

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
SALESIANA**

**SEDE QUITO - CAMPUS SUR**

**CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DEL ÁREA TÉCNICA Y DISEÑO DE  
UNA RED FTTH GPON EN EL SECTOR DE CUMBAYÁ**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO DE  
SISTEMAS**

**GAONA ROMÁN LUIS ALFONSO**

**SANTILLÁN SARMIENTO LORENA PAOLA**

**DIRECTOR: ING. JORGE ENRIQUE LÓPEZ LOGACHO**

**Quito, Febrero 2013**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Luis Alfonso Gaona Román y Lorena Paola Santillán Sarmiento, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

.....  
Luis Alfonso Gaona Román

.....  
Lorena Paola Santillán Sarmiento

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Luis Alfonso Gaona Román y Lorena Paola Santillán Sarmiento, bajo mi dirección.

.....  
Ing. Jorge Enrique López Logacho  
Director de Tesis

## **DEDICATORIA**

Dedico la presente tesis:

A Dios por mostrarme día a día que con humildad, paciencia y sabiduría todo es posible.

A mis padres y hermanos quienes con su amor, apoyo y comprensión incondicional estuvieron siempre a lo largo de mi vida estudiantil a ellos que siempre tuvieron una palabra de aliento en los momentos difíciles y que han sido incentivos de mi vida

**Luis Alfonso Gaona Román**

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios, a pesar de todo, se puede vencer el temor. Y el primer paso para hacerlo es creer lo que Dios dice acerca de ti:

Porque te tomé de los confines de la tierra, de tierras lejanas te llamé y te dije: **“Mi siervo eres tú; te escogí no temas, porque yo estoy contigo, yo soy tu Dios que te esfuerzo; siempre te ayudaré, siempre te sustentaré con la diestra de mi justicia” (Isaías 41:9-10).**

A mis padres, Iván y Piedad que con dedicación, amor, consejos, apoyo incondicional y con mucho sacrificio, han guiado mi caminar y dando pasos firmes pude alcanzar esta meta tan anhelada; con cariño llevaré en mi corazón sus enseñanzas, valores y principios que me inculcaron.

A mi jefa Patricia Yerovi, mi novio Mario, mi pastor Freddy y el hermano Alejandro Mullo, que me motivaron, alentaron y me apoyaron con sus consejos y palabras para jamás rendirme pero sobre todo que mi mirada nunca se aparte de Dios.

A todos mis amigos que estuvieron siempre ahí levantándome en cada caída y cuando estuve a punto de darme por vencida, ellos con su testimonio, amor y consejos me ayudaron a lograr atravesar cada obstáculo de la vida.

**Lorena Paola Santillán Sarmiento**

## **AGRADECIMIENTOS**

En este trabajo de tesis me gustaría agradecerte a ti Dios por bendecirme para poder llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

También agradezco a mis amados Padres por todo el esfuerzo que hicieron para darme una profesión y hacer de mí una persona de bien, gracias por los sacrificios y la paciencia que demostraron todos estos años; gracias a ellos eh podido llegar a donde estoy.

Gracias a mis hermanos quienes han sido amigos fieles y sinceros, en los que he podido confiar y apoyarme para seguir adelante.

Gracias a todas aquellas personas que de una u otra forma me ayudaron a crecer como persona y como profesional.

También de manera especial quiero agradecer a nuestro director de tesis quien con su conocimiento y apoyo supo guiar el desarrollo de la presente tesis desde el inicio hasta su culminación.

**Luis Alfonso Gaona Román**

## **AGRADECIMIENTOS**

La realización de este proyecto final de carrera, no hubiera sido posible sin Dios y sin el apoyo de mi familia.

Mi más sincero agradecimiento al Ingeniero George López Logacho por su dedicación y tiempo empleado, por sus consejos sobre OPNET, manuales y guías de investigación, pero sobre todo por ayudarme a construir el entorno de trabajo para este proyecto final.

Agradecerles también a mi jefa Patricia Yerovi, en especial a mis padres, mi novio y hermanos en Cristo, su comprensión y apoyo.

Y finalmente agradecerles a todos mis amigos y compañeros de trabajo la compañía y los buenos momentos que me han brindado.

**Lorena Paola Santillán Sarmiento**

# CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	5
1.5 ALCANCE.....	6
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>8</b>
2.1 EVOLUCIÓN DE LAS REDES.....	8
2.2 DEFINICIÓN DE RED GPON.....	11
2.3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE GPON.....	11
2.4 DESCRIPCIÓN DEL ESTÁNDAR GPON.....	14
2.4.1 ITU-T G.984 SERIES GPON.....	15
2.5 TECNOLOGÍAS Y PROTOCOLOS UTILIZADOS POR GPON.....	16
2.6 ARQUITECTURA DE RED GPON.....	23
2.7 PARÁMETROS BÁSICOS DE RENDIMIENTO EN GPON.....	25

