multimodo.
- ✓ Pasarelas TDMoIP que conectan la red IP a la red telefónica básica."(Fibra Directa.pdf P 8)

- ✓ Unidades de Terminación de Red (NTU, Network Termination Units) para redes TDM o redes ATM.

Las tecnologías FTTx y fibra directa serán capaces de manejar todos los requerimientos del usuario final de voz, datos y video en el futuro previsible, pero en la actualidad estas tecnologías descritas, no se pueden considerar como maduras, porque no siguen ningún estándar y proporcionan diferentes soluciones dependiendo de los diferentes fabricantes.

Las empresas y los proveedores de servicios pueden explotar su propia fibra oscura y fabricar una infraestructura que soporte el estándar de red más popular y barato Gigabit Ethernet. Una tecnología basada en fibra oscura y Gigabit Ethernet junto a una nueva forma WDM llamada CWDM (Coarse Wavelength División Multiplexing) está permitiendo a pequeños ISPs y operadores de Red regionales desplegar sus propios sistemas. La tecnología 10xGigabit Ethernet junto a CWDM, más barata que DWDM, combinada con fibra oscura facilita la creación de redes en las que el usuario y el portador controlan la red y eligen la tecnología usada en ella. CWDM es más barata que DWDM porque amplía el espacio entre longitudes de onda y los requerimientos para la estabilidad del laser y filtros pasabanda pueden ser menos estrictos que en DWDM.

- ✓ **OPTera Metro** es una tecnología de Nortel que permite al ISP usar su fibra oscura para obtener una plataforma multiservicio (IP, ESCON, FICON, FDDI, ATM, Fiber Channel, TDM), y con protocolo de tasa de datos independiente.
- ✓ **El SRP** (Spatial Reuse Protocol) es una tecnología desarrollada por Cisco para transporte de paquetes sobre un anillo de fibra óptica usando conexión a:
  1. SONET/SDH ADM.
  2. DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing System).
  3. Directo a fibra o fibra directa.

- ✓ **FTTH de CISCO** proporciona dispositivos de conversión entre enlaces ópticos 1000 Base-T y una conexión de usuario 10/100/1000 BASE-T.
- ✓ **FTTX de Synchronous** proporciona instalaciones de fibra directa hasta la acera o edificio.
- ✓ **RAD Data Communications** ofrece múltiples soluciones de acceso sobre fibra para diferentes tecnologías:

ATM con:

- a. Fibra hasta la Oficina FTTO con equipos que proporcionan conectividad de LANs y PBX de la oficina con equipos ATM.
- b. Fibra hasta el edificio/acera FTTB/C con equipos que conectan switch ATM a redes portadoras sobre un enlace de fibra STM-1/OC-3 o STM-4/OC-12.
- c. Convertidores/Repetidores con menor coste que los interfaces ópticos de fibra de routers, dispositivos ATM y ADM, a la hora de extender el enlace de fibra óptica.

SDH/SONET con:

- a. Fibra hasta la oficina con soluciones diferentes, por ejemplo conectando 24 módems de fibra óptica a múltiples puertos ADM; o bien, concentrando múltiples enlaces de fibra a puertos E3 o T3. Ofrece aplicaciones típicas como servicios en la última milla.
- b. Fibra hasta el edificio con soluciones que permiten proporcionar una variedad de servicios a un edificio a través de un simple enlace de fibra. Un ejemplo de aplicación típica es Fibra hasta la acera, basado en un multiplexor o un nodo de acceso multiservicio (situados en una cabina de la calle), que integra múltiples canales E1/T1, con varios puertos de datos sobre un enlace de fibra para distancias de 110 Km.
- c. Convertidores/Repetidores.

ETHERNET MAN con:

- a. Fibra hasta el edificio/acera.
- b. Fibra hasta la oficina.
- c. Convertidores/Repetidores.

CAMPUS con:

- a. Anillo Fast Ethernet.
  - b. Encadenamiento de Fast Ethernet.
  - c. Punto a Punto
  - d. Topología de campus Disperso.
- ✓ **FTTH/B ERICSSON** ofrece soluciones de telefonía con voz sobre IP y acceso simétrico de 10 Mbps de ancho de banda para redes ópticas sobre Ethernet.

### **2.3.18 MERCADO.**

La tendencia del mercado es la de ir acercando la fibra al usuario final a medida que los equipos ópticos en el hogar FTTH/FTTC tengan menor costo. Esta es la razón por la que varias compañías telefónicas a nivel mundial están experimentando con conexiones de fibra óptica en el hogar, ante la previsible demanda en el plazo de tres a cinco años.

El crecimiento del mercado en las tecnologías de transporte de datos y almacenamiento óptico está dirigido por las empresas y los proveedores de servicios. Las empresas demandan soluciones de red de alta capacidad, por ejemplo tráfico GigaEthernet (10, 100), y los proveedores de servicios el rápido provisionamiento de nuevos servicios sobre sistemas DWDM.

Con el uso de transmisores analógicos y señales digitales comprimidas las redes FTTx pueden llegar a tener a largo plazo, el mismo costo que una red HFC, pero mayor flexibilidad y viabilidad.

En la actualidad las ventajas de las tecnologías FTTx están lejos de tener más peso que el costo de la fibra óptica y sus equipos asociados.

### **2.3.19 PRESTACIONES.**

Una de las mayores ventajas de las fibras ópticas y por tanto de las redes de fibra, es su teórico gran ancho de banda, que solo viene limitado por el costo asociado a los transmisores y receptores ópticos y electrónicos. Según las especificaciones de la mayoría de los fabricantes se usa el espectro en el intervalo 50 MHz – 800 MHz para el canal descendente con intervalos diferentes para canales analógicos y digitales comprimidos y desde 45 MHz – 5 MHz para el canal ascendente, coexistiendo con los servicios de POST (Power On Self Test) y ISDN (Integrated Services Digital network).

La capacidad nominal y el caudal efectivo depende de las diferentes soluciones que proporcionan los diferentes fabricantes.

### **2.3.20 ADECUACIÓN A LOS SERVICIOS CONSIDERADOS.**

A los servicios de una red de fibra se los puede agrupar en:

- 1. Distribución de TV.** Estos servicios están relacionados con los sistemas CATV y requieren una bidireccionalidad sencilla y de baja capacidad. Se envía muy poca cantidad de información por el canal ascendente (desde el usuario hacia la cabecera). El servicio PPV (PAY-PER-VIEW, pago por visión o pago por ver) permite escoger programas que deseamos ver y sólo estos serán decodificados previo pago de una cuota. La digitalización y comprensión de señales de video permite cada vez un mayor número de canales difundiéndose simultáneamente por la red. El servicio de VoD (video bajo demanda, Video on Demand) puro para muchos abonados requiere sistemas en cabecera complejos y de gran capacidad.
- 2. Servicios de Telefonía.** La mayoría de los fabricantes hablan de voz sobre IP (VoIP), que permite implementar nuevos servicios con menor costo y evita la dependencia de un solo suministrador. Hay parámetros que pueden

disminuir la calidad de servicio de telefonía VoIP, como son la pérdida de paquetes por la congestión de la red, la variación del retardo por procesos de enrutamiento y la latencia derivada de la red de conmutación de paquetes.

**Acceso a Internet.** Los servicios sobre Internet necesitan cada día más, una gran velocidad de acceso a las redes que posibilite el teletrabajo, telemedicina, videoconferencia, comercio electrónico, servicios web, que implican la transmisión de voz, datos, imágenes fijas o animadas y video digitalizado. Estos servicios de banda ancha requieren bidireccionalidad y altas velocidades del orden de Mbps. Se puede decir que las redes de fibra directa son adecuadas para los servicios de Internet y datos que se adaptan al crecimiento esperado de las aplicaciones punto a punto y multimedia.

- 3. Servicios Interactivos.** Juegos, teletexto interactivo, telecompra, videojuegos interactivos. Estos servicios requieren interactividad en diferentes grados y tiempos de respuesta pequeños entre usuarios; estos dos parámetros siempre estarán garantizados con el ancho de banda que proporcionan las redes de fibra óptica.

### **2.3.21 ASPECTOS REGULATORIOS Y DE NORMALIZACIÓN.**

Las tecnologías de fibra óptica directa con Ethernet en la primera milla es una parte del futuro estándar de IEEE en el grupo 802.3ah.

Existe un organismo Fiber to the Home Council formado en el 2001, por diferentes compañías del mundo de las telecomunicaciones, redes de computadores, aplicaciones y proveedores de servicios y contenidos, que tienen como misión promover el desarrollo de las tecnologías FTTH y educar al usuario en las oportunidades y beneficios de las soluciones de fibra hasta el hogar.

En la actualidad los sistemas B-PON (Broadband-PON) incorporan WDM y están estandarizados por ITU-T como G-983.1, 2, 3. FSAN proporciona servicios de telefonía y servicios multimedia incluyendo acceso a Internet a 10 Mbps para

usuarios residenciales y empresariales. Los sistemas de acceso B-PON y las redes de distribución óptica (ODN, Optical Distribution Network) forman una arquitectura de redes de acceso a las tecnologías FTTX.

### **2.3.22 ESCALABILIDAD.**

“Las instalaciones de FTTH en USA se han incrementado en un porcentaje del 200% en los últimos 12 meses, con más de 50 ciudades o comunidades que han desarrollado fibra hasta el hogar. Este aumento, marca una tendencia y es debido a dos factores, el primero el incremento de la demanda del usuario residencial y el segundo al previsible reducido costo de los sistemas FTTH. Según FTTH Council un porcentaje entre el 60 y 80% de usuarios americanos expresan su interés por recibir servicios FTTH.” (Fibra Directa.pdf P 11)

Una de las mayores ventajas de las redes de fibra directa como ya se explicó anteriormente, es su gran ancho de banda, que solo viene limitado por el costo asociado a los transmisores y receptores ópticos, más que al de la propia fibra óptica. Este casi ilimitado ancho de banda permite un crecimiento sin “cuellos de botella” en el bucle local, a medida que la demanda del ancho de banda del usuario residencial o empresarial aumente.

Un caso de estudio de la arquitectura B-PON, viene dado por las especificaciones técnicas comunes, elaborados por cinco grandes operadoras de telecomunicaciones (NTT, Bellsouth, FT, BT y SBC), que están basadas en las especificaciones ITU-T G983.1. Por ejemplo Bellsouth ha preparado un proyecto para dar servicio FTTH a 400 usuarios residenciales con las siguientes características:

1. El usuario final tiene un interface 10/100 Base-T.
2. El canal descendente es de 1,5 Mbps y el ascendente de 256 Kbps.
3. El video PON proporciona 80 canales analógicos en la banda 50-550 MHz y 200 canales digitales en la banda 550-750 MHz.
4. La telefonía la suministran al usuario por par de cobre.

Otro caso de estudio es FTTH Trial Palo Alto. Este proyecto de la ciudad de Palo Alto (California) proporciona a cada usuario residencial un enlace de video, tres enlaces telefónicos y un enlace de Internet de 4,5 Mbps en el canal ascendente y 7 Mbps en el descendente. El proyecto, con tecnología Marconi, ha seleccionado 70 usuarios residenciales para evaluar los objetivos de la prueba (costo del modelo, plan de negocio, precios de los servicio, etc.)

Otros casos de estudio que se pueden analizar se dan en países y zonas con poco desarrollo de redes de acceso, y que por tanto tienen poco bucle local de cobre. En estos países es en donde las compañías portadoras se plantean el objetivo de proporcionar redes de fibra en la última milla. Un ejemplo en ciudades de Colombia “Fiber Metro Network”, en donde a partir de una red metropolitana sobre fibra STM-16 (con diferentes compañías portadoras como Telefónica, ATT, Bell y otros), se resuelve el problema de la última milla enlazando el núcleo de la red, con fibra hasta el usuario final. El usuario final dispone de un modem de fibra óptica que soporta los interfaces V.35 y E1, siendo el bucle local de fibra óptica hasta el nodo de distribución.

### **2.3.23 COSTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y CRECIMIENTO**

Los costos de despliegue de la infraestructura subterránea de una red de fibra son elevados, debido a la obra civil que implica las canalizaciones que alojan los cables de fibra óptica. Una buena planificación y diseño del despliegue usando canalizaciones ya existentes de los gobiernos municipales y regionales, así como diferentes empresas del gas, agua o electricidad, supone un gran ahorro en costos y tiempos. También se puede usar los sistemas de alcantarillado de las ciudades para desplegar cables usando robots.

El crecimiento de las redes de fibra vendrá dado por el aumento del número de usuarios empresariales y residenciales. Cada nodo óptico o centro de distribución tiene capacidad para atender a un número determinado de abonados. Si el número de abonados aumenta, aumentará la densidad de nodos, así como los bucles locales de fibra óptica, con el aumento de costos en la infraestructura de red.



Un problema sin resolver es la alimentación de los equipos FTTH en el hogar del usuario ante la caída de la señal eléctrica.

Lo que se observa con los diferentes planes existentes para introducir las tecnologías FTTx, es que las empresas y operadoras de telecomunicaciones están estudiando el costo de los diferentes modelos de red de acceso, el plan de negocio y los precios de los servicios a suministrar al usuario final.

#### **2.3.24 CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES, METEOROLÓGICAS Y GEOGRÁFICAS.**

Las redes de fibra óptica, fibra directa, FTTx y en general las redes de cable al ser instalaciones subterráneas no causan ningún impacto medioambiental, ni ningún tipo de radiación o emisión hacia el exterior.

Los equipos ópticos asociados a las instalaciones FTTx se instalan en el interior del hogar o edificio con condiciones ambientales controladas, con lo que las circunstancias meteorológicas no tienen ninguna incidencia sobre los equipos. En las instalaciones FTTC puede haber equipos que se instalan en cabinas en las aceras de la calle, por tanto a la intemperie.

## **2.4 HIPÓTESIS**

¿El diseño de la Red de Acceso con Fibra Óptica mediante tecnología FTTx para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. en la zona Sur de Ambato optimizará espacios y servicios?

## **2.5 VARIABLES**

**2.5.1 Variable Independiente.-** Red de Acceso con Fibra Óptica mediante tecnología FTTx.

**2.5.2 Variable dependiente.-** Optimizar espacios y servicios.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.**

El trabajo investigativo de la red de acceso mediante FTTx con fibra óptica se contextualizó en la modalidad de investigación de campo y bibliográfica, debido a que los hechos se estudiaron en primera instancia en base a normas legales que se encuentran tipificadas en diversos códigos, leyes, reglamentos, normas de telecomunicaciones y demás.

Además, se realizó el presente trabajo en la empresa CNT E.P. (Corporación Nacional de Telecomunicaciones Empresa Pública) sucursal Ambato Sur, lo cual será de gran utilidad para obtener elementos de apoyo necesarios para la culminación del proyecto.

#### **3.2 TIPOS DE INVESTIGACIÓN.**

El presente diseño de Red de acceso mediante tecnología FTTx es de carácter exploratorio, ya que a través de ella se reconoció las variables que nos compete, el nivel descriptivo permitió caracterizar la realidad a investigarse, el nivel correlacional dilucidó el grado de relación entre las variables en estudio y finalmente el nivel explicativo detectó las causas de determinados comportamientos y canalizó la estructuración de propuestas de solución a la problemática analizada.

Por el enfoque fue una investigación cuantitativa pues se obtuvo información directa de los investigados, en virtud de los cuales fue factible realizar un análisis crítico de los resultados y proponer alternativas de solución.

### 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.

Para el diseño de la Red de Acceso con Fibra Óptica mediante tecnología FTTx para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E. P. en la zona Sur de la ciudad de Ambato, se tomó en consideración a los establecimientos corporativos y sus departamentos técnicos para FTTB (Fibra para los Edificios) pertenecientes al lugar, de los cuales se obtuvo un número total de posibles clientes que servirá para el desarrollo del proyecto.

Al ser un trabajo de investigación de carácter técnico, el diseño brinda servicios dedicados (voz, datos, video e Internet), se tomó una muestra a una población de 500 usuarios:

Donde: **N:** Tamaño de la Población =>(100)

**E:** Error o Precisión =>(0.05)

**n:** Tamaño de la Muestra

**Z:** Nivel de Confianza =>(1.96)

**p:** Variabilidad Positiva =>(0.5)

**q:** Variabilidad Negativa =>(0.5)

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{N * E^2 + Z^2 * (p * q)}$$

$$n = \frac{(1.96)^2 * 0.5 * 0.5 * 100}{100 * (0.05)^2 + (1.96)^2 * (0.5 * 0.5)}$$

$$n = \frac{3.8416 * 0.5 * 0.5 * 100}{100 * 0.0025 + 3.8416 * 0.25}$$

$$n = \frac{96.04}{0.25 + 0.9604}$$

$$n = \frac{96.04}{1.2104}$$

$n = 79.35 \Rightarrow$  para dar un número exacto se tomarán 80 usuarios

### **3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.**

Las técnicas que se emplearon en la presente investigación fueron: la encuesta y observación. La encuesta fue empleada para obtener datos e información significativos referentes a la situación socioeconómica del sector.

La técnica de la observación fue de gran valor cuantitativo ya que permitió la apreciación directa y sin filtros de la realidad actual de la red de comunicaciones que facilitó ver las falencias y necesidades del sector para mejorar la calidad de servicio; los cuales son elementos fundamentales que darán una visión exacta para la toma de decisiones.

### **3.5 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.**

Para la recolección eficaz de la información de campo, se recurrió a las siguientes estrategias:

Diseño y elaboración de los instrumentos de recolección de información a partir de registros de observación y encuestas.

### **3.6 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.**

Una vez aplicados los instrumentos se analizó la validez y se procedió a la respectiva tabulación, que permitió una solución eficaz y efectiva para el diseño de la red mencionada.

Con la información receptada mediante le encuesta se procedió a realizar una preselección de equipo y materiales a utilizarse en el diseño de la Red, además nos permitió establecer las diferencias económicas, técnicas, físicas en virtud de otras tecnologías utilizadas para la implementación de redes FTTB, con el único objetivo de realizar un diseño eficiente, seguro, factible, económico y dinámico con diferentes equipos.

## **CAPÍTULO IV.**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.**

Los datos obtenidos para el diseño de este proyecto fueron recolectados por medio de la encuesta en un tiempo de dos días laborables los cuales fueron tabulados de conformidad a las preguntas planteadas a los negocios e instituciones interesadas en este servicio; analizados sistemáticamente, interpretados estadísticamente para obtener resultados, conclusiones y recomendaciones, que fundamentan esta investigación.

Cada gráfico tiene el análisis respectivo de los datos obtenidos, dando de esta forma a conocer los problemas y necesidades que tiene la población del Sur de la ciudad de Ambato.

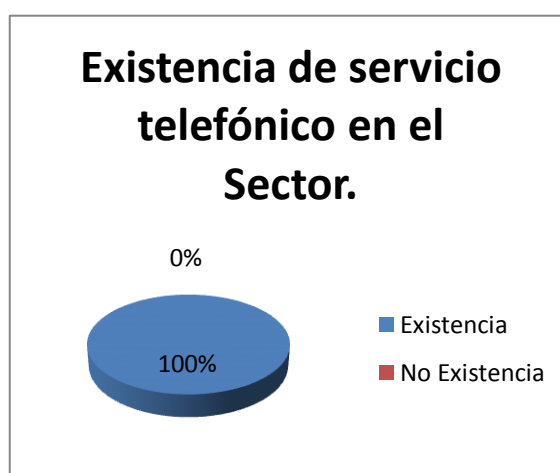
Una vez realizado el respectivo análisis e interpretación de la información del diseño de este proyecto, se pudo identificar con facilidad las necesidades y servicios que necesitan los concesionarios, instituciones financieras, educativas y otros negocios afines para tener un acceso a los servicios de comunicación con seguridad y rapidez.

De acuerdo a la población de 500 se tomaron datos del sector según la ecuación para calcular la muestra que nos da un total de 80 usuarios a ser encuestados.

1.- Existe servicio telefónico en el sector.

DETALLE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	80	100,00%
No	0	0,00%
Total	80	100,00%

**Tabla 2.** Existencia del servicio telefónico.



**Figura 29.** Existencia de servicio telefónico en el sector Sur de Ambato.

Fuente: Encuesta  
Elaborada por: Freddy Oviedo

### **Análisis e Interpretación:**

En la figura 29 se detalla que en esta parte de la ciudad por ser de gran afluencia comercial existe el servicio telefónico en todos los locales a los cuales se les aplicó esta encuesta, por esta razón tenemos un 100% de resultado de existencia de este servicio.

2.- ¿Cómo calificaría la calidad de servicio telefónico en el Sector?

DETALLE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Muy Bueno	0	0,00%
Bueno	66	82,00%
Malo	14	18,00%
Muy Malo	0	0,00%
Total	80	100,00%

**Tabla 3.** Calidad de servicio telefónico.



**Figura 30.** Calidad de servicio telefónico en el sector Sur de Ambato.

Fuente: Encuesta  
Elaborada por: Freddy Oviedo

#### **Análisis e Interpretación:**

En la figura 30 se puede apreciar que en cuanto a la calidad de servicio telefónico existente en este sector el 0% de usuarios manifestaron que le servicio es muy bueno, 80% que el servicio es bueno, 20% que el servicio es malo y el 0% de usuarios que el servicio es muy malo.

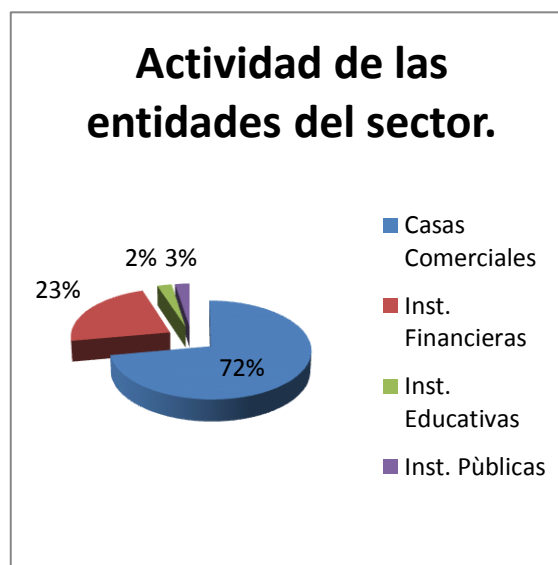
Existe un pequeño porcentaje de usuarios que tienen inconformidad, pero gran parte de ellos están conformes con el servicio telefónico existente.



3.- ¿A qué actividad económica se dedica el establecimiento?

DETALLE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Casas Comerciales	57	72,00%
Inst. Financieras	18	23,00%
Inst. Educativas	2	2,00%
Inst. Públicas	3	3,00%
Total	80	100,00%

**Tabla 4.** Actividad de los establecimientos.



**Figura 31.** Actividad económica en el sector Sur de Ambato.

Fuente: Encuesta  
Elaborada por: Freddy Oviedo

### **Análisis e Interpretación:**

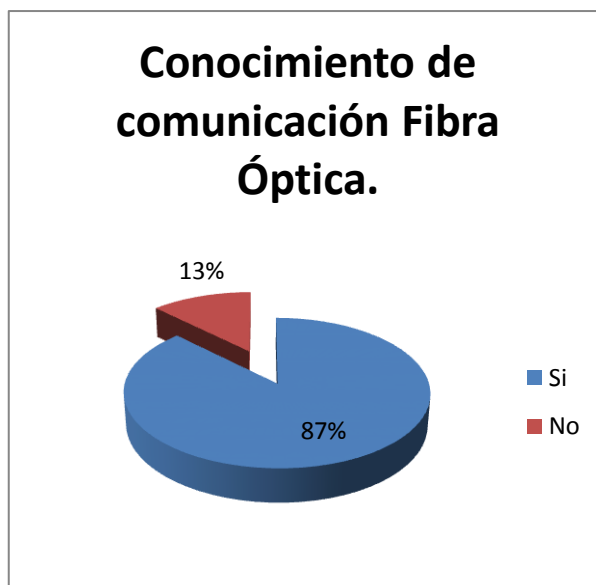
En la figura 31 se detallan las actividades económicas en las que se desempeñan los negocios y para los cuales es muy necesario un servicio más rápido en el envío y recepción de datos.

Podemos observar que este sector tiene diferentes actividades que son importantes para el desarrollo económico, social, educativo, financiero, recreacional de la ciudad de Ambato.

4.- ¿Tiene conocimiento de la comunicación por Fibra Óptica?

DETALLE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	70	87,00%
No	10	13,00%
Total	80	100,00%

**Tabla 5.** Conocimiento de comunicación por Fibra Óptica.



**Figura 32.** Conocimiento de la comunicación por Fibra Óptica el sector Sur de Ambato.

Fuente: Encuesta  
Elaborada por: Freddy Oviedo

**Análisis e Interpretación:**

En la figura 32 se puede apreciar el conocimiento que tienen las diferentes empresas ya que por medio de la encuesta se dio una explicación del funcionamiento y las ventajas que ofrece la red de acceso con Fibra Óptica para la comunicación.

5.- ¿Desearía que su red de comunicación de cable de cobre se actualice a fibra óptica?

DETALLE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	80	100,00%
No	0	0,00%
Total	80	100,00%

**Tabla 6.** Actualización de la red de comunicación de cobre por fibra óptica.



**Figura 33.** Cambio de medio de comunicación de cobre a Fibra Óptica en el sector Sur de Ambato.

Fuente: Encuesta  
Elaborada por: Freddy Oviedo

**Análisis e Interpretación:**

Como se puede observar en la figura 33 el 100% de la población encuestada sugiere una actualización en el medio de comunicación de par de cobre a fibra óptica ya que por su gigantesca diferencia en ancho de banda y velocidad de transmisión mejoraría notoriamente el servicio de comunicación.

6.- ¿Existe la necesidad red de comunicación con fibra óptica?

DETALLE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	63	80,00%
No	17	20,00%
Total	80	100,00%

**Tabla 7.** Necesidad de la nueva red comunicación con fibra óptica.



**Figura 34.** Necesidad de la nueva red de comunicación con fibra óptica en el sector Sur de Ambato.

**Fuente:** Encuesta  
**Elaborada por:** Freddy Oviedo

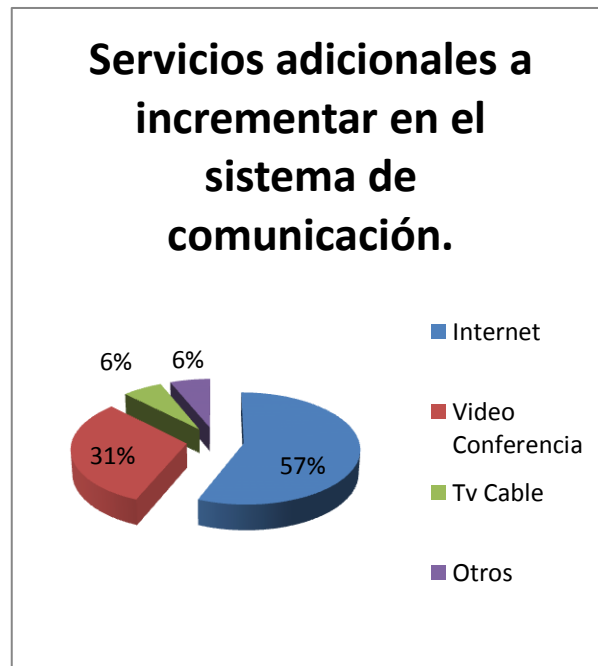
#### **Análisis e Interpretación:**

Gran parte del sector sur de la ciudad de Ambato requiere una nueva red de comunicación para mejorar el desempeño de su empresa; se ve reflejado en la diferencia del 80% a favor y el 20% en contra como se aprecia en la figura 34, lo cual nos da una visión clara de la necesidad de contar con este diseño de red actual.

7.- ¿Qué servicios se podrían incrementar en este sistema de comunicación?

DETALLE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Internet	45	57,00%
Video Conferencia	25	31,00%
Tv Cable	5	6,00%
Otros	5	6,00%

**Tabla 8.** Servicios adicionales para la comunicación.



**Figura 35.** Servicios adicionales a incrementar en el sistema de comunicación en el sector Sur de Ambato.

Fuente: Encuesta  
Elaborada por: Freddy Oviedo

### **Análisis e Interpretación:**

En la figura 35 se detalla los diferentes servicios adicionales que requiere la población en el sector sur que son básicamente los más importantes para que se tenga una oportuna y eficaz comunicación con el resto de la ciudad y el país.

8.- ¿Qué beneficios dará esta red de fibra óptica?

DETALLE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Velocidad de Tx y Rx	35	44,00%
Seguridad	22	27,00%
Confiabilidad	9	11,00%
Eficiencia	14	18,00%
Total	80	100,00%

Tabla 9. Beneficios con la red de Fibra Óptica en la comunicación.

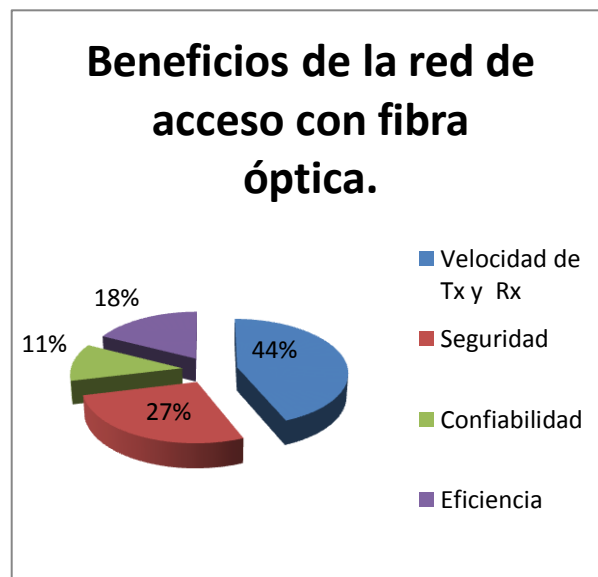


Figura 36. Beneficios que se obtendrá con la red de Fibra Óptica en el sector Sur de Ambato.

Fuente: Encuesta  
Elaborada por: Freddy Oviedo

**Análisis e Interpretación:**

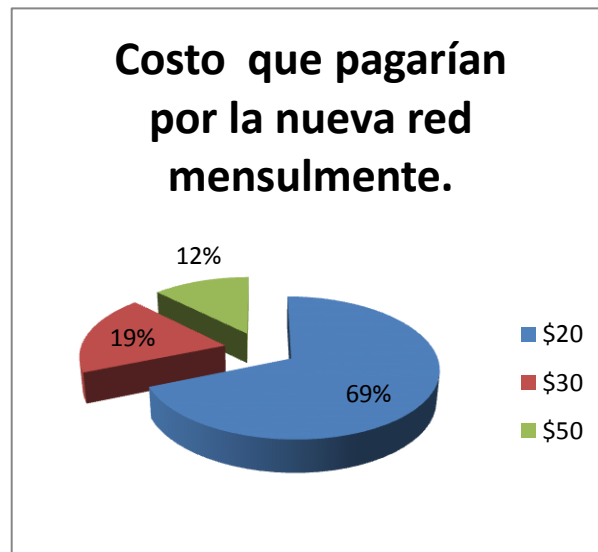
Como podemos observar en la figura 36 se denotan los beneficios que se obtendrá con la red de comunicación con fibra óptica a diferencia que la que ofrece una red con par de cobre.

Adicionalmente se puede decir que la fibra óptica no sufre interferencias a diferentes fenómenos eléctricos y electromagnéticos a los cuales está expuesto el cable de cobre.

9.- ¿Qué costo se podría pagar por este servicio de comunicación mensualmente?

DETALLE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
\$20	65	69,00%
\$30	15	19,00%
\$50	10	12,00%
Total	80	100,00%

**Tabla 10.** Costos de uso de la red de comunicación con Fibra Óptica.



**Figura 37.** Costo a asumir por los usuarios de la red con Fibra Óptica en el sector Sur de Ambato.

Fuente: Encuesta  
Elaborada por: Freddy Oviedo

#### **Análisis e Interpretación:**

En la figura 37 se observa que un 64% de la población está dispuesta a pagar \$20 mensuales, el 22% pagaría \$30 por el servicio y un 14% podría pagar hasta \$50 dólares mensuales para tener los beneficios de esta red; por lo cual la opción más aceptada es la de menor costo.

10.- ¿Podría darnos alguna sugerencia adicional para la red de comunicaciones con Fibra Óptica?

DETALLE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Soporte Técnico	55	69,00%
Mantenimiento	25	31,00%
Total	80	100,00%

**Tabla 11.** Sugerencias adicionales para la red con Fibra Óptica.



**Figura 38.** Sugerencias dadas por los habitantes en el sector Sur de Ambato.

Fuente: Encuesta  
Elaborada por: Freddy Oviedo

### **Análisis e Interpretación:**

Como se puede observar en la figura 38 las sugerencias dadas por las personas encuestas en el sector sur de la ciudad, el soporte técnico que es un 79% de la población y un 21% que coinciden en el mantenimiento del cable de la red de fibra óptica.



## **CAPÍTULO V.**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

#### **5.1 CONCLUSIONES.**

- ✓ En el sector Sur de la ciudad de Ambato los departamentos técnicos de las distintas empresas tienen conocimiento que la red de acceso con fibra óptica es de mucha utilidad ya que mejorará notoriamente los servicios de comunicación como telefonía e Internet en velocidad y capacidad.
- ✓ El incremento de nuevos servicios como el Internet con mayor ancho de banda, video conferencia, televisión de alta definición y otros servicios serán de mucha utilidad para la comunicación entre empresas y sus sucursales.
- ✓ Gracias a la información que se dio en el momento de realizar la encuesta a los establecimientos del sector se concluyó que la tecnología FTTB que se va a utilizar para el diseño de esta red de acceso es una buena aplicación de la comunicación de última generación para tener múltiples servicios simultáneamente sin tener que contratar otras empresas para estos casos.
- ✓ Podemos decir que hoy en día la CNT E.P. es una institución que está avanzando para conseguir estar a la par en los servicios de última generación a nivel mundial, además cuenta con el personal y equipo adecuado para dar el soporte técnico y mejoras al servicio de comunicación mediante Fibra Óptica.
- ✓ También se puede concluir que la fibra óptica actualmente es el único medio de comunicación a nivel mundial y nacional que ofrece gran escalabilidad,

confiabilidad y adaptabilidad en proyectos de gran exigencia a diferencia del par de cobre y radioenlaces que sufren por efectos de interferencia electromagnética y cambios climáticos.

## **5.2 RECOMENDACIONES.**

- ✓ Por petición de las empresas de este sector se recomienda que la red tenga un soporte técnico eficiente para que no exista problemas en el momento de su funcionamiento.
- ✓ Es recomendable realizar un diseño con las exigencias de capacidad y calidad que cumplan con las expectativas del sector ya que al momento de construir la red de acceso con fibra óptica debe brindar servicio a todos usuarios.
- ✓ Es recomendable también que el personal técnico de las empresas tenga una capacitación continua sobre los medios de comunicación actuales ya que gracias a la encuesta realizada a los usuarios se pudo constatar que hay un desconocimiento sobre las redes con fibra óptica de última generación.
- ✓ Es recomendable solicitar a la central de comunicaciones CNT E.P. que facilite información de equipo y materiales a los departamentos técnicos de cada establecimiento para que sepan las actualizaciones que se le puede dar a la red de comunicación.
- ✓ Es recomendable tener conocimiento de cómo funciona la fibra óptica para tener una visión de lo que se puede realizar con este tipo de cable y las ventajas en calidad y eficacia que se tendrá al implementarlo.

## **CAPÍTULO VI.**

### **PROPUESTA.**

#### **6.1 DATOS INFORMATIVOS.**

**a) TEMA DE LA PROPUESTA.**

“Diseño de una Red de Acceso con Fibra Óptica mediante tecnología FTTB para optimizar espacios y servicios en la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. para la zona sur de la ciudad de Ambato”

**b) UBICACIÓN:**

- ✓ Provincia de Tungurahua.
- ✓ Cantón Ambato.
- ✓ Parroquia Huachi Chico.
- ✓ Lugares: Ciudadelas La Pradera, Las Catilnarias, San Roque, Nueva Ambato, Huachi Chico.

c) **TUTOR:** Ing. Juan Pablo Pallo Noroña M.Sc.

d) **AUTOR:** Freddy Javier Oviedo Ordóñez.

#### **6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.**

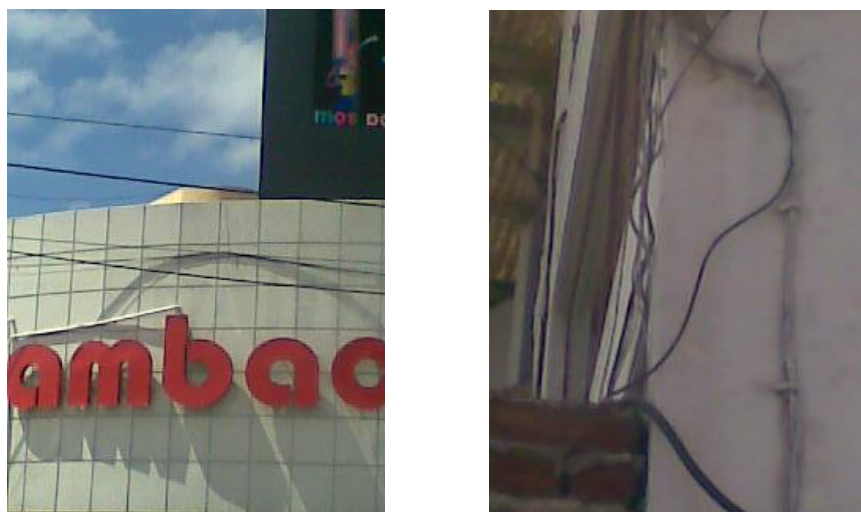
El sector Sur de la ciudad de Ambato es muy conocido por su gran afluencia en centros comerciales, concesionarios de vehículos, entidades financieras, almacenes, edificios (residenciales, clínicas, oficinas, hoteles, municipio, etc.), instituciones educativas, bares, discotecas, restaurantes, parques, entre otros; en general se lo puede definir como una zona comercial, hotelera, habitacional,

bancaria y de diversión. Es además bastante concurrida por ser el punto de conexión con diferentes ciudades del centro del país.

Al existir gran cantidad de edificios comerciales en el sector, se convierte en una zona de alta densidad poblacional, en especial en horarios de oficina, lo cual lo convierte en un sitio atractivo para la prestación de servicios, entre ellos, los de comunicación; razón por la cual se lo ha escogido para realizar el diseño de la red de acceso con fibra óptica mediante tecnología FTTB.

Realizada la investigación en el sur de la ciudad de Ambato se pudo observar, estudiar y analizar la situación actual de la red de comunicación con cable de cobre, empalmes, cajas de dispersión, reservas, acometidas a clientes, etc.

También se pudo observar el tendido actual del cable de cobre por los postes de la Empresa Eléctrica S.A. y por las fachadas de las casas, puentes, letreros tal como se puede apreciar en la figura 39.



**Figura 39.** Tendido de cable de cobre Av. Atahualpa.

**Fuente:** Fotografías del Sector Sur.

**Elaborada por:** Freddy Oviedo.

Además por la aglomeración de los cables telefónicos en los postes de la red eléctrica la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. ha decidido enviar por canalización ubicada en las calles y aceras de la ciudad, de tal manera que sea de menor congestión y para dar estética a la postería de la ciudad, esto se puede observar en la figura 40.



**Figura 40.** Canalización en las calles y aceras.

**Fuente:** Fotografías del Sector Sur.

**Elaborada por:** Freddy Oviedo.

Otra de las razones para este método de distribución de la red es que por no existir el espacio suficiente en los postes y capacidad de ancho de banda CNT E.P. no ha podido dar servicio a diferentes clientes corporativos, sin mencionar que la red por la cual algunos establecimientos tienen el servicio de comunicación por medio del cable de cobre tiene deficiencias por la interferencia electromagnética producida por los cables eléctricos que están cerca del cable de red telefónica, como podemos apreciar en la figura 41.



**Figura 41.** Cables eléctricos y telefónicos juntos en los postes.

**Fuente:** Fotografías del Sector Sur.

**Elaborada por:** Freddy Oviedo.

### **6.3 JUSTIFICACIÓN.**

El diseño de la red de acceso con fibra óptica es de gran utilidad y teniendo a esta como una de las alternativas de solución, no siendo la única, ya que por sus causas y efectos se debería realizar con la técnica FTTB (Fibra hasta el Edificio) que es de gran capacidad, escalabilidad, velocidad y seguridad.

La fibra óptica por ser un medio de comunicación de última generación que soporta exigencias enormes de rendimiento es la más adecuada para este tipo de diseños y por su invulnerabilidad a diferentes interferencias que afectarían la comunicación a través del cable, y de esta manera llegar a más usuarios con servicios de alta calidad.

Con este diseño y futura implementación por parte de CNT E.P. en la ciudad de Ambato, tanto los usuarios y la empresa misma se beneficiaran por la calidad de servicio y el costo-beneficio que tendrá esta red; además que al ser una red canalizada se estará aportando a la estética y ornamento de la ciudad ya que no habría cables aglomerados en postes que dan mal aspecto a la misma.

### **6.4 OBJETIVOS.**

#### **6.4.1 OBJETIVO GENERAL.**

Diseñar la Red de Acceso con Fibra Óptica mediante tecnología FTTB para optimizar espacios y servicios en la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P.

#### **6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- ✓ Analizar los requerimientos técnicos para realizar el diseño de la red de acceso con fibra óptica.
- ✓ Determinar la mejor ruta para el diseño de la red con fibra óptica.
- ✓ Analizar la demanda actual y futura para el servicio de comunicación en el sector sur de la ciudad de Ambato.
- ✓ Ubicar estratégicamente los sitios de distribución de la red.
- ✓ Seleccionar la solución más factible y económica para la red.

## 6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.

Esta propuesta es posible y tiene la aceptación por parte de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P., puesto que existe la necesidad de tener una red de fibra óptica para telefonía, Internet y video en lugar del cable de cobre que cubra las necesidades de esta parte de la ciudad utilizando la canalización de calles y aceras hasta llegar al usuario final.

Además en nuestro país ya existe la tecnología, herramientas, equipos, cable de fibra óptica y personal técnico con el conocimiento para implementar este tipo de redes a un costo accesible para el usuario.

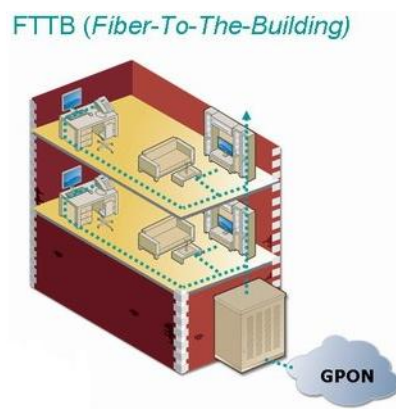
Los propietarios de los establecimientos del este sector de la ciudad tienen la predisposición para adquirir el servicio a un precio moderado que cubra sus necesidades.

## 6.6 FUNDAMENTACIÓN.

### 6.6.1 TIPOS DE REDES FTTx.

#### 6.6.1.1 REDES FTTB.

La adopción de la tecnología FTTB (fibra hasta el edificio) por parte del operador, depende de muchos factores: entorno regulatorio, capacidad de inversión, capacidad de realizar nuevas acometidas sobre el edificio, calidad del par de cobre instalado, etc. En la figura 42 se muestra un ejemplo de red FTTB.



**Figura 42.** Red de acceso FTTB.

Fuente: "Tutoriales de FTTB-VDSL2"

Elaborada por: Ramón Millán.

Generalmente FTTB es la opción ideal para edificios existentes.

En la actualidad varios operadores a nivel mundial están realizando despliegues de VDSL2, tanto en los DSLAM (Línea Digital de abonado de muy Alta Velocidad) y MSAN (Multi-Service Access Node) como en nodos GPON con arquitectura FTTB/N (Fiber To The Building/Node).

“VDSL2 es la segunda versión del estándar VDSL de la ITU-T (G.993.2 de Mayo de 2005) que permite alcanzar velocidades de hasta 100 Mbps simétricas sobre pequeños tramos de par de cobre tradicional. Para ofrecer velocidades que realmente supongan una diferenciación respecto a ADSL2 es necesario que el DSLAM este muy cerca del abonado (tramos inferiores a 1500 metros), siendo también necesario que el tendido de cable cumpla unos requisitos mínimos de calidad.”<sup>8</sup>

#### **6.6.2 SELECCIÓN DE LA RED.**

Luego de un análisis del tipo de redes de acceso seleccionamos la red FTTB con VDSL2 que es la adecuada para el sector sur de la ciudad de Ambato.

La red escogida a más de que el ancho de banda es grande no es una de las únicas mejoras respecto al resto de tecnologías xDSL, las cuales se enumeran a continuación:

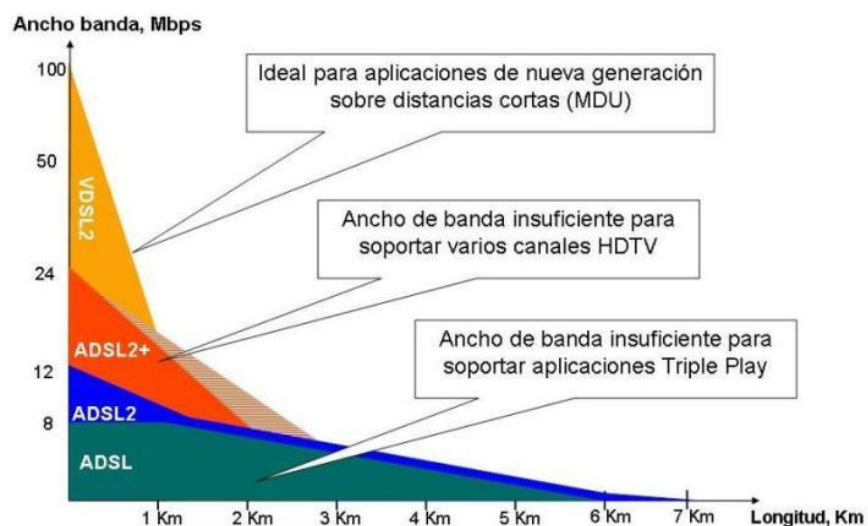
- ✓ Reduce los problemas de interoperabilidad de VDSL1, donde los retrasos en la estandarización dieron lugar a varias implementaciones propietarias.
- ✓ Aumenta la flexibilidad en la configuración de velocidades upstream/downstream. Mientras ADSL es un sistema de dos bandas, donde una parte del espectro es asignada al tráfico downstream y el otro al upstream, VDSL2 emplea múltiples bandas (extendidas de 25 KHz – 30 MHz), incrementando la flexibilidad para establecer diferentes configuraciones de ancho de banda e incluso soportando anchos de banda simétricos. Del mismo modo que en ADSL, la parte baja del espectro se emplea para el transporte de las frecuencias RTB (Red Telefónica Básica) o RDSI (Red Digital de Servicios Integrados), aunque también se



contempla un modo completamente digital, donde todo el espectro es empleado para tráfico VDSL2.

- ✓ Emplea Ethernet como tecnología de Multiplexación en la primera milla. Aunque existen los DSLAM IP desde hace tiempo, desde el DSLAM hasta el módem del abonado las tecnologías xDSL sólo soportaban ATM (Modo de Transferencia Asíncrono) como medio de transporte. Con VDSL2 se consigue de este modo una red Ethernet extremo a extremo, con la reducción de complejidad y sobrecarga que esto supone.
- ✓ Es compatible espectralmente con ADSL2/ADSL2+ y soporta ATM, permitiendo así la compatibilidad hacia atrás con dispositivos ADSL2/ADSL2+. De este modo, el proceso de migración a VDSL2 es mucho más sencillo: se puede actualizar el DLSAM (Multiplexor de Acceso a la Línea Digital de Abonado) y posteriormente actualizar el módem ADSL2/ADSL2+ del abonado.
- ✓ Tiene un mecanismo de diagnóstico de fallos similar al definido para ADSL2, pudiendo medir el ruido de la línea, atenuación, relación señal a ruido, etc., incluso en las peores condiciones de conexión. Esto facilita la prevención y subsanación de fallos.

En la figura 43 se puede visualizar lo explicado acerca de la red FTTB con VDSL2.



**Figura 43.** Ancho de banda vs distancia en las tecnologías xDSL.

Fuente: "Tutoriales de FTTB-VDSL2"

Elaborada por: Ramón Millán.

### **6.6.3 ESTANDARES PARA FTTB.**

#### **1. 802.3ah**

“La principal característica de la recomendación IEEE 802.3ah EPON (Ethernet PON) es que transporta tráfico nativo de red Ethernet en lugar del clásico tráfico ATM. Se optimiza el tráfico IP, se mejora la seguridad y soporta mayores velocidades de transmisión de datos, Ethernet en la última milla” ([www.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.3](http://www.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.3) P 3).

#### **2. ITU – T G.983.1**

“El estándar ITU-T G.983.1 especifica la capa física de ATM-PON. Los Atmosfera-puentes de Varolio G-983.1 apoyan a la fibra a hogar (FTTH), a fibra a gabinete (FTTCab) y a fibra a encintado (FTTC). El ITU-T G.983.1 apoya un uplink del modo de explosión de 1310 nm a una oficina del abastecedor de servicio que funciona en OC-3 (Canal Óptico-3) y un downlink OC-3 u OC-12 a una premisa del cliente que funciona en modo continuo de 1550 nm.” ([www.photuris.com](http://www.photuris.com) P 1).

#### **3. ITU – T G.983.2**

“Este estándar está encargado de la capa de gestión y mantenimiento para los OLT y ONT de la red.” ([www.patentados.com](http://www.patentados.com) P 2)

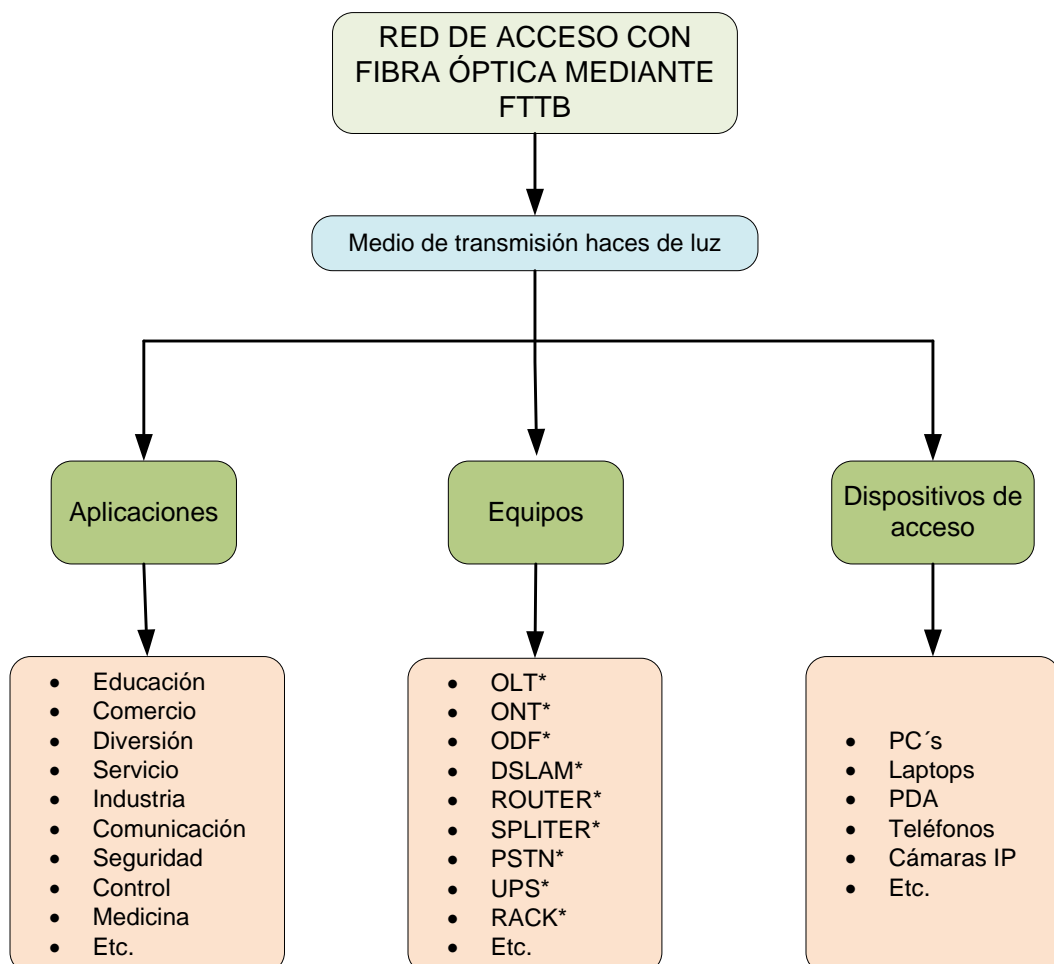
#### **4. ITU – T G.983.3**

“Este estándar EPON se apega a la norma de IEEE y funciona con velocidades de Gigabit, por lo cual la velocidad con la que dispone cada usuario final depende del número de ONU’s (Unidad de Red Óptica) que se conectan a cada OLT. Una ventaja de este sistema es que ofrece QoS (Calidad de Servicio) en ambos canales (Downstream y Upstream).” ([www.todotecnologia.net.pdf](http://www.todotecnologia.net.pdf) P 4)

#### 6.6.4 DISPOSITIVOS DE UNA RED DE ACCESO CON FIBRA ÓPTICA CON TECNOLOGÍA FTTB Y VDSL2.

La red de acceso FTTB con VDSL2 es una red de alto rendimiento y funcionalidad en nuestro país, por lo tanto hoy en día existen una gran variedad de equipos y tecnología para su implementación que está al alcance de cualquier empresa que quiera adquirirlos.

En la figura 44 se muestra un esquema de los dispositivos de la red de acceso con fibra óptica con tecnología FTTB.



**Figura 44.** Estructura de una red de Acceso con fibra óptica mediante FTTB.

**Fuente:** "Resumen de Red de Acceso FTTB"

**Elaborada por:** Freddy Oviedo.

### 6.6.5 USO DE UNA RED DE ACCESO CON FIBRA ÓPTICA MEDIANTE FTTB.

FTTB en vez de de una ONT (Red Terminal Óptica) en casa del abonado emplea una MDU (Unidad Multi-Alojamiento) en el edificio de los abonados. En ambos casos, la conexión con el equipo OLT (Terminal de Línea Óptica) en la central se realiza por fibra óptica, pero cambian las interfaces hacia el abonado, siendo generalmente VDSL2. Siendo esta tecnología idónea para ofrecer FTTB/N, pues permite reutilizar el par de cobre para ofrecer velocidades de hasta 100 Mbps por usuario en tramos de menos de 500 metros o de hasta 50 Mbps en tramos de 1 Km. La MDU es en este caso un mini-DSLAM con un puerto GPON (Red Óptica Pasiva Gigabit) hacia la central del operador y puertos VDSL2 (en ocasiones también ofrecen puertos RF, E1/T1 o FE/GbE) hacia los usuarios. La voz puede seguirse cursando por conmutación de circuitos o ser transformada a VoIP (Voz sobre Protocolo de Internet) en el módem VDSL2 del abonado o en la propia MDU.

En la figura 45 se puede apreciar el modelo de una MDU.



**Figura 45.** MDU con 24 puertos VDSL2 y POTS de Ericsson.

Fuente: "Tutoriales de FTTB-VDSL2"

Elaborada por: Ramón Millán.

#### **6.6.6 VENTAJAS DE LA RED DE ACCESO CON FIBRA ÓPTICA MEDIANTE FTTB.**

- ✓ Tiempo de despliegue menor para ofrecer servicios que demandan más ancho de banda y distancias que ADSL2+. El operador no necesita negociar el despliegue de fibra dentro del edificio hasta las casas de los clientes.
- ✓ Inversión inicial menor, debido a la reutilización de la infraestructura de cobre existente. Hay un ahorro en costo de tramitación de licencias, costo de mano de obra de Ingeniería e instalación y costo de fibra óptica.

#### **6.6.7 DESVENTAJAS DE LA RED DE ACCESO CON FIBRA ÓPTICA MEDIANTE FTTB.**

- ✓ Si en vez de FTTB se emplea una arquitectura FTTN, los anchos de banda soportados por VDSL2 no podrían ser ofrecidos a todos los clientes.
- ✓ En la arquitectura FTTN el costo operacional es mayor debido a la existencia de más protocolos y dispositivos, que suponen más puntos de fallo y una mayor complejidad en la monitorización de la red.

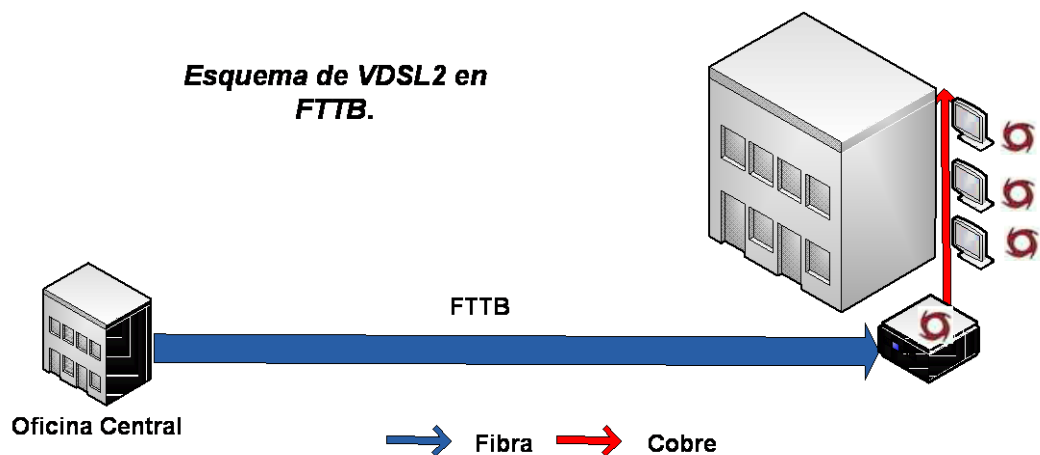
### **6.7 METODOLOGÍA**

#### **6.7.1 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE ESTA RED DE ACCESO.**

Para la red de acceso con fibra óptica hasta el edificio (FTTB) utilizaremos VDSL2 (Línea Digital de abonado de muy Alta Velocidad 2 – Very High Bit Rate Digital Subscriber Line 2), es decir el ISP (Proveedor de Servicios de Internet – Internet Service Provider), donde se encuentra un equipo OLT (Terminal de Línea Óptica) Gigabit Ethernet PON, hasta los edificios donde se encuentran los abonados o usuarios se despliega fibra óptica. En cada edificio se encuentra un equipo ONT (Terminal de Red Óptica) Gigabit Ethernet PON que se conecta a un DSLAM (Multiplexor digital de acceso a la línea de abonado). La fibra que llega al edificio se conecta directamente al equipo ONT Gigabit Ethernet PON. Del DSLAM salen líneas de cobre hacia cada uno de los usuarios independientemente

que estos se encuentren en viviendas, oficinas o locales comerciales ubicados en las edificaciones del sector.

En la figura 46 se presenta un esquema de la red de acceso que conectará un ISP con edificios localizados en el sector sur de Ambato.



**Figura 46.** Esquema de VDSL2 en FTTB.

Fuente: Investigador.

Elaborada por: Freddy Oviedo.

El ISP esta, en este caso, en la oficina central desde la cual se debe tener fibra óptica hasta los edificios de dos maneras distintas:

- ✓ Fibra Óptica por vía aérea.
- ✓ Fibra Óptica introducida en ductos subterráneos.

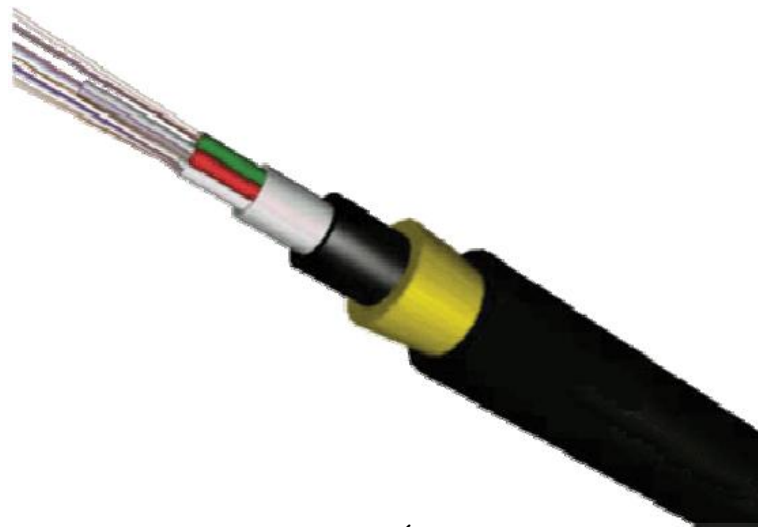
#### 6.7.1.1 FIBRA ÓPTICA POR VÍA AÉREA.

En este caso la fibra óptica se tiende a la intemperie, colgada en postes de energía eléctrica a una altura que no ponga en riesgo la integridad de la red, no la de quien la instale o realice algún tipo de mantenimiento o reparación de ser necesario.

El tipo de fibra que se emplea en este caso se denomina ADSS (Totalmente Dieléctrico auto soportado), que es para instalaciones en exteriores, generalmente sustentadas en torres o postes de energía eléctrica sin importar si son de madera, concreto o metal, esta fibra tiene la característica de soportar fuertes tensiones.

Las fibras ADSS, como sus siglas en inglés definen, son fibras auto soportadas y dieléctricas, esto implica que tienen la rigidez y características para ser tendidas de forma aérea y no conducen la electricidad. Son resistentes a la humedad y a cambios de temperatura de modo que no presentan problemas, por ejemplo, cuando llueve o el día esta soleado.

En la figura 47 se puede apreciar la fibra ADSS.



**Figura 47.** Fibra Óptica ADSS.

Fuente: "Voltimun"

Elaborada por: [www.voltimun.es](http://www.voltimun.es)

Hay ventajas importantes en el empleo de este tipo de fibras, como son las facilidades de instalación, mantenimiento o reparación, reduciendo los costos económicos para tales efectos.

La fibra óptica ADSS puede ser monomodo o multimodo.

#### **6.7.1.2 FIBRA ÓPTICA INTRODUCIDA EN DUCTOS SUBTERRÁNEOS.**

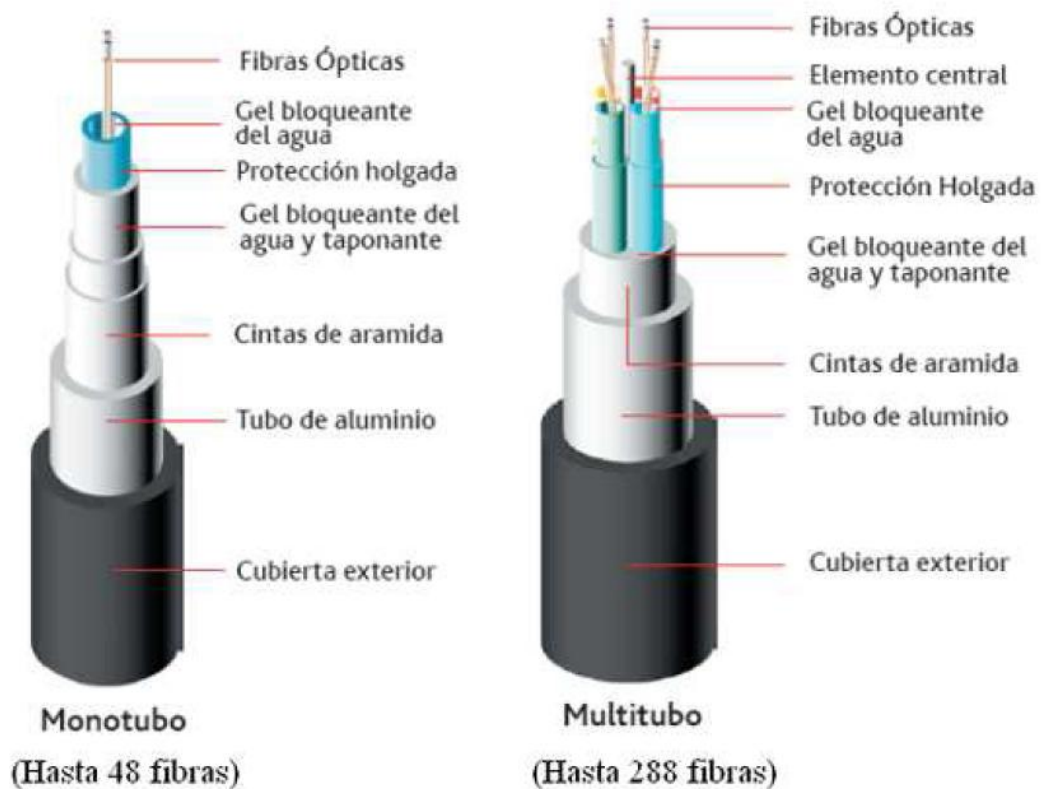
Es otra alternativa cuando se requiere de un tendido de fibra óptica, el mismo que irá en el subsuelo, introducido en ductos aptos para la utilización en redes de telecomunicaciones.

Los ductos subterráneos para telecomunicaciones se encuentran generalmente a una profundidad superior a 1m en relación con la superficie que habitualmente suele ser calles o aceras.

El momento en que se escoge implementar un tendido de fibra óptica por ductos subterráneos, la opción más factible es arrendarlos a empresas que cuenten con dicha infraestructura. En concreto, en la ciudad de Ambato, una de las instituciones que cuenta con ductos subterráneos es la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P.

Hay distintos fabricantes para este tipo de cables de fibra óptica que comparten muy similares características. Las fibras ópticas que van en ductos subterráneos pueden ser monomodo o multimodo.

En la figura 48 se puede apreciar fibras ópticas para instalar en ductos subterráneos.



**Figura 48.** Fibras Ópticas para emplearse en ductos subterráneos.

Fuente: "Voltimun"

Elaborada por: [www.voltimun.es](http://www.voltimun.es)

Una característica importante de este tipo de fibras es que debe ser resistente no solamente al agua sino también al ataque de roedores, por ello tiene un revestimiento con tubo de aluminio, adicionalmente las cintas de aramida (se le



denomina a una categoría de fibra sintética que consta de Kevlar y de Twaron) tienen un sabor que les es desagradable a los roedores.

La instalación, mantenimiento y reparación de este tipo de fibra es más complejo y costoso que la fibra ADSS.

## **6.8 MODELO OPERATIVO. (Ingeniería del Proyecto).**

### **6.8.1 PERFIL DE USUARIOS Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL SECTOR DEL PROYECTO.**

El sector de Huachi Chico está situado al Sur-Este de la provincia de Tungurahua y cuya ubicación geográfica se muestra en la figura 49.



**Figura 49.** Ubicación geográfica del sector Huachi Chico.

**Fuente:** Google Earth.

**Elaborada por:** Freddy Oviedo.

Como se puede apreciar en la figura anterior el sector de Huachi Chico tiene una ubicación estratégica en la ciudad de Ambato. Sus límites son: al norte la Ciudadela La Presidencial, al sur Huachi El Belén, al este la avenida Los Chasquis y al oeste la Ciudadela Las Catilinarías.

En la figura 50 se puede apreciar con más detalle el sector de Huachi Chico.



**Figura 50.** Detalle aéreo del sector de Huachi Chico.

**Fuente:** Google Earth.

**Elaborada por:** Freddy Oviedo.

Los potenciales usuarios de los servicios proporcionados mediante la red de acceso se encuentran en seis edificios del sector de Huachi Chico los cuales son: Colegio Pedro Frías Carrasco, Automotores de la Sierra, Centro Comercial Mall de los Andes, Municipalidad de Ambato, Cooperativa de Ahorro y Crédito “San Alfonso Ltda.” (Redondel de Huachi Chico).

## 6.8.2 USUARIOS DE LA RED DE ACCESO EN EL SECTOR SUR DE LA CIUDAD DE AMBATO.

A continuación se realiza una descripción del edificio del Colegio “Pedro Frías Carrasco” así como los potenciales usuarios que se encuentran en este.

### 6.8.2.1 Descripción de la Edificación Colegio Pedro Frías.

El edificio del Colegio Pedro Frías tiene 10 pisos y se encuentra en la Av. Atahualpa y Pasaje Carmelitas. Es una edificación tipo mixto, es decir hay oficinas, locales comerciales en la parte baja y las aulas de clase en la parte superior.

El edificio se encuentra ocupado en su totalidad incluido sus locales exteriores.

En la tabla 13 se presenta en detalle la distribución del edificio del Colegio Pedro Frías.

	Número	Porcentaje de Ocupación física del inmueble (%)
Oficinas	6	100%
Administración	2	100%
Laboratorios	150	100%
Aulas	15	100%
Locales Comerciales	4	100%
<b>TOTAL</b>	177	-----

**Tabla 13.** Detalle de la ocupación del edificio del Colegio Pedro Frías.

En la tabla anterior se tiene el detalle de la ocupación del edificio el cual está con la ocupación de oficinas (Rectorado, Vicerrectorado, Insp. General, Colecturía, Secretaría, Administración del edificio), aulas (9 cursos de octavo a decimo curso de básica y 6 cursos de primero a tercero de bachillerato, 30 computadores en 5 laboratorios) y locales comerciales (4 locales de auto lujos) en la parte inferior del edificio.

### 6.8.2.2 Descripción de la Edificación Automotores de la Sierra.

La edificación de Automotores de la Sierra S.A. se encuentra en la Av. Atahualpa frente al Mall de los Andes junto al redondel de la ciudadela “Las Catilinarías”, el cual se encuentra ocupado totalmente por oficinas solo de la empresa.

En la tabla 14 se muestra la distribución del edificio.

	Número	Porcentaje de Ocupación física del inmueble (%)
Oficinas	10	100%
Administración	2	100%
Servicio al Cliente	20	100%
Repuestos	2	100%
Servicio Técnico	1	100%
<b>TOTAL</b>	35	-----

**Tabla 14.** Detalle de ocupación de Automotores de la Sierra.

Los usuarios potenciales de Automotores de la Sierra que ocuparían la red de acceso son la parte gerencial, administrativa, sector de negocios, departamento de venta de repuestos y el servicio técnico o de reparación de automotores.

### 6.8.2.3 Descripción del edificio Mall de los Andes.

El edificio comercial Mall de los Andes es nuevo en la ciudad de Ambato que está situado en la Av. Atahualpa y Víctor Hugo (redondel) sector Las Catilinarías; el cual consta de múltiples negocios (Movistar, Claro, Fibeca, Banco del Pacífico, Mega maxi, Juguetón, almacenes de ropa, patio de comidas, Cinemark, etc.), los cuales tienen una demanda potencial fuerte para el uso de la red de acceso con fibra óptica. Cabe mencionar que el patio de comidas consta de servicio wireless para clientes que porten una laptop y puedan conectarse al Internet de forma rápida y sin dificultad.

En la tabla 15 se muestra la descripción del edificio Mall de los Andes.

	Número	Porcentaje de Ocupación física del inmueble (%)
Oficinas	30	100%
Locales Comerciales	120	100%
Servicio al Cliente	2	100%
Cinemark	5	100%
Banco del Pacífico	1	100%
<b>TOTAL</b>	158	-----

**Tabla 15.** Ocupación del Mall de los Andes.

Como se puede apreciar en este edificio existe gran cantidad de locales comerciales, entidades bancarias que necesitan el servicio de comunicación mediante la red de acceso con fibra óptica los cuales dependen del comercio y movimiento de capital diariamente.

#### **6.8.2.4 Descripción del edificio del H. Municipio de Ambato.**

Este ubicado en la Av. Atahualpa y Rio Coca se encuentra en construcción el cual servirá para realizar trámites obligatorios de la ciudadanía como por ejemplo: pago de impuestos prediales, permisos de construcción, proyectos para la ciudad, etc., es de vital importancia que este edificio cuente con una red de acceso para comunicaciones de alto rendimiento para agilizar los trámites correspondientes y no causar molestias a la ciudadanía.

En la tabla 16 se puede observar un estimado de los usuarios potenciales de este edificio.

	Número	Porcentaje de Ocupación física del inmueble (%)
Oficinas	200	100%
<b>TOTAL</b>	200	-----

**Tabla 16.** Descripción del edificio H. Municipio de Ambato.

### 6.8.2.5 Descripción del edificio de la Cooperativa de Ahorro y Crédito “San Alfonso Ltda.”

Este edificio está ubicado en el redondel de Huachi Chico que es un lugar céntrico que abarca gran cantidad de accesos a diferentes sectores de la parte Sur de la ciudad de Ambato, esta entidad financiera da el servicio de ahorro y préstamos de dinero y por ende necesita un sistema de comunicaciones eficiente y seguro para sus transacciones con sus sucursales y otras entidades financieras.

En la tabla 17 se muestra el detalle de ocupación de esta entidad financiera.

	Número	Porcentaje de Ocupación física del inmueble (%)
Gerencia	1	100%
Ventanillas de Servicio	4	100%
Apertura de Cuenta	2	100%
Créditos	5	100%
Departamento Legal	1	100%
Seguros	3	100%
<b>TOTAL</b>	16	-----

**Tabla 17.** Descripción del edificio Cooperativa “San Alfonso Ltda.”

Cabe recalcar que a los alrededores de esta edificación se encuentran un sinnúmero de locales comerciales los cuales podría tener acceso a los servicios de la red con fibra óptica para tener una comunicación optima que beneficie a sus negocios.

El estrato socio económico de en este caso es muy variado y no solo abarca la clase media sino a esferas por encima y debajo de esta.

Se estima que pudieran acceder a servicios de Internet con banda ancha a velocidades de al menos 1 Mbps, un 25% del total de oficinas, establecimientos y locales comerciales de estos edificios.

### 6.8.3 ISP (Proveedor de servicios de Internet).

El ISP que proveerá servicios de Internet a los usuarios es la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. que se encuentra ubicado en la Av. Los Syris y Calle Chaquitinta, en el sector de San Antonio de la ciudad de Ambato.

La ubicación geográfica se muestra en la figura 51.



**Figura 51.** Ubicación geográfica del ISP.

**Fuente:** Google Earth.

**Elaborada por:** Freddy Oviedo.

Este edificio se encuentra a  $1^{\circ}15'19.42''$  Sur y  $78^{\circ}37'44.97''$  Oeste con una altura de 2672 metros.

Desde este ISP se tiende fibra óptica hacia los edificios con una topología en estrella, esto debido a que los edificios se encuentran relativamente distantes entre sí y a mayor distancia que la de cada uno de ellos al ISP, la cual es la más adecuada para este tipo redes.

## 6.9 DISEÑO DE LA RED DE ACCESO.

La red de acceso emplea FTTB y VDSL2, por consiguiente uno de los elementos fundamentales en el diseño es la fibra óptica.

Para realizar el diseño se debe precisar primero algunas cualidades que se mencionan a continuación:

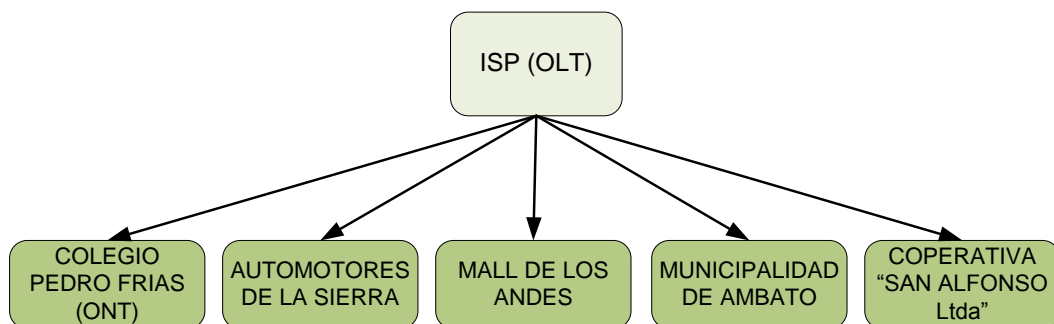
- ✓ Topología Física.
- ✓ Tipo de fibra óptica a utilizar (monomodo o multimodo).
- ✓ Tipo de tendido de fibra óptica (aérea o subterránea).
- ✓ Equipos de telecomunicaciones y elementos que conforman la red de acceso.

La elección de cada uno de los puntos citados anteriormente se define en base a criterios técnicos y de costo-beneficio.

### 6.9.1 TOPOLOGÍA FÍSICA DE LA RED DE ACCESO.

Para esta red de acceso, la topología física se puede entender como la configuración de cableado entre el ISP y los edificios donde se encuentran los usuarios.

Como se manifestó con anterioridad la topología más conveniente para esta red de acceso es en estrella, con PON, debido a la ubicación geográfica del ISP y los edificios de la parte Sur de la ciudad de Ambato, esto se puede visualizar en la figura 52.



**Figura 52.** Topología Física de la red de acceso.



## 6.9.2 TIPO DE FIBRA ÓPTICA PARA LA RED DE ACCESO.

Como se manifestó con anterioridad las fibras ópticas pueden ser monomodo o multimodo.

Las fibras ópticas del tipo multimodo se emplean en cortas distancias, generalmente menores a un kilómetro, sin embargo, esto no significa que para tales distancias no se pueda emplear fibra monomodo. La literatura al respecto indica que son más económicas que las fibras monomodo, pero en la actualidad, en el Ecuador las fibras multimodo son más costosas que las monomodo, esto quizás pueda deberse a las leyes de mercado como la oferta y la demanda. Esto se detalla en la tabla 18 a continuación.

<b>MONOMODO VS MULTIMODO</b>		
	<b>MONOMODO</b>	<b>MULTIMODO</b>
Fuente de Luz	LASER	LED ó LASER
Acoplamiento de la Fuente	Difícil debido a las dimensiones	Más fácil que en el caso anterior
Potencia comunicada a la fibra	Muy Poca	Mayor potencia transmitida
Ancho de banda	Limitado por la dispersión cromática, pero muy elevado	Limitado por la dispersión intermodal y mucho menor que el anterior
Dimensiones	Radio entre 5 y 10 micras	Radio de varias decenas de micras
Tipos según su estructura	De salto de índice	De salto de índice y de índice gradual
Montaje	En grupos de varios cientos de fibras	Solas o en grupos
Utilización en comunicaciones	Es la más empleada	Para distancias cortas

**Tabla 18.** Fibras Monomodo vs Multimodo.

Fuente: "Grupo Orion"

Elaborada por: Grupo Orion.

Para comunicaciones ópticas a gran distancia se emplean actualmente cables de fibras monomodo, formados por grupos de varios cientos de fibra bajo una misma cubierta de protección, debido sobre todo a su gran ancho de banda. Las fibras multimodo se emplean en redes de comunicación internas, donde las distancias son cortas, debido a su factibilidad de montaje y al menor costo que supone su instalación.

### **6.9.3 TIPO DE TENDIDO DE LA FIBRA ÓPTICA.**

Existen dos tipos de tendido de fibra óptica:

- ✓ Tendido de fibra óptica aérea.
- ✓ Tendido de fibra óptica subterránea.

#### **6.9.3.1 TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA AÉREA.**

Esta es una alternativa de tendido para la red de acceso en lo referente a fibra óptica.

El tendido de fibra óptica aérea se despliega utilizando postes de alumbrado público instalados en las calles.

Esta opción se descarta porque se quiere evitar el congestionamiento de cables en los postes de las calles y avenidas de este sector, además que dan mal aspecto estético a la ciudad.

#### **6.9.3.2 TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA SUBTERRANEA.**

Para poder implementar esta alternativa de tendido se debe tener en cuenta la factibilidad física de su implementación así como el presupuesto de la misma.

Como el diseño de la red de acceso con fibra óptica es para uso de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P., no hay la necesidad de alquilar ductos porque se ocupará los existentes de esta empresa para de esta manera conectar físicamente el ISP con los edificios de la parte Sur de la ciudad de Ambato.

Por la razón citada anteriormente se toma esta alternativa para la implementación de esta red de acceso, además que cambiaría la estética de los postes de la red eléctrica que se encuentran llenos de cables.

Para este tendido utilizaremos la fibra óptica monomodo canalizada G-655 que es la más rentable y la que se utiliza para este tipo de redes de acceso FTTB.

Se ha realizado el estudio y la verificación para definir la ruta más accesible revisando los ductos de canalización libres por donde se puede pasar la fibra óptica para los edificios del sector sur la ciudad.

Los ductos se encuentran como se indica en las figuras 53 (a, b).



(a)



(b).

**Figura 53.** Pozos y Ductos de canalización para Fibra Óptica.

**Fuente:** Investigador.

**Elaborada por:** Freddy Oviedo.

La ruta de la red de acceso con fibra óptica FTTB del ISP a los usuarios de la parte Sur de Ambato se muestra en la figura 54.



**Figura 54.** Ruta de la fibra óptica para la red de Acceso en el sector sur de Ambato.

**Fuente:** Google Earth.

**Elaborada por:** Freddy Oviedo.

Para la red de acceso correspondiente al edificio del Colegio Pedro Frías Carrasco la fibra óptica sale desde el ISP por la canalización existente en la calle Chaquitinta luego a la Av. Los Shyris en dirección Norte – Suroeste hasta la intersección con la Av. Atahualpa allí gira al Sur siguiendo la avenida hasta llegar al interior del edificio del Colegio Pedro Frías.

La longitud total del tendido de fibra óptica desde el ISP hasta el edificio del Colegio Pedro Frías es de 943,30 m, como se indica en la tabla 19.

<b>LONGITUD DE FIBRA (m) ISP - COLEGIO PEDRO FRIAS</b>	
CENTRAL ISP - PZ 1	50,00
PZ 1 - PZ 20	868,30
PZ 20 - DSLAM	25,00
<b>TOTAL FIBRA</b>	<b>943,30</b>

**Tabla 19.** Longitud de fibra óptica de la central CNT (ISP) al edificio del Colegio Pedro Frías Carrasco.

La pasada de fibra canalizada de la red de acceso para el edificio de Automotores de la Sierra S.A., sale desde el ISP de la calle Chaquitinta en dirección Este hasta la Avenida Los Shyris luego hacia el Suroeste hasta la intersección con la Av. Atahualpa de ahí al Sur hasta llegar al redondel de la ciudadela Las Catilnarias para luego ingresar al edificio de dicha empresa.

La longitud necesaria de fibra para esta red de acceso desde el ISP hasta el edificio de la concesionaria es de 1102,10 m, esto se detalla en la tabla 20.

<b>LONGITUD DE FIBRA (m) ISP - AUTOMOTORES DE LA SIERRA S.A.</b>	
CENTRAL ISP - PZ 1	50,00
PZ 1 - PZ 22	982,10
PZ 22 - DSLAM	70,00
<b>TOTAL FIBRA</b>	<b>1102,10</b>

**Tabla 20.** Longitud de fibra óptica de la central CNT (ISP) al edificio de Automotores de la Sierra S.A.

Para la red de acceso con fibra óptica canalizada desde el ISP hasta el edificio del Mall de los Andes sale desde la calle Chaquitinta al pozo 1 luego a la Av. Los Shyris en dirección Suroeste a la intersección con la Av. Atahualpa para luego ir al Sur hasta el redondel de la ciudadela Las Catilnarias al pozo 25 y al interior del edificio del centro comercial.

La longitud de fibra óptica canalizada que se necesita para esta red de acceso desde el ISP hasta el edificio del centro comercial Mall de los Andes es de 1206,10 m, lo cual esta detallado en la tabla 21.

<b>LONGITUD DE FIBRA (m) ISP - MALL DE LOS ANDES</b>	
CENTRAL ISP - PZ 1	50,00
PZ 1 - PZ 25	1111,10
PZ 25 - DSLAM	45,00
<b>TOTAL FIBRA</b>	<b>1206,10</b>

**Tabla 21.** Longitud de fibra óptica de la central CNT (ISP) al edificio del Mall de los Andes.

De la misma manera para el edificio del H. Municipio de Ambato la fibra óptica para la red de acceso sale desde la central del ISP en la calle Chaquitinta a la Avenida Los Shyris en dirección Suroeste que llega a la intersección con la Avenida Atahualpa que en dirección Sur llega a la ciudadela San Roque por la Calle El salado e ingresa al edificio de esta Institución.

La longitud de fibra óptica canalizada necesaria para esta red de acceso desde el ISP hasta el edificio del H. Municipio de Ambato es de 1538,60 m, esta distancia se encuentra detallada en la tabla 22.

<b>LONGITUD DE FIBRA (m) ISP - H. MUNICIPIO DE AMBATO</b>	
CENTRAL ISP - PZ 1	50,00
PZ 1 - PZ 36	1438,60
PZ 36 - DSLAM	50,00
<b>TOTAL FIBRA</b>	<b>1538,60</b>

**Tabla 22.** Total de fibra óptica del ISP al edificio del H. Municipio de Ambato.

Y por último para el edificio de la Cooperativa de Ahorro y Crédito “San Alfonso Ltda.” la fibra óptica para le red de acceso sale desde la central ISP hasta el pozo ubicado en la calle Chaquitinta al Este hasta la Avenida Los Shyris luego en dirección Suroeste hasta la intersección con la Avenida Atahualpa que sigue en dirección Sur hasta el redondel de la Parroquia Huachi Chico hasta el pozo 50 y de ahí que ingresa al edificio de esta entidad financiera.

La longitud de fibra óptica para esta red de acceso de la central del ISP hasta el edificio de la Cooperativa de Ahorro y Crédito “San Alfonso Ltda.” es de 2294,30 metros, lo cual se detalla en la tabla 23.

<b>LONGITUD DE FIBRA (m) ISP - COOP. SAN ALFONSO Ltda.</b>	
CENTRAL ISP - PZ 1	50,00
PZ 1 - PZ 50	2229,30
PZ 50 - DSLAM	15,00
<b>TOTAL FIBRA</b>	<b>2294,30</b>

**Tabla 23.** Longitud de fibra óptica de la central CNT (ISP) al edificio de la Cooperativa “San Alfonso Ltda.”

Cabe recalcar que las distancias que se muestran en las tablas anteriores se encuentran sin considerar la reserva de 50 metros que se debe dejar cada 500 m de fibra canalizada que en el momento de la implementación se deberán considerar para los casos de fusiones de fibra óptica en caso de que sufran algún corte y deterioro.

En los siguientes planos se detalla la ubicación de los pozos por los cuales se va la fibra óptica para le red de acceso FTTB con VDSL2 a cada uno de los edificios del sector Sur de la ciudad de Ambato.

#### **6.9.4 EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES Y ELEMENTOS QUE CONFORMAN ESTA RED DE ACCESO.**

La red de acceso FTTB cuenta con elementos y equipos fundamentales que se mencionan a continuación:

- ✓ Fibra Óptica.
- ✓ Par trenzado de cobre.
- ✓ Equipo OLT Gigabit Ethernet PON.
- ✓ Equipo ONT Gigabit Ethernet PON.
- ✓ DSLAM VDSL2.
- ✓ ODF.
- ✓ Conectores de fibra óptica.
- ✓ Patch Cord de fibra óptica y UTP.
- ✓ Racks.
- ✓ UPS.

Adicionalmente cabe mencionar que dentro de las instalaciones de los usuarios, se tiene módems VDSL2 y Splitters que son complementos de la red de acceso aunque no forman parte de la misma pero permiten acceder a los servicios de esta.

##### **6.9.4.1 FIBRA ÓPTICA PARA LA RED DE ACCESO.**

Como ya se mencionó anteriormente la fibra óptica que se utilizará en esta red de acceso FTTB es monomodo canalizada de 12 hilos G655.

Conectará físicamente al OLT ubicado en el ISP de la central de CNT E.P. con el ONT de cada edificio del sector Sur de la ciudad de Ambato (cabe recalcar que los ODFs son los que conectan la fibra óptica y de ahí a los OLT y ONT de cada lugar)

##### **6.9.4.2 PAR TRENZADO DE COBRE.**

El par trenzado de cobre es muy utilizado en redes de acceso como medio de transmisión.



En el caso de esta red de acceso FTTB no se requiere una inversión extra de par trenzado pues se emplea el existente en el edificio del usuario; esta es una de las ventajas de las redes xDSL.

Tanto los edificios del Colegio Pedro Frías Carrasco, Automotores de la Sierra S.A., Mall de los Andes, H. Municipio de Ambato y la Coop. de ahorro y crédito “San Alfonso Ltda.”, cuentan con instalación de cobre para cada departamento, oficina y local comercial.

#### **6.9.4.3 EQUIPOS OLT GIGABIT ETHERNET PON.**

El equipo OLT ubicado en el lugar donde está el ISP funciona con una interfaz entre la red de acceso y otras redes.

Para esta red de acceso se utilizará un equipo OLT con tecnología Gigabit Ethernet diseñado para redes ópticas pasivas.

Maneja WDM (Multiplexación por División de Longitud de Onda) para que la información fluya por un solo hilo de fibra óptica, en bajada utiliza la ventana de 1490 nm, en subida 1310 nm y de ser necesario puede utilizar la ventana de 1550 nm para difusión de video, que permite al usuario tener televisión bajo suscripción.

En la figura 55 se observa el OLT Gigabit Ethernet de Versa Technology.



**Figura 55.** Equipo OLT Gigabit Ethernet.

Fuente: “Versatek.”

Elaborada por: Versatek.

#### **6.9.4.4 EQUIPOS ONT GIGABIT ETHERNET PON.**

Los equipos ONT se encuentran localizados en los edificios. En este caso el ONT es conectado al DSLAM, utiliza Multiplexación WDM.

Para esta red de acceso se utilizará un equipo ONT con tecnología Gigabit Ethernet PON.

En la figura 56 se presenta un ONT Gigabit Ethernet PON (AN5006-06).



**Figura 56.** Equipo ONT Gigabit Ethernet.

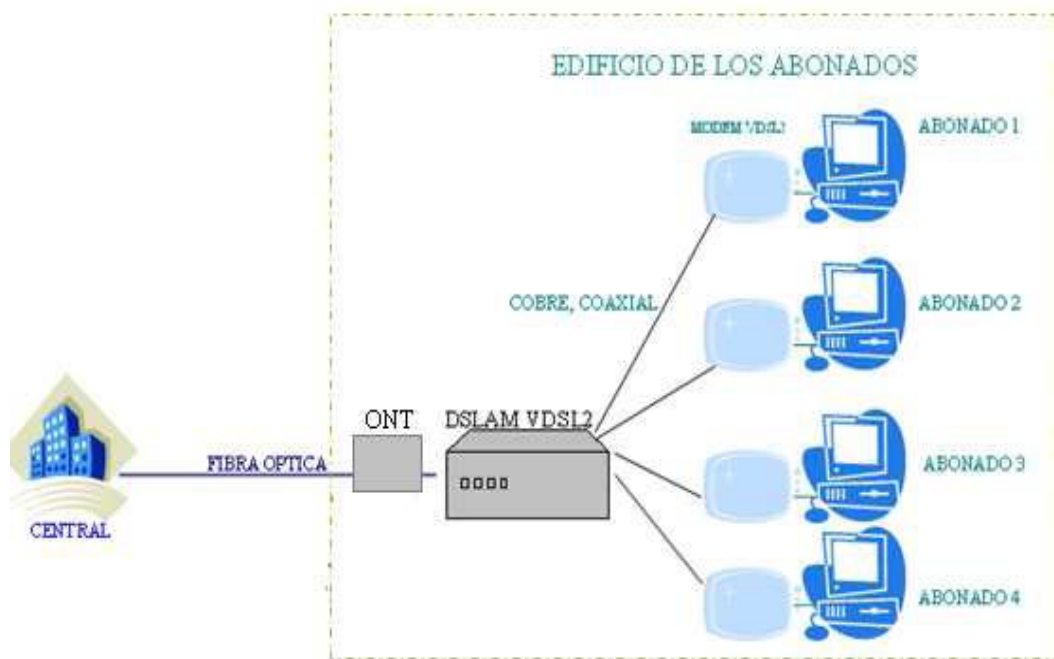
Fuente: “Versatek”

Elaborada por: Versatek.

#### **6.9.4.5 DSLAM VDSL2 (Multiplexor Digital de Acceso a la línea de Abonado para VDSL2).**

El DSLAM es un dispositivo multiplexor/demultiplexor muy utilizado en las tecnologías xDSL. La Multiplexación VDSL2 se realiza mediante un equipo DSLAM que es el multiplexor digital de acceso a la línea de abonado para la tecnología xDSL.

En el caso del presente proyecto de red de acceso FTTB el DSLAM VDSL2 está ubicado en el edificio en el que se encuentra el abonado o en un entorno cercano a este, esto se expone en la figura 57.



**Figura 57.** Ubicación del DSLAM VDSL2 en la red de acceso FTTB.

**Fuente:** Investigador.

**Elaborada por:** Freddy Oviedo.

Al DSLAM puede llegar cobre o fibra óptica desde el ONT.

Los principales fabricantes de DSLAM VDSL2 son: Versa Technology, Siemens, HUAWEI, Alcatel-Lucent, entre otros.

Los DSLAM que cumplen con los requerimientos para la red de acceso son los modelos VX-MD3024 y VX-MD3048 de Versa Technology, el primero posee 24 puertos VDSL2, mientras que el segundo 48 puertos, el número necesario para cubrir la demanda de usuarios en cada edificio garantizando escalabilidad. El DSLAM incluye dos cables RJ21, uno permite por un lado conectar el DSLAM a las líneas del PSTN, mientras que el otro se conecta a las líneas de cobre de los usuarios.

La descripción y especificaciones de los DSLAM IP VDSL2 de Versa Technology, modelo VX-MD3024 y VX-MD3048 que se muestra en la figura 58(a), (b) se encuentran en los anexos de este documento.



(a)



(b)

**Figura 58.** DSLM IP VDSL2: (a) 24 puertos (b) 48 puertos.

Fuente: "Versatek"

Elaborada por: Versatek

Estos equipos se ocuparan en los distintos edificios de la red de acceso FTTB en la zona Sur de Ambato.

#### **6.9.4.6 ODF (Optical Distribution Frame).**

También se le conoce como OFDF, es un equipo pasivo, al cual se acoplan los conectores de cada hilo de fibra óptica.

Al ODF ubicado en el ISP llega la fibra óptica correspondiente al edificio del Colegio Pedro Frías Carrasco (12 hilos), el edificio de Automotores de la Sierra S.A. (12 hilos), el edificio del Mall de los Andes (12 hilos), el edificio del H. Municipio de Ambato (12 hilos) y el edificio de la Coop. de Ahorro y Crédito "San Alfonso Ltda." (12 hilos) por lo tanto este ODF debe albergar por lo menos 60 a 64 hilos, o a su vez se tendría que ubicar un ODF de 12 hilos para cada uno de los enlaces de fibra pero esto incrementaría el presupuesto de la adquisición de

los ODF y también ocuparía mucho espacio en la central ISP, por lo tanto la mejor opción es instalar un ODF de 64 o 72 puertos para que cubra la totalidad de la red.

En la figura 59 se puede visualizar los tipos de ODF de 72 (a) puertos y de 12 puertos (b).



(a)



(b)

**Figura 59.** (a) ODF de 72 puertos (b) ODF de 12 puertos.

**Fuente:** "Fibercom"

**Elaborada por:** Fibercom

Como podemos apreciar existen los ODF necesarios en el mercado para la red de acceso FTTB para los cuales se tendrá que ubicar en los cuartos del sistema de comunicaciones tanto en la central del ISP y en los edificios correspondientes del sector Sur.

#### **6.9.4.7 CONECTORES DE FIBRA ÓPTICA.**

Los conectores o elementos que se sitúan en los extremos de las fibras ópticas.

En el mercado de las telecomunicaciones se encuentran distintos tipos de conectores de fibra óptica los más utilizados se citan a continuación:

- ✓ FC.
- ✓ LC.
- ✓ SC.
- ✓ ST.
- ✓ MU.
- ✓ MTRJ.

En este proyecto se utilizarán los conectores FC – FC para la fibra óptica.

##### **6.9.4.7.1 CONECTORES TIPO FC.**

Es muy utilizado en redes de transporte para operadoras telefónicas, televisión por cable, etc., también es empleado en equipamiento de laboratorios.

En la figura 60 se muestra un conector FC.



**Figura 60.** Conectores FC.

Fuente: "Fibercom"

Elaborada por: Fibercom

Los equipos OLT y ONT utilizan puertos de fibra óptica para conectores tipo SC, sin embargo no se requiere tener conectores sueltos puesto que los Patch Cord de fibra óptica los llevan incluidos en sus extremos.

#### **6.9.4.8 PATCH CORD DE FIBRA ÓPTICA Y UTP.**

El Patch Cord de fibra es un cable que como su nombre lo indica es de fibra óptica utilizado para conexión intermedia, sirve para conectar un equipo con otro.

Los Patch Cord de fibra óptica en esta red de acceso se utilizarán para conectar el ODF con el ONT. De igual manera, en donde se encuentra ubicado el ISP se debe tener un Patch Cord que conecte el ODF instalado allí con el OLT.

Los Patch Cord de fibra óptica pueden ser monomodo o multimodo y en cada extremo tienen un conector, los mismos que pueden ser del mismo tipo o uno diferente del otro. Las longitudes también son muy variadas.

Para la red de acceso se utilizarán Patch Cord FC-FC los mismos que conectarán el ODF con el equipo ONT, en el cuarto de telecomunicaciones de cada edificio se necesitará un Patch Cord de fibra óptica. También se requiere un Patch Cord en donde se encuentra ubicado el ISP para conectar el ODF con el OLT.

En la figura 61 se puede apreciar el Patch Cord FC- FC que se utilizara en este proyecto.



**Figura 61.** Patch Cord tipo FC – FC.

Fuente: “Compucanjes”

Elaborada por: Compucanjes

El Patch Cord UTP está constituido generalmente por cable UTP categoría 6, los mismo que interconectarán a cada equipo ONT con su respectivo DSLAM.

En la figura 62 se puede observar los Patch Cord de UTP.



**Figura 62.** Patch Cord Cable UTP Cat. 6.

Fuente: "Compucanjes"

Elaborada por: Compucanjes

#### **6.9.4.9 RACK.**

El rack sirve para albergar equipos electrónicos o de telecomunicaciones, puede tener forma de bastidor o estar expuesto sin recubrimiento alguno. Sus dimensiones están normalizadas para permitir la compatibilidad con los equipos independientemente de quien sea su fabricante.

Algunos racks (tipo armario) cuentan con uno o más ventiladores para evitar el recalentamiento de los equipos.

En la figura 63 se puede apreciar algunos tipos de racks.



**Figura 63.** Tipos de Racks.

Fuente: "Diretel"

Elaborada por: Diretel.net



Para esta red de acceso se necesita 6 racks, uno para cada edificio y uno para la centra ISP, los cuales serán de 2,2M X 19'' de 44 Unidades.

#### **6.9.4.10 UPS (Uninterruptible Power Supply).**

El UPS es un dispositivo que provee energía eléctrica a los equipos conectados a él, aun cuando la energía eléctrica no esté presente en los tomacorrientes, es decir, después de un apagón o corte. El tiempo que suministra energía dependerá de la carga conectada y de las características del UPS.

Actualmente los UPS funcionan también como reguladores de voltaje, razón por la que pueden prolongar la vida útil de los equipos conectados a él. En la figura 64 se puede visualizar tres tipos de UPS.



**Figura 64.** UPS marca APC.

Fuente: "Smart UPS"

Elaborada por: Schneider Electric.

Para la red de acceso se necesita 6 UPS, uno en cada edificio y otro en donde se encuentra el OLT.

Para determinar el presupuesto del UPS se debe conocer la potencia de los dispositivos que se van a conectar. En la tabla 24 se detallan las potencias de los equipos en cada caso.

<b>POTENCIA (W)</b>	
En la ubicación del OLT	Equipo OLT: 300
	<b>TOTAL: 300</b>
En el Ed. Col. Pedro Frías C.	Equipo ONT: 30
	DSLAM: 60
	<b>TOTAL: 90</b>
En el Ed. Automotores de la Sierra S.A.	Equipo ONT: 30
	DSLAM: 60
	<b>TOTAL: 90</b>
En el Ed. Mall de los Andes	Equipo ONT: 30
	DSLAM: 60
	<b>TOTAL: 90</b>
En el Ed. H. Municipio de Ambato	Equipo ONT: 30
	DSLAM: 60
	<b>TOTAL: 90</b>
En el Ed. Coop. "San Alfonso Ltda."	Equipo ONT: 30
	DSLAM: 60
	<b>TOTAL: 90</b>

**Tabla 24.** Detalle de la potencia de cada equipo.

En la tabla anterior se puede concluir que los requerimientos en UPS son los siguientes: el que está ubicado en el OLT debe tener la capacidad de proveer como mínimo 300 Vatios mientras que los que están ubicados en los edificios deben manejar una potencia de al menos 90 Vatios.

Los equipos UPS existentes en el mercado, generalmente tienen capacidad de proveer 700 Vatios en adelante, la red de acceso FTTB utilizará 6 UPS marca: POWERWARE, modelo: 9120, de manera que en caso de interrupción del servicio eléctrico deberán proveer por lo menos 3 horas de energía eléctrica.

#### **6.9.4.11 MODEM VDSL2.**

El modem VDSL2 localizado en la oficina del usuario le permite conectarse a Internet. Es un equipo que realiza la modulación/demodulación. La modulación es

el proceso en el cual el módem recibe información digital y envía por la línea de cobre información analógica ya modulada. El proceso de demodulación en el módem es inverso al anterior, es decir, le llega por la línea de cobre información analógica y luego es convertida en información digital.

Para utilizar VDSL2 se requiere un módem apto para dicha tecnología. Los módems VDSL2 deben soportar altas tasas de transmisión de datos, teóricamente hasta 100 Mbps.

El módem VX-VEB165 se ajusta a los requerimientos técnicos. Emplea la modulación CAP/QAM.

En la figura 65 se muestra un MÓDEM VDSL2.



**Figura 65.** Modem VDSL2.

Fuente: "Versatek"

Elaborada por: Versatek.

Específicamente el modem no forma parte de la red de acceso, se lo menciona por su importancia en la tecnología VDSL2 que se está utilizando en este proyecto.

#### **6.9.4.12 SPLITTERS O DIVISORES.**

El Splitter tiene un filtro pasa bajos que deja pasar la información telefónica (voz) hacia o desde el teléfono, posee también un filtro pasa altos que permite el paso de frecuencias altas que salen y llegan al módem. Gracias a ello la comunicación

telefónica de voz no se ve afectada si al mismo tiempo existe transmisión de datos por línea de cobre (par trenzado) desde o hacia el módem.

De igual manera el Splitter VDSL2 propiamente no es parte de la red de acceso, se lo menciona por su importancia en VDSL2 y en general en las tecnologías xDSL. *No se debe confundir con los Splitter ópticos empleados como divisores en las PON.*

En la figura 66 se presenta la localización y forma de conexión de un Splitter para tecnología VDSL2.



**Figura 66.** Localización y forma de conexión de un Splitter para VDSL2.

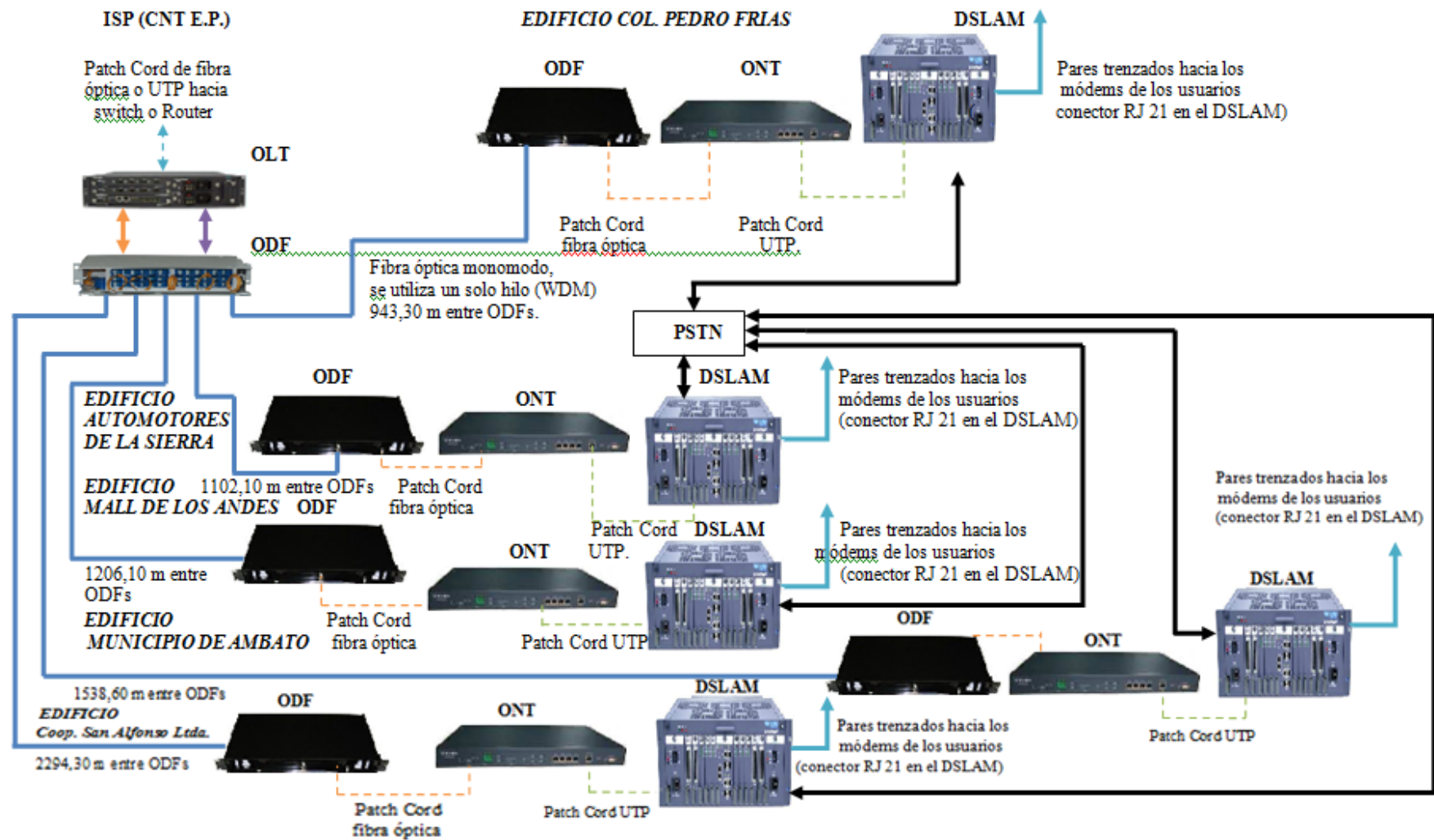
Fuente: "Versatek"

Elaborada por: Versatek.

En la figura anterior se puede apreciar que la línea de cobre llega al Splitter en donde se realiza la división para la línea telefónica y al módem del servicio de internet para que de esta forma no interfiera con la comunicación simultánea de estos servicios.

## **6.10 PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL PROYECTO.**

Para tener el presupuesto general del proyecto de la red de acceso FTTB para la zona Sur de la ciudad de Ambato se realizó un inventario de los materiales que se necesitarán para estructurar el sistema de comunicación para cada edificio.



**Figura 67.** Esquema de Distribución de la Red de Acceso FTTB.

Fuente: Investigador.

Elaborada por: Freddy Oviedo.

En la tabla 25 se detallan los materiales que se necesitaran:

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>
Pasada de Fibra Óptica	7.084,40 (m)
Equipo OLT	1 (U)
Equipos ONT	5 (U)
DSLAM 24 Puertos	3 (U)
DSLAM 48 Puertos	2 (U)
ODF 72 Puertos	1 (U)
ODF 12 Puertos	5 (U)
Patch Cords (FC-FC)	6 (U)
Patch Cords (UTP Cat.6)	5 (U)
Racks	6 (U)
Bandejas	22 (U)
UPS (100W)	5 (U)
UPS (300 W)	1 (U)

**Tabla 25.** Listado de Materiales que se ocuparan en la red de acceso.

En la tabla 26 se indica la longitud de la fibra óptica que se va a utilizar en los diferentes enlaces de la central de comunicaciones CNT E.P. hacia cada edificio.

<b>LONGITUD TOTAL DE FIBRA ÓPTICA</b>	
<b>EDIFICIOS PARA LA RED</b>	<b>DISTANCIA</b>
ISP - Colegio Pedro Frías Carrasco	943,30 m
ISP - Automotores de la Sierra S.A.	1102,10 m
ISP - Mall de los Andes	1206,10 m
ISP - H. Municipio de Ambato	1538,60 m
ISP - Coop. San Alfonso Ltda.	2294,30 m
<b>TOTAL DE FIBRA ÓPTICA</b>	<b>7084,40 m</b>

**Tabla 26.** Cantidad de fibra óptica del ISP – Edificios.

En la tabla 27 se puede apreciar los costos de los dos tipos de fibras ópticas.

<b>COSTO DE FIBRAS ÓPTICAS</b>	
Fibras Monomodo 12 Hilos	\$ 3,56
Fibras Multimodo 12 Hilos	\$ 8,20

**Tabla 27.** Costo de los diferentes tipos de fibra óptica.

**Fuente:** “Precios de CNT E.P. 2010, Sercomtel”

**Elaborada por:** CNT E.P.

La red de acceso empleará fibra óptica monomodo desde el ISP hasta los edificios en los cuales se encuentran los usuarios, debido a que en el mercado de las telecomunicaciones está desapareciendo la fibra óptica multimodo y sus equipos se encarecen cada vez más. El costo por concepto de fibra óptica monomodo en relación a la multimodo también se reduce en casi cinco dólares por metro.

De igual manera para el presupuesto total del OLT que se ocupará en la red de acceso FTTB, en la tabla 28 se encuentra un resumen del presupuesto para este equipo necesario en la central ISP.

En la siguiente tabla se toma en cuenta el precio que tienen los equipos en Estados Unidos aproximadamente y se incrementó el 25% de aranceles por importación.

<b>PRESUPUESTO</b>		
OLT VX-EP3108	Costo unitario	COSTO TOTAL= Costo unitario +Aranceles
	\$ 4.120,00	$(4120,00*0,25)+4120,00=5150,00$
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 5.150,00</b>

**Tabla 28.** Presupuesto para los equipos OLT Gigabit Ethernet PON.

En la tabla 29 se presenta el presupuesto de ONT para la red de acceso FTTB.

<b>PRESUPUESTO</b>		
ONT AN5006-06	Costo unitario	COSTO TOTAL= Costo unitario + Aranceles
	\$ 540,00	$(540,00*5)+675=3375,00$
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 3.375,00</b>

**Tabla 29.** Presupuesto para los equipos ONT Gigabit Ethernet PON.

Para el presupuesto de los ONT que se necesita para la red de acceso se resume el presupuesto en la tabla 30 para cada edificio del sector Sur de la ciudad de Ambato para la red de acceso con fibra óptica mediante FTTB.

<b>PRESUPUESTO</b>		
VX-MD3024	Costo unitario	COSTO TOTAL= Costo unitario +Aranceles
	\$ 1.950,00	Para la red de acceso del Colegio Pedro Frías $1950+(1950*0,25) = \mathbf{2437,50}$
VX-MD3024	\$ 1.950,00	COSTO TOTAL= Costo unitario +Aranceles
		Para la red de acceso del Automotores de la Sierra $1950+(1950*0,25) = \mathbf{2437,50}$
VX-MD3048	\$ 3.600,00	COSTO TOTAL= Costo unitario +Aranceles
		Para la red de acceso del Mall de los Andes $3600+(3600*0,25) = \mathbf{4500,00}$
VX-MD3048	\$ 3.600,00	COSTO TOTAL= Costo unitario +Aranceles
		Para la red de acceso del H. Municipio de Ambato $3600+(3600*0,25) = \mathbf{4500,00}$
VX-MD3024	\$ 1.950,00	COSTO TOTAL= Costo unitario +Aranceles
		Para la red de acceso de la Coop. "San Alfonso Ltda." $1950+(1950*0,25) = \mathbf{2437,50}$
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 16.312,50</b>

**Tabla 30.** Presupuesto de DSLAM VDSL2 para los edificios en el sector Sur de la ciudad de Ambato.

En la tabla 31 se resume el presupuesto de los ODF de 12 hilos y 72 hilos de fibra óptica para la conexión entre la central ISP y los edificios de la red.



<b>PRESUPUESTO</b>		
	Costo unitario	COSTO TOTAL
ODF (12 PUERTOS)	\$ 382,18	PARA LOS EDIFICIOS:
		382,18*5 = <b>1910,90</b>
ODF (72 PUERTOS)	\$ 1.750,00	PARA EL ISP:
		1750*1 = <b>1750,00</b>
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 3.660,90</b>

**Tabla 31.** Presupuesto de ODF para ISP y edificios.

En la tabla 32 se presenta el presupuesto para por concepto de Patch Cord.

<b>PRESUPUESTO</b>		
	Costo unitario	COSTO TOTAL
PATCH CORD FIBRA ÓPTICA FC- FC (2m)	\$ 27,38	Para el ISP:
		27,38*1=27,38
		Para la red de acceso COL. Pedro Frías Carrasco:
		27,38*1=27,38
		Para la red de acceso Automotores de la Sierra S.A.:
		27,38*1=27,38
		Para la red de acceso Mall de los Andes:
		27,38*1=27,38
		Para la red de acceso H. Municipio de Ambato:
27,38*1=27,38		
PATCH CORD UTP Cat. (6) (3m)	\$ 8,00	Para la red de acceso COL. Pedro Frías Carrasco:
		8,00*1=8,00
		Para la red de acceso Automotores de la Sierra S.A.:
		8,00*1=8,00
		Para la red de acceso Mall de los Andes:
		8,00*1=8,00
		Para la red de acceso H. Municipio de Ambato:
8,00*1=8,00		
Para la red de acceso Coop. "San Alfonso Ltda.":		
8,00*1=8,00		
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 204,28</b>

**Tabla 32.** Presupuesto para Patch Cord.

En la tabla 33 se detalla el presupuesto para los UPS con el tipo de baterías requeridas en cada caso (con la carga conectada deben proveer al menos 3 horas de servicio en caso de interrupción de la energía eléctrica.)

<b>PRESUPUESTO</b>		
	Costo Unitario	Costo Total
UPS APC Smart Sua 1000 Xli (800W)	\$ 200,00	Para el ISP:
		200,00*1= <b>200,00</b>
	\$ 200,00	Para los Edificios del Sector Sur:
		200,00*5= <b>1000,00</b>
<b>TOTAL:</b>		<b>\$ 1200,00</b>

**Tabla 33.** Presupuesto para UPS.

En la tabla 34 se muestra el presupuesto por concepto de racks.

<b>PRESUPUESTO</b>		
	Costo unitario	COSTO TOTAL
RACK MARCA: QUEST	\$ 220,97	Para el ISP:
		220,97*1=220,97
		Para la red de acceso de los 5 Edificios:
		220,97*5=1104,85220,97
BANDEJAS	\$ 15,59	Para el ISP:
		15,59*2=31,18
		Para la red de acceso de los 5 Edificios:
		15,59*20=311,80
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 1.668,80</b>

**Tabla 34.** Presupuesto de Racks.

Se está tomando el precio incluido mano de obra de acuerdo a los precios de CNT.

En la tabla 35 se presenta el presupuesto para los módems VDSL2.

<b>PRESUPUESTO</b>		
	Costo Unitario	Costo Total=N° * (Costo Unitario ) + Aranceles
Modem VX- VEB165	\$ 79,00	Para el Col. Pedro Frías C.:
		$(55*79)+1086,25=$ <b>5431,25</b>
		Para Automotores de la Sierra:
		$(8*79)+158=$ <b>790,00</b>
		Para el Mall de los Andes:
		$(48*79)+948=$ <b>4740,00</b>
		Para el H. Municipio de Ambato:
		$(60*79)+1185=$ <b>5925,00</b>
Para la Coop. "San Alfonso Ltda.":		
$(3*79)+59,25=$ <b>296,25</b>		
<b>TOTAL:</b>		<b>\$ 17.182,50</b>

**Tabla 35.** Tabla de Presupuesto para Módems.

Cada usuario tendrá un Splitter, en la tabla 36 se aprecia el presupuesto por concepto de los splitters.

<b>PRESUPUESTO</b>		
	Costo Unitario	Costo Total=N° * Costo Unitario
SPLITTER	\$ 5,00	Para el Col. Pedro Frías C.:
		$55*5,00=$ <b>275,00</b>
		Para Automotores de la Sierra:
		$8*5,00=$ <b>40,00</b>
		Para el Mall de los Andes:
		$48*5,00=$ <b>240,00</b>
Para el H. Municipio de Ambato:		
$60*5,00=$ <b>300,00</b>		
Para la Coop. "San Alfonso Ltda.":		
$3*5,00=$ <b>15,00</b>		
<b>TOTAL:</b>		<b>\$ 870,00</b>

**Tabla 36.** Tabla de presupuesto para splitters.

En esta tabla se encuentra el valor total de equipos de VDSL2 y splitters para todos los edificios de la parte Sur de la ciudad de Ambato.

Como estos equipos se encuentran dentro de los edificios y no pertenecen a la red no se los toma en cuenta en la tabla de presupuesto general.

Los valores de cantidad son estimados por lo tanto podrían ser superiores o inferiores dependiendo de la necesidad del cliente.

En la tabla 37 se presenta el resumen de costos para la red de acceso para los edificios Colegio Pedro Frías Carrasco, Automotores de la Sierra S.A., Mall de los Andes, H. Municipio de Ambato y Coop. de ahorro y crédito “San Alfonso Ltda.”

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
Pasada de Fibra Óptica	7.084,40 m	\$ 3,56	\$ 25.220,46
Equipo OLT	1 (U)	\$ 5.150,00	\$ 5.150,00
Equipos ONT	5 (U)	\$ 675,00	\$ 3.375,00
DSLAM 24 Puertos	3 (U)	\$ 2.437,50	\$ 7.312,50
DSLAM 48 Puertos	2 (U)	\$ 4.500,00	\$ 9.000,00
ODF 72 Puertos	1 (U)	\$ 1.750,00	\$ 1.750,00
ODF 12 Puertos	5 (U)	\$ 382,18	\$ 1.910,90
Patch Cords (FC-FC)	6 (U)	\$ 27,38	\$ 164,28
Patch Cords (UTP Cat.6)	5 (U)	\$ 8,00	\$ 40,00
Racks	6 (U)	\$ 220,97	\$ 1.325,82
Bandejas	22 (U)	\$ 15,59	\$ 342,98
UPS (800W)	6 (U)	\$ 1200,00	\$ 1200,00
<b>TOTAL:</b>			<b>\$ 56.791,94</b>

**Tabla 37.** Tabla de Presupuesto General del proyecto.

Fuente: “Contabilidad de Costos”

Elaborada por: Horngren Charles

La instalación de fibra óptica canalizada está contemplada con costos de mano de obra, así como los ODF, Patch Cord y racks. Es importante tomar en cuenta que no se presenta el presupuesto por concepto de cableado de cobre, debido a que las tecnologías xDSL fueron diseñadas para utilizar los cableados existentes, por tal razón en este diseño se utilizara este cable.

A continuación en la tabla 38 se muestra un estimado del presupuesto que se utilizará en los edificios tanto en splitters y módems VDSL2 para cada oficina.

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
MODEMS VDSL2	174 U	\$ 98,75	\$ 17.182,50
SPLITTERS	174 U	\$ 5,00	\$ 870,00
<b>TOTAL:</b>			<b>\$ 18.052,50</b>

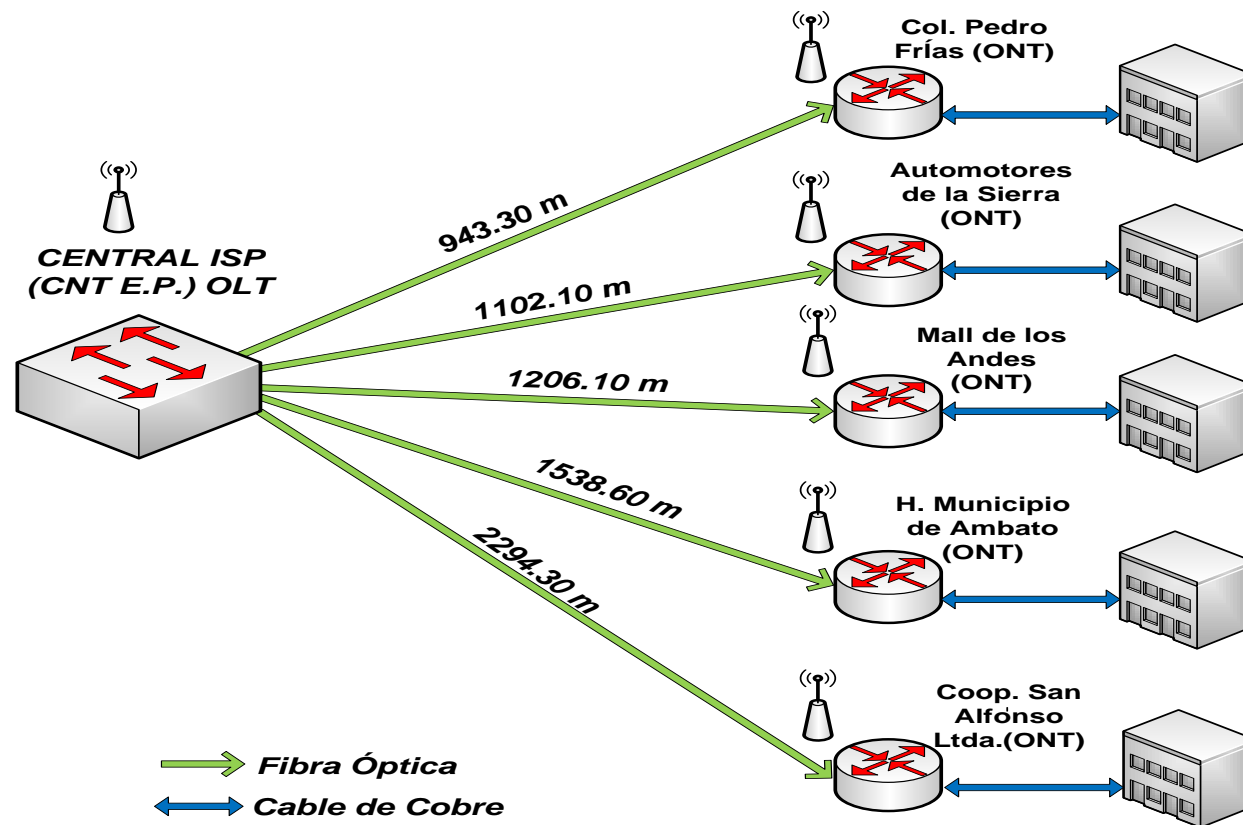
**Tabla 38.** Tabla de presupuesto de equipos ubicados en las instalaciones de los usuarios.

En la figura 68 se puede apreciar un diagrama completo de la red de acceso con fibra óptica mediante tecnología FTTB para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. en la zona Sur de la ciudad de Ambato; en la cual se indica cómo van interconectados los equipos y materiales mencionados anteriormente en este capítulo.

#### **6.10 DIAGRAMA LÓGICO DE LA RED DE ACCESO CON FIBRA ÓPTICA MEDIANTE FTTB.**

Para la red de acceso FTTB se ha utilizado una topología tipo estrella como ya se mencionó anteriormente por la ubicación de la central ISP y los edificios del sector Sur de la ciudad de Ambato.

En la figura 67 se representa el diagrama lógico para esta red de acceso.



**Figura 67.** Diagrama Lógico de la Red de Acceso.

Fuente: Investigador.

Elaborada por: Freddy Oviedo.

En la figura anterior se puede observar la distribución de los equipos de la red de acceso con fibra óptica para FTTB a cada edificio del Sector Sur de la ciudad de Ambato y la manera en la que van distribuidos y conectados.

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **7.1 CONCLUSIONES.**

- ✓ Debido al avance de las telecomunicaciones a nivel mundial y nacional han surgido nuevas tecnologías capaces de proveer a los usuarios nuevos y mejores servicios, siendo las redes FTTB una buena alternativa para acceder a aplicaciones que requieren banda ancha utilizando el cableado de cobre existente, esto gracias a VDSL2 que también es de última generación.
- ✓ Se puede concluir que FTTB es un complemento para la tecnología VDSL2, ya que al basarse en fibra óptica brinda las ventajas que esta ofrece tales como bajos niveles de atenuación, inmunidad al ruido e interferencias y altas tasas de transmisión de datos, además utiliza el cableado de cobre existente en los edificios, por lo que reduce considerablemente el costo de la red.
- ✓ En base al diseño que se realizó con FTTB se puede concluir que este tipo de redes puede alcanzar distancias de hasta 20 Km sin necesidad de amplificadores o regeneradores, reduciendo de esta manera los costos de implementación y mantenimiento, es decir que las redes que emplean esta tecnología son redes ópticas pasivas, razón por la cual es una buena alternativa en redes de área local o metropolitanas.
- ✓ En conclusión la fusión de la utilización de las redes FTTB con la tecnología VDSL2 permite ofrecer al usuario altas velocidades de transmisión de al menos 1 Mbps en sentido descendente, permitiéndole acceder a servicios como triple play (voz, datos y video).

- ✓ El tendido de fibra óptica canalizada es una alternativa importante ya que CNT E.P. cuenta con los ductos e infraestructura necesaria para implementarla, además que daría una presentación estética a los postes de la ciudad que se optimizaría espacios sin molestar a los usuarios.

## **7.2 RECOMENDACIONES.**

- ✓ Es recomendable que las instituciones de telecomunicaciones como CNT E.P. brinden una capacitación a los usuarios de este tipo de redes para que de esta manera se incentive a la construcción y utilización de la misma con el fin de sacar el mejor provecho de este medio de comunicación.
- ✓ Estas tecnologías están orientadas a lugares a los cuales los clientes tengan el suficiente poder adquisitivo para contratar los servicios que justifiquen la utilización de redes FTTB.
- ✓ Para optimizar los costos de la red de acceso con FTTB se debe utilizar topologías en árbol, conectando splitters de fibra óptica en las terminales principales con el objeto de llegar a otros edificios aledaños y de esta manera incrementar el número de usuarios.
- ✓ Es recomendable que se tenga los equipos de comunicación debidamente homologados que permitan al usuario acceder a los servicios de esta red de acceso con fibra óptica para un aprovechamiento máximo de su funcionalidad.
- ✓ Tener un control permanente de este tipo de redes de acceso para no colapsar a instituciones de servicios financieros, administrativos, institucionales y de emergencia, ya que esto truncaría el desarrollo de la ciudad y por ende de la provincia; además de un sistema de respaldo que proteja la red en caso de avería.



## **ADMINISTRACIÓN.**

### **8.1 ASPECTO OPERATIVO.**

La administración operativa (CNT E.P.) va a estar encargada de la ejecución y funcionamiento de la red de acceso para que de esta manera los usuarios puedan tener acceso las 24 horas del día durante todo el año sin interrupción, que abarcaría también la administración del sistema, el correcto posicionamiento de los equipos, la configuración adecuada de los mismos; para que de esta manera la red este operando eficientemente.

### **8.2 ASPECTO LOGÍSTICO.**

La administración de la red de acceso en el aspecto logístico está diseñada acorde a las necesidades de los usuarios del sector Sur de la ciudad, cuya infraestructura e instalaciones se encuentran adecuadas para su implementación. Por lo tanto se requiere un control permanente de equipos y servicio.

### **8.3 ASPECTO ECONÓMICO.**

En cuanto al aspecto económico, la CNT E.P. será la encargada de financiar el proyecto para su construcción y adecuación en los diferentes edificios del sector. El beneficio de esta red de acceso será mutuo ya que ayudará a expandirse a la CNT E.P. a diferentes sectores aledaños a este y por otro lado los edificios tendrán un sistema de comunicaciones con varios servicios (voz, datos y video) de mayor calidad y rapidez por el mismo costo sin tener que contratar a varias empresas para este objetivo.

### **8.4 COSTO - BENEFICIO.**

El costo–beneficio que obtendrá la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. viene dado por el número de usuarios que van a utilizar la red de acceso FTTB y el costo mensual que se cobrará a cada uno de ellos, a esto se le restaría el costo de mantenimiento que se le dará a dicha red; esto se detalla a continuación en la tabla 39.

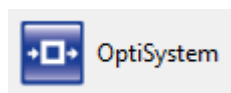
Número de Abonados	Precio Mensual	Ingreso Total	Costo de Mantenimiento	Beneficio Mensual	Costo Total de la Red de Acceso FTTB	Recuperación de la Inversión (Meces)
586	\$ 20,00	\$ 11.720,00	\$ 720,00	\$ 11.000,00	\$ 59.646,56	5,42

**Tabla 39.** Costo – Beneficio de la red de Acceso FTTB y recuperación de la Inversión.

Por lo tanto, el ingreso total menos el costo de mantenimiento nos da un beneficio mensual de la red de acceso, que al dividir esta cantidad para el costo total de la red nos da un valor de 5,42 meces en los cuales se recuperaría la inversión hecha en este proyecto.

## 8.5 SIMULACION.

Para este diseño con fibra óptica utilizamos el simulador OptiSystem que nos permite visualizar los parámetros que se dan en un enlace real con fibra, logo de la figura 70.

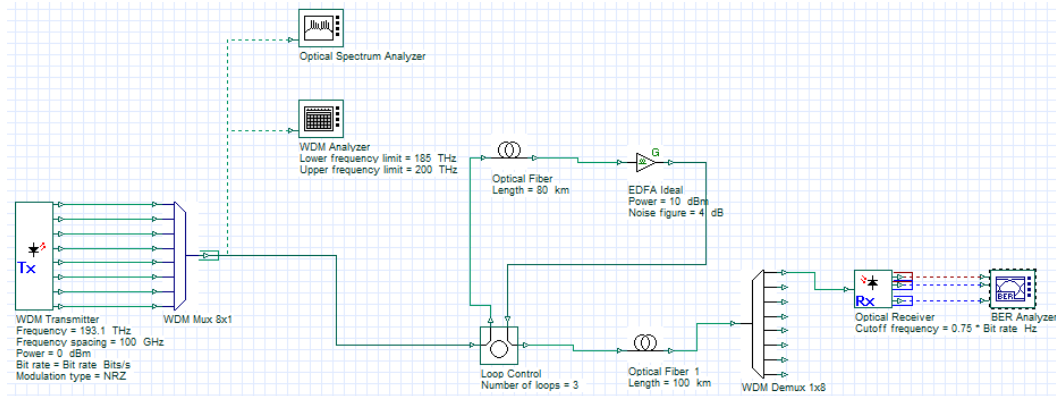


**Figura 69.** Logo del Simulador.

**Fuente:** Investigador.

**Elaborada por:** Freddy Oviedo.

Para este diseño utilizaremos el ejemplo que se muestra en la figura 71, que es un sistema WDM (Multiplexación por División de Onda).



**Figura 70.** Circuito de un sistema WDM.

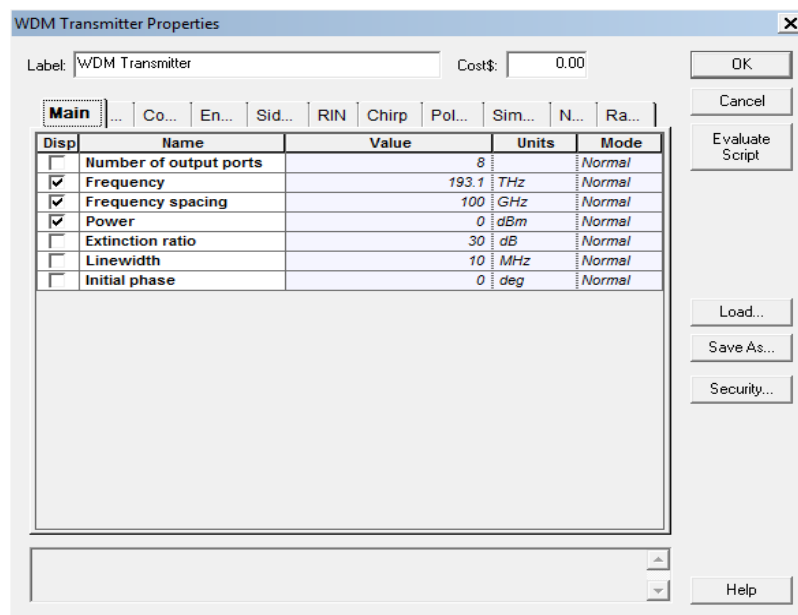
Fuente: OptiSystem.

Elaborada por: Freddy Oviedo.

En este circuito utilizamos un transmisor WDM que tiene una frecuencia de 193.1 THz, un espaciado de frecuencia de 100 GHz y con un tipo de modulación NRZ.

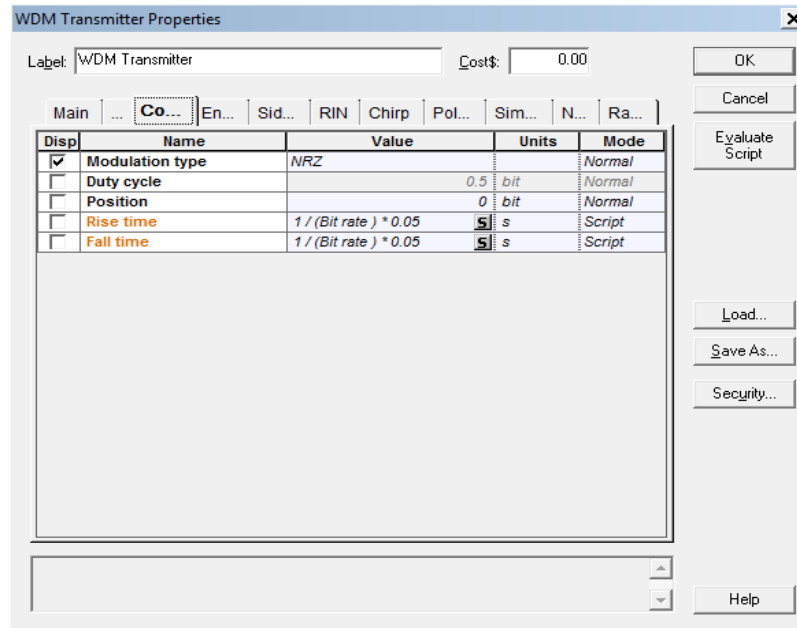
Cabe recalcar que podemos variar los parámetros mencionados anteriormente.

En la figura 72 se muestra la ventana de este elemento.



**Figura 71.** Ventana del transmisor WDM.

En esta ventana visualizamos el número de puertos de salida, la frecuencia, espaciamiento de frecuencia, poder, radio extensión, ancho de banda, fase inicial, los cuales pueden variar su valor; además que se varia las unidades. Las pestañas adicionales a la principal nos da que tipo de modulación utilizamos, lo cual se puede visualizar en la figura 73, podemos poner el costo de cada elemento para tener un estimado para el circuito completo.

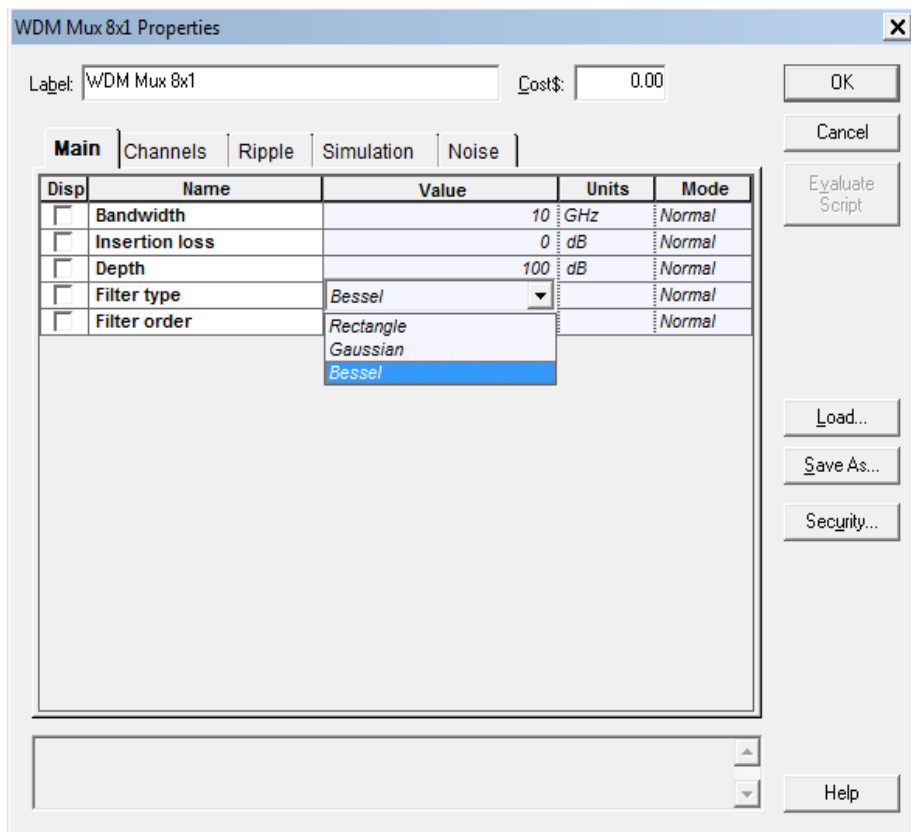


**Figura 68.** Tipo de Modulación.

Fuente: OptiSystem.

Elaborada por: Freddy Oviedo.

También tenemos un Multiplexor de WDM de 8 a 1 en el cual también se puede variar el ancho de banda, pérdida de inserción, bajo (nivel de ruido), tipo de filtro (rectangular, gaussiano, bessell) y el orden del filtro en la pestaña principal; además las pestañas que podemos variar los canales, ondulación, tipo de simulación y ruido. En la figura 74 se puede visualizar las características antes mencionadas.

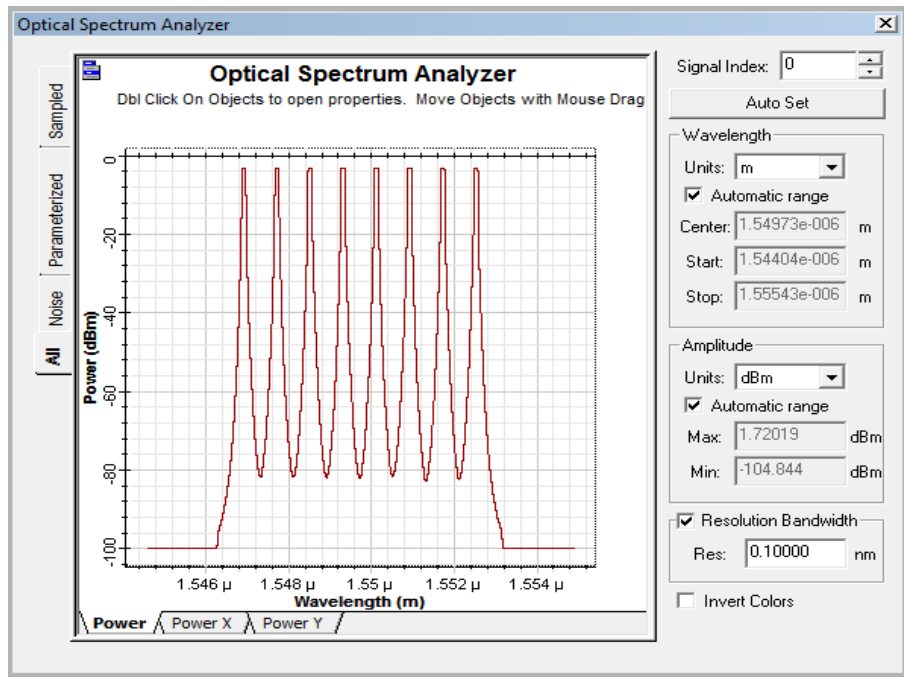


**Figura 69.** Ventana del Multiplexor 8 a 1.

Fuente: OptiSystem.

Elaborada por: Freddy Oviedo.

El analizador de espectro óptico que nos da la señal transmitida a través del transmisor y el multiplexor. Los parámetros que se pueden variar en este elemento son: el exponente de la señal, unidades de longitud de onda (m, Hz), unidades de amplitud (dBm, W), resolución de ancho de banda; también se puede visualizar en el eje X, Y; las pestañas de poder de ruido, parametrizado y muestra. Esto se puede apreciar en la figura 75.

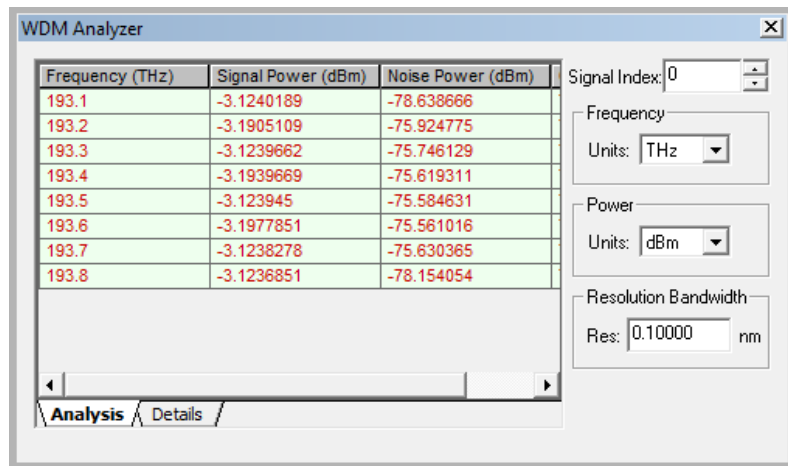


**Figura 70.** Ventana del analizador de espectro óptico.

Fuente: OptiSystem.

Elaborada por: Freddy Oviedo.

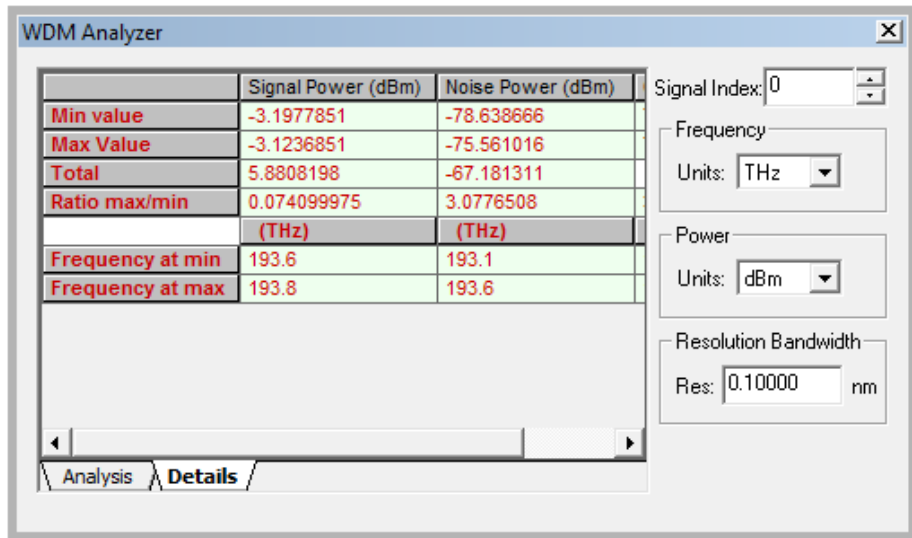
El analizador WDM es el encargado de dar un análisis de las características de rango de frecuencia (THz), poder de la señal (dBm), poder de ruido (dBm), se puede varias las unidades de frecuencia, poder y resolución de ancho de banda. En la pestaña de detalles se puede visualizar valor min/max, total, radio min/max, frecuencia al mínimo y máximo (THz). Esto se puede visualizar en la figura 76 y 77.



**Figura 71.** Ventana del analizador WDM.

Fuente: OptiSystem.

Elaborada por: Freddy Oviedo.

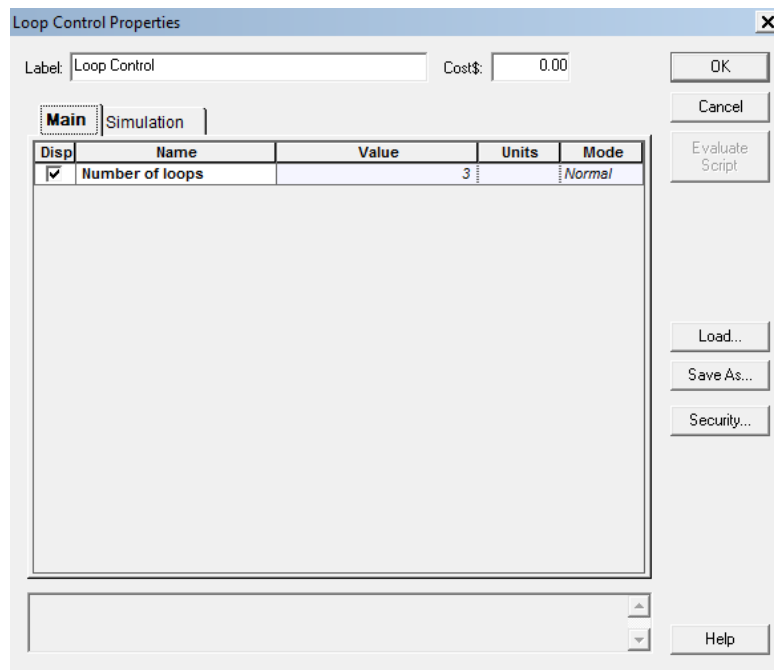


**Figura 72.** Ventana de analizador WDM.

Fuente: OptiSystem.

Elaborada por: Freddy Oviedo.

El loop de control que nos da el número de loops que se tiene el enlace de fibra óptica. Esto se lo puede apreciar en la figura 78.

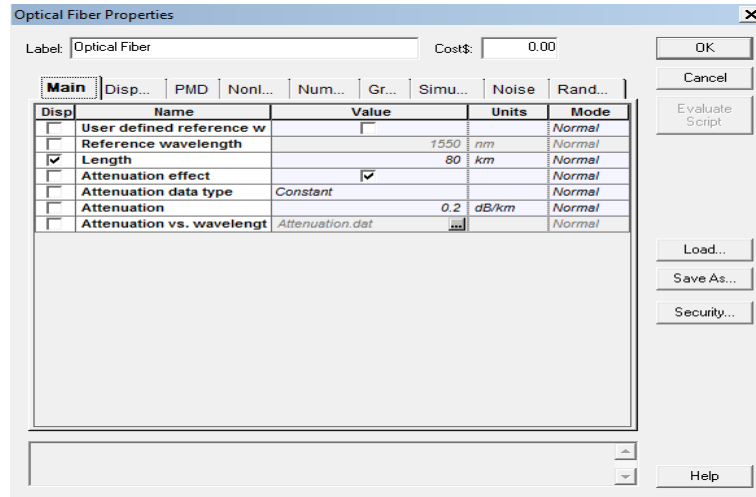


**Figura 73.** Ventana de Loop de control.

Fuente: OptiSystem.

Elaborada por: Freddy Oviedo.

Tenemos el cable de la fibra óptica que en esta ventana nos permite poner la longitud de cable que estamos empleando en el enlace, este puede variar dependiendo la necesidad del proyecto. Esto se puede apreciar en la figura 79.

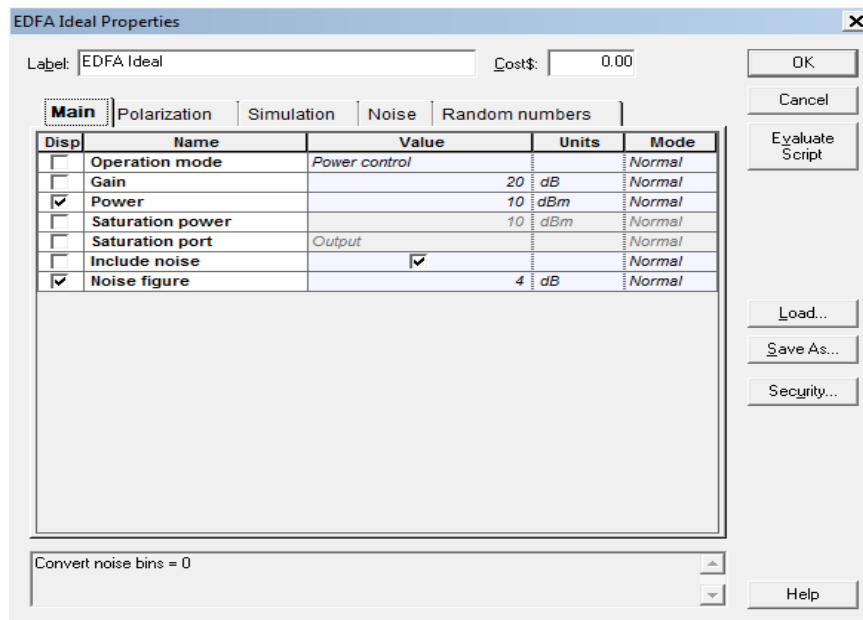


**Figura 74.** Ventana de Propiedades y longitud de la fibra óptica.

Fuente: OptiSystem.

Elaborada por: Freddy Oviedo.

El EDFA Ideal es un elemento que nos da el valor del poder, el valor de la figura de ruido, la polarización del filtro, ruido, y números randómicos para este enlace. Esto se puede apreciar en la figura 80, 81 y 82.

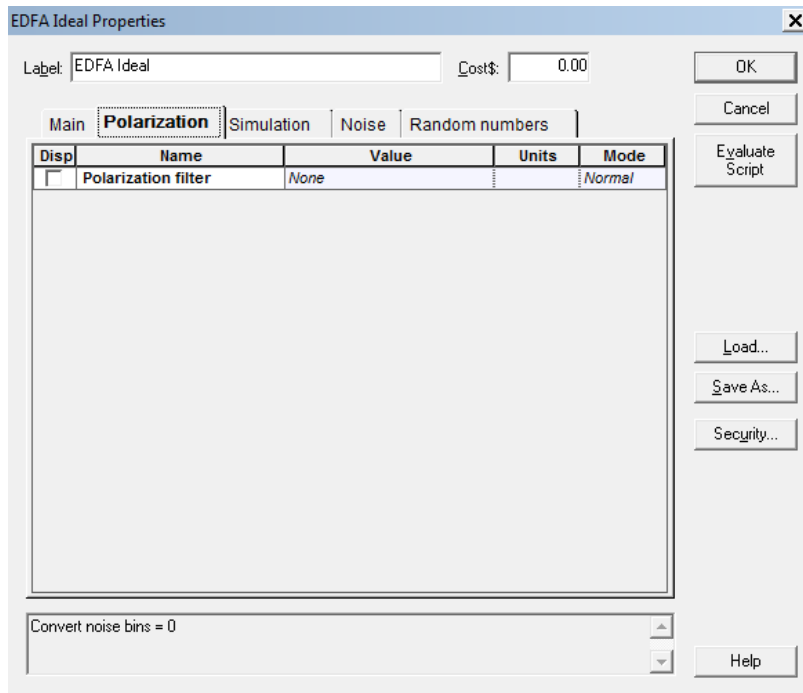


**Figura 79.** Propiedades del EDFA de poder y figura de ruido.

Fuente: OptiSystem.

Elaborada por: Freddy Oviedo.

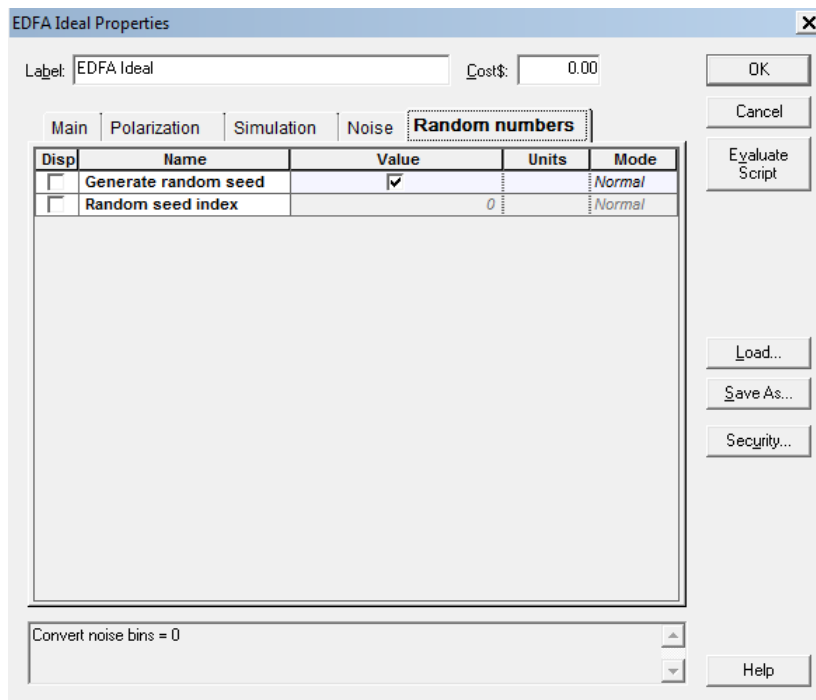




**Figura 80.** Polarización del filtro.

Fuente: OptiSystem.

Elaborada por: Freddy Oviedo.

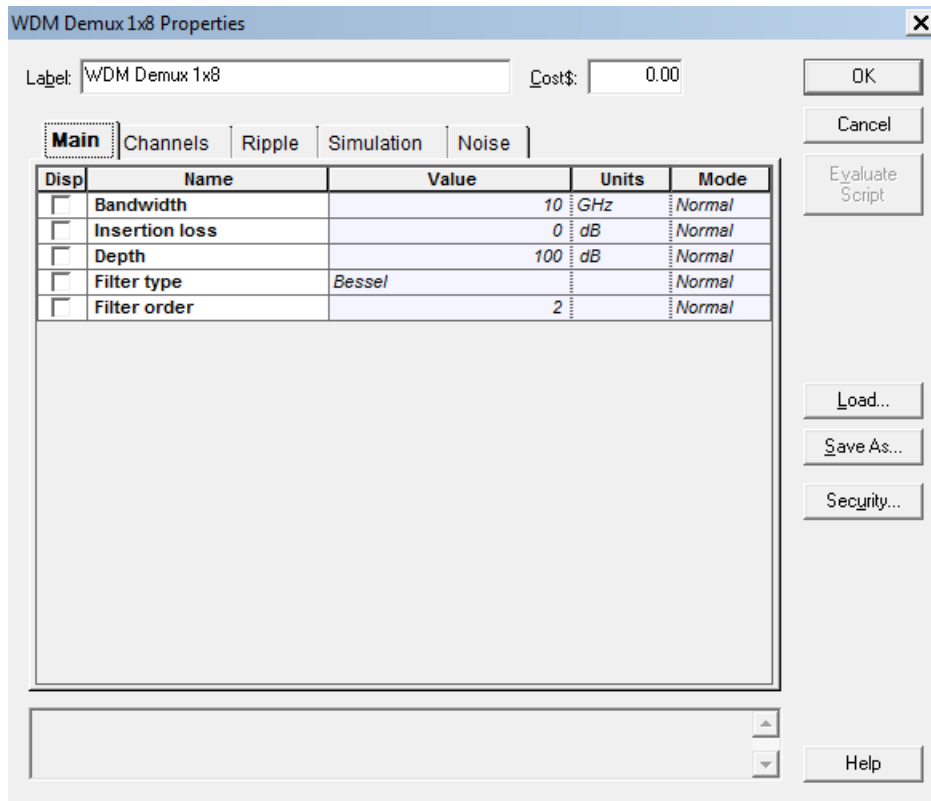


**Figura 81.** Generador randómico de origen.

Fuente: OptiSystem.

Elaborada por: Freddy Oviedo.

El demultiplexor de 1 a 8 se encarga de dar las 8 señales que se tiene a la entrada del enlace, en esta elemento se puede cambiar los para metros de ancho de banda, pérdida de inserción, bajo (nivel de ruido), tipo de filtro (rectangular, gaussiano, bessel) y el orden del filtro. Esto se puede visualizar en la figura 83.

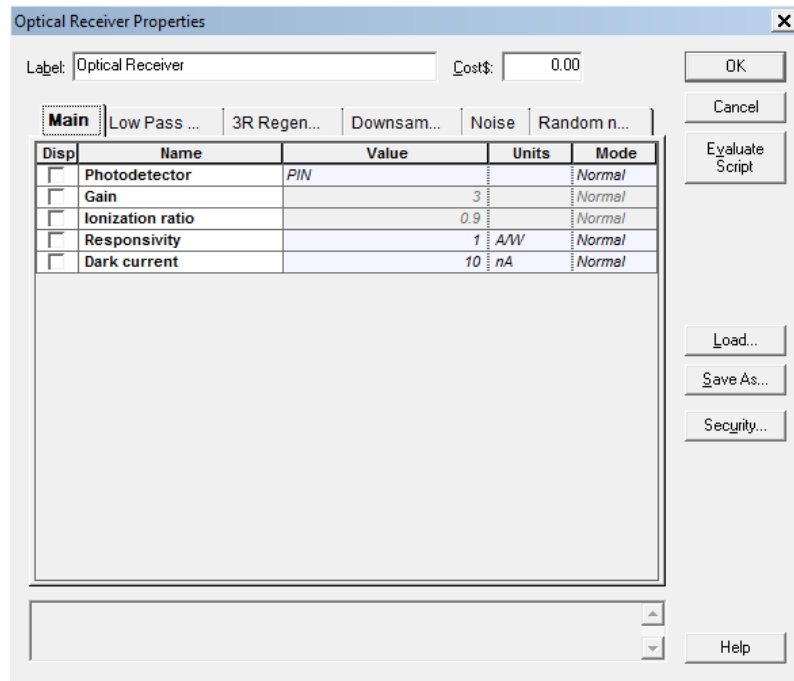


**Figura 82.** Ventana del demultiplexor 1 a 8.

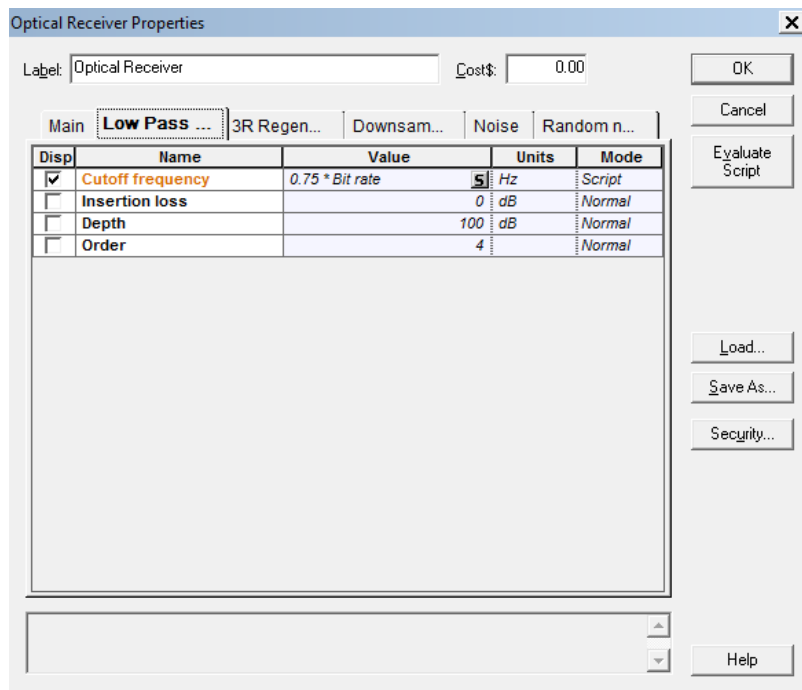
Fuente: OptiSystem.

Elaborada por: Freddy Oviedo.

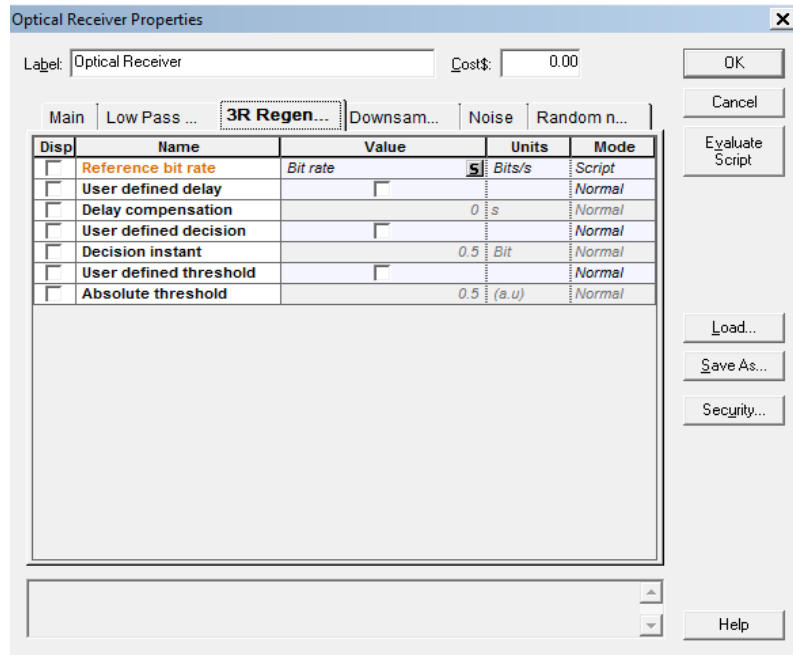
De igual forma que el transmisor al inicio del enlace tenemos un receptor para la señal de salida, este receptor tiene las características de fotodetector, ganancia, radio ionización, respuesta y corriente oscura, además cuenta con un filtro pasa bajos, regenerador de señal, muestreado de bajada, ruido y número randómico de origen, como se puede visualizar en la figura 84, 85 y 86.



**Figura 75.** Ventana principal de receptor WDM.  
 Fuente: OptiSystem.  
 Elaborada por: Freddy Oviedo.



**Figura 76.** Ventana del filtro pasa bajos.  
 Fuente: OptiSystem.  
 Elaborada por: Freddy Oviedo.

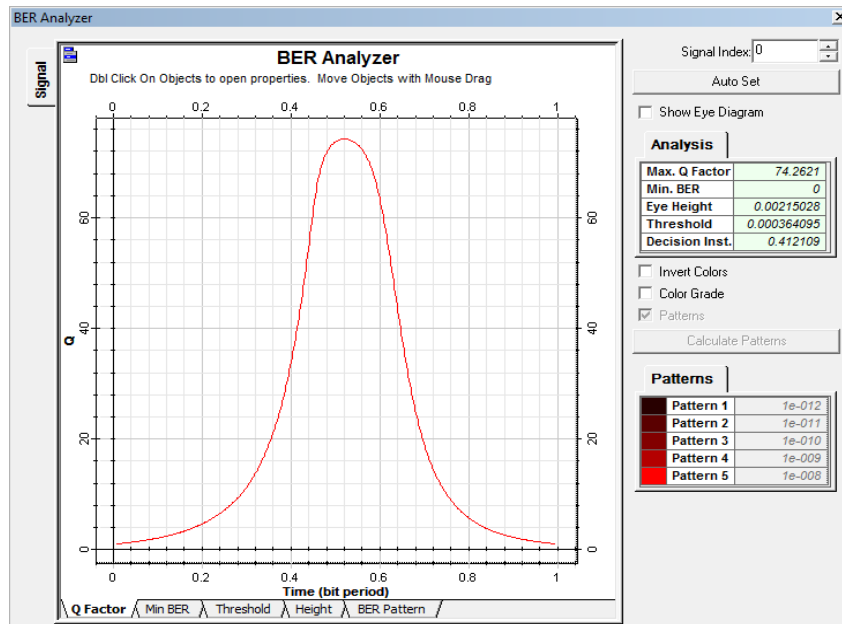


**Figura 77.** Ventana de las características de regenerador.

Fuente: OptiSystem.

Elaborada por: Freddy Oviedo.

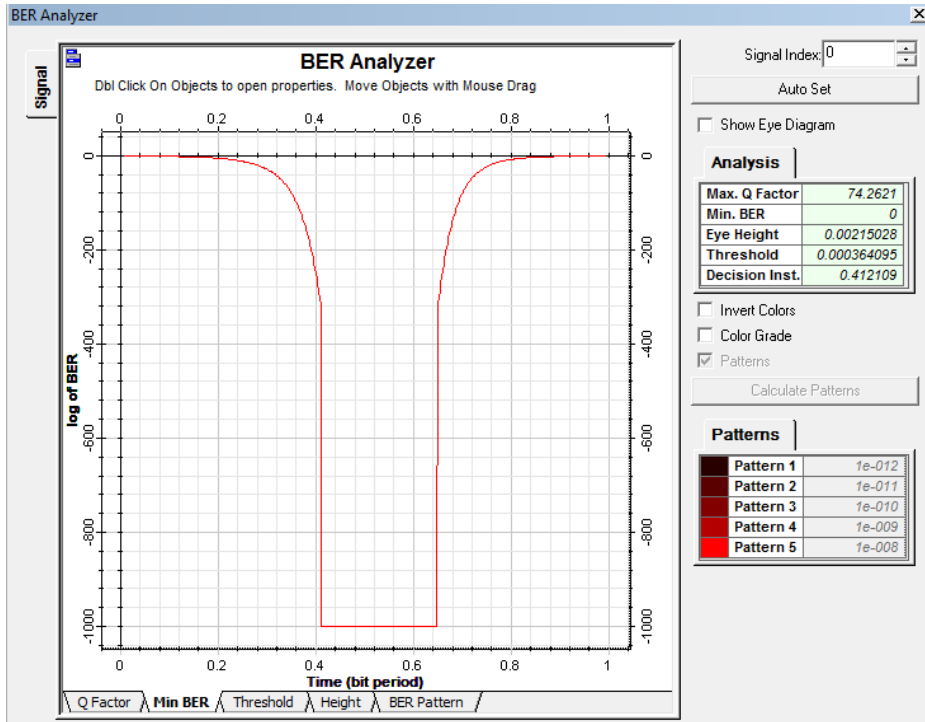
Y por ultimo tenemos un analizador BER (Tasa de error de bit) en el cual podemos visualizar el factor de calidad, BER mínimo, nivel de umbral, ancho de banda y BER Pattern (diseño) y se puede observar la forma de la onda que tenemos a la salida del enlace, esto se visualiza en las figuras 87, 88, 89, 90 y 91.



**Figura 78.** Señal del factor de calidad.

Fuente: OptiSystem.

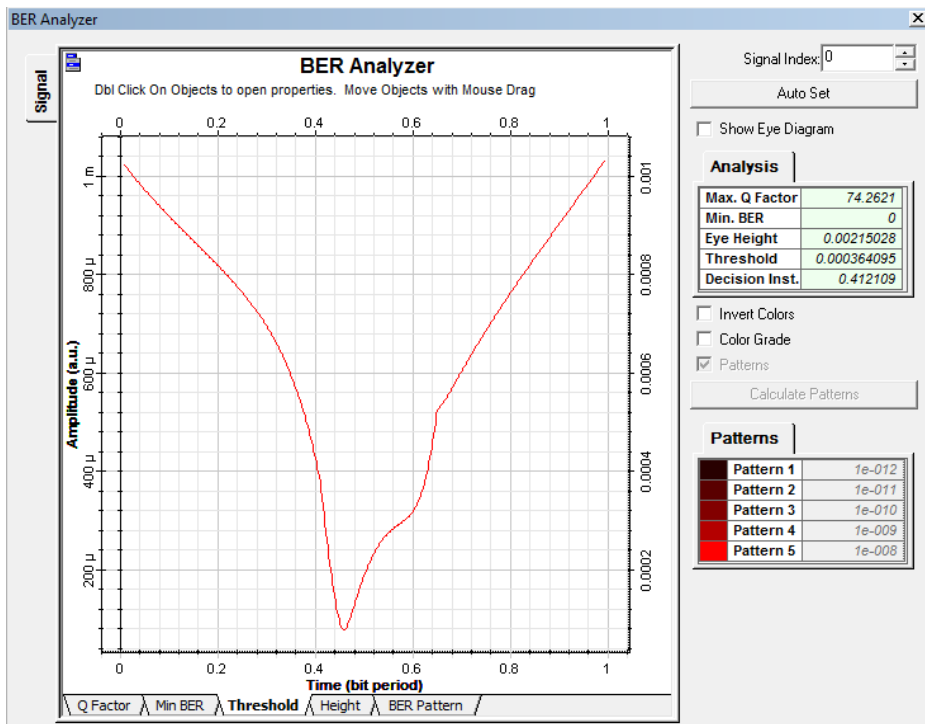
Elaborada por: Freddy Oviedo.



**Figura 79.** Señal de BER mínimo.

Fuente: OptiSystem.

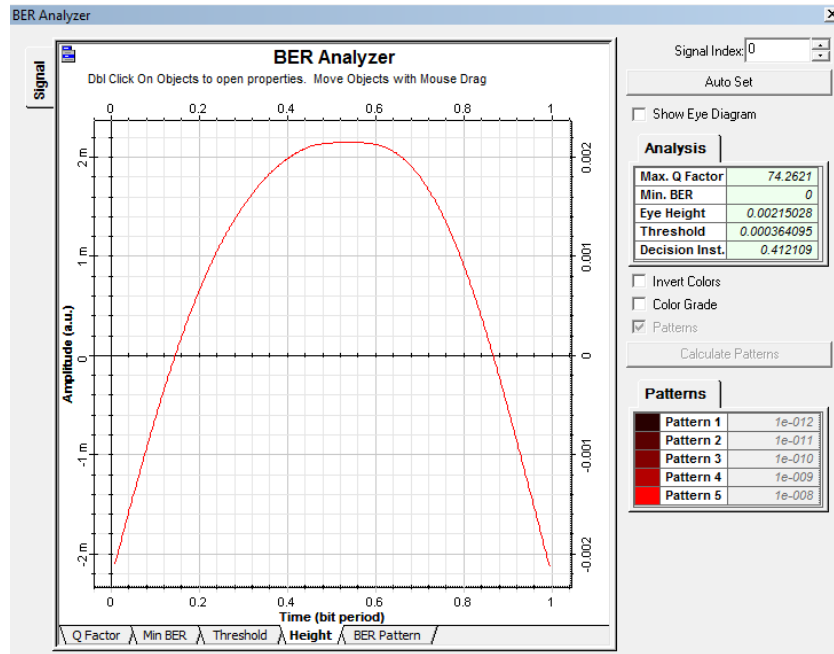
Elaborada por: Freddy Oviedo.



**Figura 80.** Señal de Umbral.

Fuente: OptiSystem.

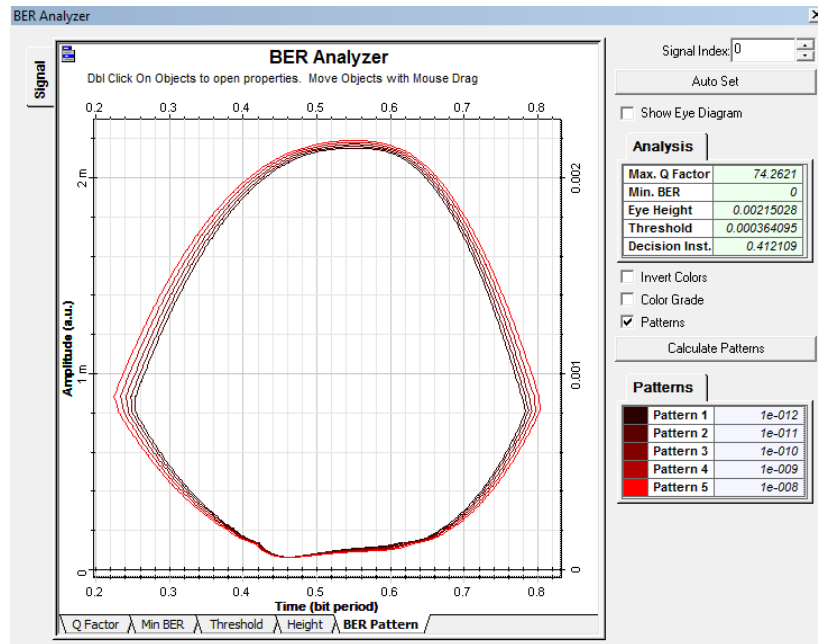
Elaborada por: Freddy Oviedo.



**Figura 89.** Señal de ancho de banda.

Fuente: OptiSystem.

Elaborada por: Freddy Oviedo.



**Figura 90.** Señal de modalidad BER.

Fuente: OptiSystem.

Elaborada por: Freddy Oviedo.

Estas señales obtenidas al final del enlace tienen valores aproximados que se pueden tener en la fibra óptica instalada en un proyecto.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- ✓ RODRIGUEZ Jairo, Tesis de grado. “Diseño de Planta Externa en el Valle Hermoso-Pelileo.”
- ✓ GONZALES JORGE y VEGA IVAN, Tesis de Grado, “Diseño de una Red de Acceso que utiliza Tecnología FTTB con VDSL2 en el sector “LA MARISCAL” de la ciudad de Quito”.
- ✓ Tomasi Wayne. Sistema de Comunicaciones Electrónicas. Cuarta Edición, Prentice Hall, 2003.
- ✓ HUIDROBO J, ROLDÁN D. Redes y Servicios de Banda Ancha. Primera Edición, McGraw-Hill, 2004.
- ✓ Encuesta realizada a los locales empresariales en el Sector Sur de Ambato.
- ✓ BARTNIKAS R., SRIVASTABA K.D. Power and Communication cables: Theory and application. Tercera Edición, McGraw-Hill, 1999.
- ✓ Listado de precios de redes de fibra óptica CNT E.P. Febrero 2010.
- ✓ HORNGREN Charles, FOSTER George, DATAR Srikant. Contabilidad de Costos. Décima Segunda Edición, Pearson Educación, 2007.

## **FUENTES DE INFORMACIÓN DE INTERNET.**

- ✓ [www.google.com](http://www.google.com); MILLAN T. Ramón J. Ingeniero de Soluciones Banda Ancha de Ericsson España.
- ✓ <http://sx-de-tx.wikispaces.com/FTTx+-+xPON>, Sistemas de transmisión, Andrés Felipe Berrio Cataño, 2010.
- ✓ [www.gogle.com](http://www.gogle.com); fibra directa.pdf, Bill St. Arnaud, 2001.
- ✓ [www.google.com](http://www.google.com); <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1181/7/CD-2632.pdf>.
- ✓ <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/fttbvdsl2.php>.
- ✓ [http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.3](http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.3).
- ✓ <http://www.photuris.com/photuris/spanish.php?u=http://www.photuris.com/future-internet-applications-.html>.
- ✓ <http://patentados.com/patente/interfaz-gestion-control-terminal-red-optica-omci/>

- ✓ [http://www.todotecnologia.net/wp-content/uploads/2010/06/Definicion\\_características\\_PON\\_APOn\\_BPON\\_GEPON\\_GPON\\_EPON.pdf](http://www.todotecnologia.net/wp-content/uploads/2010/06/Definicion_características_PON_APOn_BPON_GEPON_GPON_EPON.pdf).
- ✓ <http://chinchaycamac.blogspot.com>
- ✓ [www.ftth-china.com/optical\\_fiber\\_cable\\_adss.htm](http://www.ftth-china.com/optical_fiber_cable_adss.htm).
- ✓ [www.voltimum.es](http://www.voltimum.es).
- ✓ <http://grupoorion.unex.es/fibras/ayudas/monovsmulti.htm>.
- ✓ [www.Google Earth.com](http://www.GoogleEarth.com).
- ✓ <http://www.versatek.com/products/dslam-md3048.htm>.
- ✓ [www.fibercom.es](http://www.fibercom.es)
- ✓ [www.compucanjes.com/prod\\_images/0000010715\\_1.jpg](http://www.compucanjes.com/prod_images/0000010715_1.jpg)
- ✓ [http://diretel.net/productos/imagenes\\_cableado/rack\\_01.jpg](http://diretel.net/productos/imagenes_cableado/rack_01.jpg)
- ✓ [www.firmesa.com](http://www.firmesa.com)
- ✓ <http://www.sercomtel.com.mx/Sercomtel%20Lista%20de%20Precios.pdf>.
- ✓ <http://www.radiocomunicaciones.net/radio-enlaces.html>.
- ✓ Adicionalmente se utilizó el simulador para enlaces de fibra óptica *OptiSystem* para realizar una demostración del diseño.



# **ANEXOS.**

**ANEXO B.**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E**  
**INDUSTRIAL.**  
**FORMATO DE LA ENCUESTA.**

1.- Existe servicio telefónico en el sector:

Si ( ) No ( )

2.- ¿Cómo calificaría la calidad de servicio telefónico en el sector?

Muy bueno ( ) Bueno ( ) Malo ( ) Muy Bueno ( )

3.- ¿A qué actividad económica se dedica el establecimiento?

.....

4.- ¿Tiene conocimiento de la comunicación por Fibra Óptica?

Si ( ) No ( )

5.- ¿Desearía que su red de comunicación de cable de cobre se actualice a fibra óptica?

Si ( ) No ( )

6.- ¿Existe la necesidad de una red de comunicación con fibra óptica?

Si ( ) No ( )

7.- ¿Qué servicios se podrían incrementar a este sistema de comunicación?

.....

8.- ¿Qué beneficios dará esta red de comunicación con fibra óptica?

Velocidad de Tx y Rx ( ) Seguridad ( ) Confiabilidad ( ) Eficiencia ( )

9.- ¿Qué costo podría pagar por este servicio de comunicación mensualmente?

\$ 20 ( ) \$ 30 ( ) \$ 50 ( )

10.- Podría darnos alguna sugerencia adicional para la red de comunicación con fibra óptica?

.....

.....

**GRACIAS POR SU COLABORACIÓN.**

# GE-PON Optical Line Terminal

## for deeper fiber to the customer

### Versa Technology VX-EP3108



Gigabit Ethernet PON for FTTH/P

#### Overview

The Versa Technology's Gigabit Ethernet PON platform for Single Home and MTU/MDU/MHU is comprised of the CO-side concentrator, Versa Technology VX-EP3108, and the customer-side ONT(Optical Network Terminal) or ONU(Optical Network Unit). The VX-EP3108 concentrates traffic from max. 8 PONs and 16 or 32 ONTs/ONUs per PON into up to four 1000M Ethernet ports that connect to any gigabit Ethernet switch or router. With the VX-EP3108, 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 VX-EP3108, a 'Box' type of POP-concentrator, enables a wide variety of deployment options of FTP 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 with RF video to all customers on the PON.

The VX-EP3108 is a small 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 VX-EP3108 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.



#### Features & Benefits

- **Cost effective optical distribution for single home as well as multiple dwelling unit**

The VX-EP3108 is an EPON concentrator for installing at the the central office or business park securing cost effectiveness through lower cost optical distribution and less space of its installed office. Also it supports hotel, office, building owners and BLEC(Building Local Exchange Carriers) to deliver converged IP services using copper combo type of optical network unit.

- **Future-proof multi-layer data and RF video features**

The VX-EP3108 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. The fully mounted platform is capable of RF video along with high-definition quality video over IP.

- **Modular and expansible architecture**

The VX-EP3108 is designed for modular architecture with 4-PON per slot enabling expansion to 8-PON. This rack mountable chassis can take 640 FTTH subscribers and be stacked and managed easily with single IP scaled to several OLTs.

- **User-friendly management interface**

The VX-EP3108 supports robust performance as utilizing OAM for link monitoring, loopback and fault indication with SNMP, and provides Web-based GUI for ease of use.

# Versa Technology VX-EP3108

Deeper Fiber To The Customer

Ethernet Meets Passive Optical Networks ...

## Specifications

PARAMETER		SPECIFICATIONS
Throughput and Switching Capacity		<ul style="list-style-type: none"><li>- 24 Gbps maximum forwarding bandwidth at Layer 2 and Layer 3</li><li>- Multi-layer, and non-blocking gigabit Ethernet switch securing 48Gbps and 70MPPS.</li><li>- Packet flow control supporting 9KB jumbo frame</li></ul>
Dimension		- 19"(W) x 88mm(H) x 255mm(D)
Interface	SNI	- 4 port 1000Base-SX/LX/LH
	ODN	<ul style="list-style-type: none"><li>- max. 8 PONs (4 PONs per module, max. 2 modules)</li><li>- Triple wavelength plan : Downstream 1490nm, Upstream 1310nm (Optional 1550nm)</li><li>- Split ratio and reach<ul style="list-style-type: none"><li>- 16 to 32</li><li>- 10Km to 20Km</li></ul></li></ul>
	CATV Overlay	- RF video transmission over the optional wavelength of 1550nm(Optional)
Protocol and Service		<ul style="list-style-type: none"><li>- Tag-based and port-based VLAN, Link aggregation(802.1ad)</li><li>- 802.1p CoS, ToS/Diffserv, 802.3x flow control</li><li>- MAC filtering, IP filtering, DHCP filtering, NetBEUI, NETBIOS, NBT filtering</li><li>- DHCP Server and Relay</li><li>- IGMP snooping, IGMP, PIM-SM</li><li>- static routing, RIP, OSPF</li><li>- Broadcast storm control</li><li>- Rate limiting</li><li>- Stacking (Intra and Inter-shelf) and Single IP Management</li><li>- Dynamic DBA</li></ul>
Security and Network Management		<ul style="list-style-type: none"><li>- 128bits AES, IEEE802.1x authentication</li><li>- SNMP for embedded agent, EMS supporting Java based GUI and CLI</li><li>- Link monitoring, Fault detection and isolation, Remote download, Loopback test</li><li>- Craft interface: RS-232 async or Ethernet (10Base-T)</li></ul>
Power Assumption		<ul style="list-style-type: none"><li>- -48 VDC A, B</li><li>- 90 VAC~260 VAC, 50Hz~60Hz</li></ul>
Environmental Conditions		<ul style="list-style-type: none"><li>- Temperature: 0°C ~ 50°C</li><li>- Humidity: 5% ~ 90%</li></ul>



US-International Headquarter:

4711 Chino Ave,  
Chino, CA 91710  
URL: [www.versatek.com](http://www.versatek.com)

Phone: (909) 591-8891  
Fax: (909) 591-6962  
Email: [sales@versatek.com](mailto:sales@versatek.com)

# VDSL 2 IP-DSLAM

## for Customers on Long Copper Lines

IP-based VDSL2 DSLAM

### VX-MD3024

#### 100Mbps VDSL Access Multiplexer

VX-MD3024 Support all VDSL2 Line (8a, 8b, 8c, 8d, 12a, 12b, 17a and 30a)



#### Features

- **VDSL Line Capabilities**

- STP (Set of Transmission Parameter)
- RFI Notching
- UPBO (Upstream Power Back-Off)
- ADSL Friendly
- ISDN Friendly

- **IEEE Standards**

- IEEE 802.1D STP
- IEEE 802.1p QoS
- IEEE 802.1Q VLAN
- IEEE 802.1w RSTP
- IEEE 802.3 CSMA/CD
- IEEE 802.3ad Link Aggregation
- IEEE 802.3u 100Base-X Fast Ethernet
- IEEE 802.3x Flow Control

- **IETF standards**

- RFC 768 UDP
- RFC 783 TFTP
- RFC 791 IP
- RFC 792 ICMP
- RFC 854 Telnet
- RFC 862 ARP (Snoop supported)
- RFC 1157 SNMP v1
- RFC 1213 MIB-2
- RFC 1354 IP Forwarding MIB
- RFC 1757 RMON
- RFC 1902 SNMP v2
- RFC 2131 DHCP Server
- RFC 2132 DHCP Option
- RFC 2236 IGMP v2 (Snoop & Proxy supported)
- RFC 3046 DHCP Relay (Snoop supported)

- **Filtering**

- NetBEUI/NetBIOS
- IP Filtering: Src IP/Port, Dest IP/Port, IHL, VLAN ID
- MAC Filtering: Ethernet type, Src MAC, Dest MAC
- DHCP Snooping
- IGMP Snooping

- **Console port**

- Local: RS-232C 2ports
- Remote: RFC 854 Telnet

- **LED**

- System: Power, Ready, Alarm, Fault
- Up-link Module: Link/Act

- **System Management**

- Security and Configuration

- **Configuration Management**

- Configuration setting
- Configuration status retrieval
- Software upgrade and download
- Default configuration

- **Performance Management**

- VDSL line rate retrieval
- Ethernet link rate retrieval

- **Fault Management**

- Automatic alarm and status report/notification
- Alarm and event history
- LED indication and acoustic alarm

# VX-MD3024

## Reach-Extended VDSL Access...

### Specifications

PARAMETERS		SPECIFICATIONS
Dimension	Physical	<ul style="list-style-type: none"><li>450(W) x 66mm(H) x 300(D)mm, Rack mountable shelf</li></ul>
	LED	<ul style="list-style-type: none"><li>Power, Link fault indication</li></ul>
Interface	Uplink	<ul style="list-style-type: none"><li>100Base-FX/GBIC: max. 2 ports per Switch Card</li><li>100/1000Base-TX: max. 2 ports per Switch Card, FD, RJ-45</li></ul>
	VDSL	<ul style="list-style-type: none"><li>24 VDSL2 ports</li><li>Standard IEEE 993.2 VDSL2 Band Plan : 25KHz~138KHz(U0) Option band used</li><li>Dynamic rate adaptation, UPBO, coexistence with POTS/ISDN</li><li>Long reach Symmetrical transmission rates</li><li>Up to 200m at 100Mbps</li><li>Up to 1Km at 50Mbps</li><li>Up to 2Km at 8Mbps Asymmetrical</li></ul>
Protocol and Service		<ul style="list-style-type: none"><li>Tag-based and port-based VLAN, Link aggregation(802.1ad)</li><li>802.1p QoS supporting 4-priority queues, 802.3x flow control</li><li>MAC filtering, IP filtering, DHCP filtering</li><li>NetBEUI, NETBIOS, NBT filtering</li><li>MAC address limitation</li><li>IGMP snooping, Broadcast storm control</li><li>Rate limitation</li><li>Stacking and Single IP Management</li><li>Storm control</li></ul>
Management		<ul style="list-style-type: none"><li>SNMP for embedded agent, EMS supporting Java based GUI and CLI</li><li>Remote download, Loop-back test</li><li>Craft interface: RS-232 Async or Ethernet (10Base-T)</li></ul>
Power Assumption		<ul style="list-style-type: none"><li>90 VAC~220 VAC, 50Hz~60Hz</li></ul>
Environmental Conditions		<ul style="list-style-type: none"><li>Temperature: -20°C ~ 60°C, Humidity: 10% ~ 90%</li></ul>



Versa Technology, Inc.  
5224 Bell Ct China, CA 91710

TEL 800-989-2797  
[www.versatek.com](http://www.versatek.com)



## VX-MD3048

48-port VDSL2 Access Multiplexer

### Product Description



The VX-MD3048 provides access technology deployments from Central Offices, fiber fed cabinets, and MDU/MTU buildings such as condos and hotels. Using existing twisted pair wiring, the VX-MD3048 is able to deliver up to 200Mbps of broadband connection at distances longer than ever. The VX-MD3048 allows for HDTV to be transmitted over twisted pair copper over a distance long enough to satisfy even the largest MDU/MTU installation. It can also reach long enough to provide ISPs with a solution for both data and voice to all of its current subscribers and beyond.

The VX-MD3048 is the best choice for service providers looking to supply the ultimate Triple-Play solution of HDTV, voice, and data without the trouble and cost of laying new lines. VDSL2 permits the transmission of asymmetric and symmetric aggregate data rates up to 200Mbps on twisted pair copper using bandwidth up to 30MHz. It is also up to 8x faster than ADSL2+ over shorter distances. With the ability to provide a 48-port DSLAM for your network, Versa Technology ensures you get the most cost effective solution not only for your business, but your customers as well.

### Features

- VDSL line capabilities: STP, RFI notching, UPBO, ADSL friendly, ISDN friendly
- IEEE standards: 802.1d STP, 802.1p QoS, 802.1q VLAN, 802.1w RSTP, 802.3 CSMA/CD, 802.3ad Link aggregation, 802.3u 100Base-X fast Ethernet, 802.3x Flow control
- IETF standards: RFC768 UDP, RFC783 TFTP, RFC791 IP, RFC792 ICMP, RFC854 Telnet, RFC862 ARP, RFC1157 SNMP v1, RFC1213 MIB-2, RFC1354 IP Forwarding MIB, RFC1757 RMON, RFC1902 SNMP v2, RFC2131 DHCP server, RFC2132 DHCP option, RFC2236 IGMP v2, RFC3046 DHCP relay
- Filtering: NetBEUI/NetBIOS, IP filtering, MAC filtering, DHCP snooping, IGMP snooping
- Console port: RS-232C 2-port; remote Telnet
- LED: System & uplink module
- System management: security & configuration
- Configuration management: setting, status retrieval, software upgrade, default configuration
- Performance management: VDSL line rate retrieval, Ethernet link rate retrieval
- Fault management
- ADSL2+ backwards compatible
- Configurable rate-limit per bridge port per VLAN



## VX-MD3048

48-port VDSL2 Access Multiplexer

Specifications			
Uplink	100Base-FX/GBIC: Max 2 ports per switch card 100/1000Base-TX: Max 2 ports per switch card, FD, RJ-45	Management	SNMP for embedded agent BMS supporting Java-based GUI/CLI Remote download, loop-back test RS-232 async or Ethernet
Ports	48 VDSL2 ports 8-port VDSL2 line cards	LED	Power, link fault indication
VDSL2 Specification	IEEE 993.2 band plan: 25KHz ~ 138KHz (U0) Dynamic rate adaptation, UPBO, coexistence with POTS/ISDN	Power	-48VDC, 90 VA C ~ 220VA C, 50Hz ~ 60Hz
Protocols	Tag-based and port based VLAN 802.1p QoS, 802.3x flow control MAC filtering, IP filtering, DHCP filtering NetBEUI, NetBIOS, NBT filtering MAC address limitation IGMP snooping, broadcast storm control Rate limiting Stacking and single IP management	Temperature	-20°C - 60°C
Distance	Up to 200m @ 100Mbps Up to 1km @ 40Mbps Up to 2km @ 8Mbps asymmetrical	Humidity	10% - 90% non-condensing
		Dimensions	430 x 223 x 230mm (W x H x D)



# VX-EP3108

GE-PON Optical Line Terminal  
For deeper fiber to the customer



## VX-EP3108 GEPON OPTICAL LINE TERMINAL SPECIFICATIONS:

Parameter	Specifications
Throughput and Switching Capacity	24 Gbps maximum forwarding bandwidth at Layer 2 and Layer 3 Multi-layer and non-blocking gigabit Ethernet switch securing 48Gbps and 70MPPS Packet flow control supporting 9KB jumbo frame
Dimension	19"(W) x 88mm(H) x 255mm(D)
Interface	SNI 4 port 1000Base-SX/LX/LH max. 8 PONs (4 PONs per module, max. 2 modules) Triple wavelength plan: Downstream 1490nm, Upstream 1310nm (Optional 1550nm)
	ODN Split ratio and reach -16 to 32 -10Km to 20Km
	CATV Overlay RF video transmission over the optional wavelength of 1550nm
Protocol and Services	Tag-based and port-based VLAN, Link aggregation (802.1ad) 802.1p CoS, ToS/Diffserv, 802.3x flow control MAC filtering, IP filtering, DHCP filtering, NetBEUI, NETBIOS, NBT filtering DHCP Server and Relay IGMP snooping, IGMP, PIM-SM Static routing, RIP, OSPF Broadcast storm control Rate limiting Stacking (intra and inter-shelf) and Single IP Management Dynamic DBA
Security and Network Management	128bits AES, IEEE802.1x authentication SNMP for embedded agent, EMS supporting Java based GUI and CLI Link monitoring, Fault detection and isolation, Remote download, Loopback test Craft interface: RS-232 async or Ethernet (10Base-T)
Power Assumption	-48 VDC A, B 90 VAC~260 VAC, 50Hz~60Hz
Environmental Conditions	Temperature: 0°C ~ 50°C Humidity: 5% ~ 90%

# AN5006-06

GEPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network) Equipment  
1U PIZZA BOX ONU (Optical Network Unit)



AN5006-06 is a 1U pizza box GEPON equipment. It provides 2 GEPON ports (optional) to enable 1:1 protection to guarantee customers' data safety, 4 E1 (G.703) interfaces can provide 2M lease line or  $N \times 64K$  DDN lease line access. The target is FTTO for enterprise user access. It also provides 8 POTS interfaces. TDM, data and other services can be achieved in one optical fiber.

## Key Benefits

- > Provides 1 or 2 (optional) GEPON port, 4 E1 ports, 4 10/100BASE-TX ports, 8 POTS ports (optional)
- > Multi LUD function support. Supports 4 LUD to guarantee the quality of different services
- > Supports OAM and local management
- > Supports 802.1p priority, 802.1q VLAN

- FULL COMPLY TO IEEE802.3AH GEPON STANDARD
- PLUG AND PLAY
- SUPPORT E1 SERVICE
- MULTIPLE LUD SUPPORT FOR MULTI-SERVICE
- ADVANCED L2 FUNCTION
- REMOTE MANAGEMENT

## VX-MD3024

### 100Mbps VDSL Access Multiplexer



#### Features

- **VDSL Line Capabilities**
  - STP (Set of Transmission Parameter)
  - RFI Notching
  - UPBO (Upstream Power Back-Off)
  - ADSL Friendly
  - ISDN Friendly
- **IEEE Standards**
  - IEEE 802.1D STP
  - IEEE 802.1p QoS
  - IEEE 802.1Q VLAN
  - IEEE 802.1w RSTP
  - IEEE 802.3 CSMA/CD
  - IEEE 802.3ad Link Aggregation
  - IEEE 802.3u 100Base-X Fast Ethernet
  - IEEE 802.3x Flow Control
- **IETF Standards**
  - RFC 768 UDP
  - RFC 783 TFTP
  - RFC 791 IP
  - RFC 792 ICMP
  - RFC 854 Telnet
  - RFC 862 ARP (Snoop supported)
  - RFC 1157 SNMP v1
  - RFC 1213 MIB-2
  - RFC 1354 IP Forwarding MIB
  - RFC 1757 RMON
  - RFC 1902 SNMP v2
  - RFC 2131 DHCP Server
  - RFC 2132 DHCP Option
  - RFC 2236 IGMP v2 (Snoop & Proxy supported)
  - RFC 3046 DHCP Relay (Snoop supported)
- **Filtering**
  - NetBEUI/NetBIOS
  - IP Filtering: Src IP/Port, Dest IP/Port, IHL, VLAN ID
  - MAC Filtering: Ethernet type, Src MAC, Dest MAC
  - DHCP Snooping
  - IGMP Snooping
- **Console port**
  - Local: RS-232C 2ports
  - Remote: RFC 854 Telnet
- **LED**
  - System: Power, Ready, Alarm, Fault
  - Up-link Module: Link/Act
- **System Management**
  - Security and Configuration
- **Configuration Management**
  - Configuration setting
  - Configuration status retrieval
  - Software upgrade and download
  - Default configuration
- **Performance Management**
  - VDSL line rate retrieval
  - Ethernet link rate retrieval
- **Fault Management**
  - Automatic alarm and status report/notification
  - Alarm and event history
  - LED indication and acoustic alarm

# VX-MD3024

## Reach-Extended VDSL Access...

### Specifications

PARAMETERS		SPECIFICATIONS
Dimension	Physical	<ul style="list-style-type: none"> <li>450(W) x 66mm(H) x 300(D)mm, Rack mountable shelf</li> </ul>
	LED	<ul style="list-style-type: none"> <li>Power, Link fault indication</li> </ul>
Interface	Uplink	<ul style="list-style-type: none"> <li>100Base-FX/GBIC: max. 2 ports per Switch Card</li> <li>100/1000Base-TX: max. 2 ports per Switch Card, FD, RJ-45</li> </ul>
	VDSL	<ul style="list-style-type: none"> <li>24 VDSL2 ports</li> <li>Standard IEEE 993.2 VDSL2 Band Plan : 25KHz~138KHz(U0) Option band used</li> <li>Dynamic rate adaptation, UPBO, coexistence with POTS/ISDN</li> <li>Long reach Symmetrical transmission rates</li> <li>Up to 200m at 100Mbps</li> <li>Up to 1Km at 40Mbps</li> <li>Up to 2Km at 8Mbps Asymmetrical</li> </ul>
Protocol and Service		<ul style="list-style-type: none"> <li>Tag-based and port-based VLAN</li> <li>802.1p QoS supporting 4-priority queues, 802.3x flow control</li> <li>MAC filtering, IP filtering, DHCP filtering</li> <li>NetBEUI, NETBIOS, NBT filtering</li> <li>MAC address limitation</li> <li>IGMP snooping, Broadcast storm control</li> <li>Rate limiting</li> <li>Stacking and Single IP Management</li> <li>Storm control</li> </ul>
Management		<ul style="list-style-type: none"> <li>SNMP for embedded agent, EMS supporting Java based GUI and CLI</li> <li>Remote download, Loop-back test</li> <li>Craft interface: RS-232 Async or Ethernet (10Base-T)</li> </ul>
Power Assumption		<ul style="list-style-type: none"> <li>90 VAC~220 VAC, 50Hz~60Hz</li> </ul>
Environmental Conditions		<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperature: -20°C ~ 60°C, Humidity: 10% ~ 90%</li> </ul>

# Long Reach IP-VDSL2 Modem

## VX-VEB165

### DESCRIPTION

VDSL2, the most advanced xDSL technology, maximizes the use of available copper capacity, and provides scalable symmetric and asymmetric "Ethernet grade" rates under all deployment scenarios in private and public networks. Using the QAM line-code, VDSL2 technology is as mature and cost-effective as legacy access technologies and ready for mass deployment. Versa Technologies VDSL2 solution powers true broadband access at Ethernet speeds while maximizing coverage over the existing copper infrastructure.

The VX-VEB165, Long Reach IP-based VDSL2 modem, guarantees unlimited access bandwidth up to 100Mbps necessary for high resolution video delivery as well as high speed data and toll quality voice. VDSL2 line card follows standards as ITU-T G.993.1, ANSI T1.424 and ETSI TS 101 270-1, 270-2.

With the VX-VEB165, Ethernet over VDSL2 can run up to 300m at the maximum speed up to 100Mbps and 3km at the speed of 8Mbps asymmetric for the FTTE application, which proves to be a promising technology and revenue generation gear for access carriers.

### KEY FEATURES

- **Converged IP access for triple play services**  
TelePrism™/EX-5201 provides high-speed internet access, offering fully flexible bandwidth for converging voice, data and video applications to Ethernet over VDSL2.
- **Easy installation and maintenance** TelePrism™/EX-5201 supports robust performance as utilizing Ethernet OAM for link monitoring, loopback and fault indication with SNMP.



# VX-VEB165

Lastly Untapped Copper for 100Mbps ...  
Advanced Ethernet Meets the VDSL2 in the Copper Loop ...

## Specifications

ITEMS		SPECIFICATIONS
Performance		Link rate : Up to 300m at 100Mbps/ up to 1Km at 40Mbps Up to 2Km at 20Mbps /up to 3Km at 8Mbps
Dimension	Physical	160mm(W)x38mm(H)x110mm(D)
	Weight	1.5 lbs/680g
Interface	Line	Type : 2-wire, Cat 3~5, 19 AWG to 26 AWG CPEV, TIV Connector : RJ-11 Line Coding : QAM-based
	LAN	Type: IEEE802.3 standard compliant 10/100Base-TX Connector: RJ-45 Auto-negotiation: Always ON
LED		PWR, LINE, DATA, LAN
OAM		LOF, LOS, LPR, etc. Remote loopback Remote software download
Power Assumption		DC 5V / 2A 100 VAC~220 VAC, 50Hz~60Hz Surge protection (1 <sup>st</sup> Fuse & Inrush limiting )
Environmental Conditions		Temperature: Operating 0°C ~ 40°C, Storage -5°C ~ 45°C Humidity: Operating 20% ~ 80% , Storage 5% ~ 95%



## Smart-UPS

### APC Smart-UPS 1000VA USB & Serial 120V



APC Smart-UPS, 670 Watts / 1000 VA, Input 120V / Output 120V, Interface Port DB-9 RS-232, SmartSlot, USB

**Includes:** CD with software, Smart UPS signalling RS-232 cable, USB cable, User Manual

**Standard Lead Time:** Usually in Stock

#### SUA1000 Features

USB Connectivity	Provides management of the UPS via a USB port (not available on all models).
Front-access servicing	Simplifies installation and maintenance while minimizing space requirements.

#### Smart-UPS Features & Benefits

Availability	
Boost and Trim	Gives higher application availability by correcting low and high voltage conditions without using the battery.
Automatic Voltage Regulation (AVR)	
Intelligent Battery Management	Maximizes battery performance, life, and reliability through intelligent, precision charging.
Power conditioning	Protects connected loads from surges, spikes, lightning, and other power disturbances.
Temperature-compensated battery charging	Prolongs battery life by regulating the charge voltage according to battery temperature.
Automatic restart of	Automatically starts up the connected equipment upon the return of utility

## Output

Output Power Capacity	670 Watts / 1000 VA
Max Configurable Power	670 Watts / 1000 VA
Nominal Output Voltage	120V
Output Voltage Distortion	Less than 5% at full load
Output Frequency (sync to mains)	47 - 53 Hz for 50 Hz nominal, 57 - 63 Hz for 60 Hz nominal
Crest Factor	up to 5 : 1
Waveform Type	Sine wave
Output Connections	(8) NEMA 5-15R



## Input

Nominal Input Voltage	120V
Input Frequency	50/60 Hz +/- 3 Hz (auto sensing)

Input Connections NEMA 5-15P



Cord Length 1.83 meters

Input voltage range for main operations 82 - 144V

Input voltage adjustable range for mains operation 75 - 154V

## Batteries & Runtime

Battery Type	Maintenance-free sealed Lead-Acid battery with suspended electrolyte : leakproof
Typical recharge time	3 hour(s)
Replacement Battery	<a href="#">RBC6</a>
RBC™ Quantity	1
Typical Backup Time at Half Load	20.6 minutes (335 Watts)
Typical Backup Time	6.1 minutes (670 Watts)



## Communications & Management

Interface Port(s)	DB-9 RS-232,SmartSlot,USB
Available SmartSlot™ Interface Quantity	1
Control panel	LED status display with load and battery bar-graphs and On Line : On Battery : Replace Battery : and Overload Indicators
Audible Alarm	Alarm when on battery : distinctive low battery alarm : configurable delays
Emergency Power Off (EPO)	Optional

## Surge Protection and Filtering

Surge energy rating	459 Joules
Filtering	Full time multi-pole noise filtering : 0.3% IEEE surge let-through : zero clamping response time : meets UL 1449

## Physical

Maximum Height	216.00 mm
Maximum Width	170.00 mm
Maximum Depth	439.00 mm
Net Weight	19.09 KG
Shipping Weight	22.00 KG
Shipping Height	370.00 mm
Shipping Width	330.00 mm
Shipping Depth	580.00 mm
Color	Black
Units per Pallet	24.00

## Environmental

Operating Environment	0 - 40 °C
Operating Relative Humidity	0%
Operating Elevation	0-3000 meters