2.8	CLASIFICACIÓN DE GPON.....	25
2.8.1	FTTP -FIBER TO THE PREMISES .....	26
2.8.2	FTTH - FIBER TO THE HOME .....	27
2.8.3	FTTB - FIBER TO THE BUSINESS.....	28
2.8.4	FTTC - FIBER TO THE CURB.....	29
2.8.5	FTTN - FIBER TO THE NODE .....	30
2.9	ELEMENTOS DE LA RED GPON.....	30
2.9.1	ELEMENTOS ACTIVOS.....	31
2.9.2	ELEMENTOS PASIVOS.....	35
2.10	SERVICIOS .....	47
2.11	MODOS DE PROTECCIÓN DE LA RED GPON .....	48
	<b>CAPÍTULO III ANÁLISIS Y DISEÑO TÉCNICO.....</b>	<b>51</b>
3.1	ANÁLISIS DEL ÁREA TÉCNICA.....	51
3.2	DISEÑO .....	52
3.2.1	DISEÑO LÓGICO .....	52
3.2.2	DISEÑO FÍSICO.....	54
3.3	EQUIPAMIENTO.....	63
3.4	DISTRIBUCIÓN .....	66
3.5	PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA RED FTTH GPON PARA EL SECTOR DE CUMBAYÁ.....	72

3.6	SIMULACIÓN DE LA RED FTTH GPON .....	74
3.6.1	CREACIÓN DEL PROYECTO .....	75
3.6.2	CREACIÓN DE LA RED .....	81
3.6.3	ESTADÍSTICAS .....	87
3.6.4	SIMULACIÓN .....	88
3.6.5	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	90
	<b>CAPÍTULO IV ANÁLISIS ECONÓMICO .....</b>	<b>95</b>
4.1	SERVICIOS DE CONECTIVIDAD EN EL ECUADOR .....	95
4.1.1	SERVICIOS DE VALOR AGREGADO INTERNET .....	96
4.1.2	SERVICIOS DE TELEVISIÓN POR CABLE .....	96
4.1.3	SERVICIOS DE TELEFONÍA FIJA .....	97
4.1.4	EMPRESAS QUE OFRECEN SERVICIOS DE INTERNET, TELEVISIÓN Y TELEFONÍA FIJA EN LA CIUDAD DE QUITO .....	98
4.2	ANÁLISIS DE MERCADO .....	98
4.2.1	TAMAÑO DEL MERCADO .....	98
4.2.2	CÁLCULO DE LA MUESTRA .....	99
4.2.3	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	100
4.3	ANÁLISIS DE COSTOS .....	101
4.3.1	COSTOS DE INFRAESTRUCTURA DE LA RED GPON .....	101
4.3.2	SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA EN EQUIPOS .....	102

4.3.3 COSTOS DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	104
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>106</b>
CONCLUSIONES .....	106
RECOMENDACIONES.....	108
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>109</b>
LIBROS Y MANUALES:.....	109
RECOMENDACIONES ITU .....	109
PÁGINAS WEB:.....	110
PROYECTOS DE TITULACIÓN .....	112
<b>ANEXOS.....</b>	<b>113</b>
ANEXO A: CATASTRO DEL DMQ .....	114
ANEXO B: ENCUESTA.....	117
ANEXO C: DATASHEET EQUIPO OLT .....	119
ANEXO D: DATASHEET EQUIPO SPLITTER.....	121
ANEXO E: DATASHEET EQUIPO ONT .....	122
ANEXO F: DATASHEET EQUIPO HN – 4404AP .....	124
ANEXO G: RESOLUCIÓN 452-29-CONATEL-2007 .....	126
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS.....</b>	<b>133</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Evolución de servicios.....	9
Figura 2.2: Estándares de GPON.....	15
Figura 2.3: Tasas Upstream y Downstream.....	16
Figura 2.4: Downstream.....	17
Figura 2.5: Upstream.....	18
Figura 2.6: TDMA.....	19
Figura 2.7: DBA.....	20
Figura 2.8: T-Cont.....	21
Figura 2.9: Protocolos de GPON.....	22
Figura 2.10: GEM.....	23
Figura 2.11: Arquitectura de red de GPON.....	24
Figura 2.12: Clasificación de GPON.....	26
Figura 2.13: Fiber to the Premises.....	27
Figura 2.14: Fiber To The Home.....	28
Figura 2.15: Fiber To The Business.....	28
Figura 2.16: Fiber To The Curb.....	29
Figura 2.17: Fiber To The Node.....	30
Figura 2.18: Optical Line Termination.....	32
Figura 2.19: Optical Network Termination.....	33
Figura 2.20: Optical Distribution Network.....	34
Figura 2.21: Optical Network Unit.....	35
Figura 2.22: Splitter.....	36
Figura 2.23: ODF.....	36
Figura 2.24: Sección de Fibra Multimodo.....	37
Figura 2.25: Multimodo de índice de gradiente gradual.....	38
Figura 2.26: Multimodo de índice de gradiente gradual.....	39
Figura 2.27: Sección de una fibra monomodo.....	40
Figura 2.28: Conector ST.....	40
Figura 2.29: Conector SC.....	41
Figura 2.30: Conector FC.....	42
Figura 2.31: Conector FDDI.....	42
Figura 2.32: Conector MT-RJ.....	43

Figura 2.33: Conector LC .....	44
Figura 2.34: Empalme por fusión .....	45
Figura 2.35: Empalme por fusión .....	45
Figura 2.36: Empalme por fusión .....	45
Figura 2.37: Empalme mecánico .....	46
Figura 2.38: Servicios .....	47
Figura 2.39: Type A Fibre backup .....	48
Figura 2.40: Type B OLT interface backup .....	49
Figura 2.41: Type C All-backup .....	50
Figura 3.1: Requerimiento de Capacidad para Multiservicios o servicios Triple Play. ....	51
Figura 3.2: Estructura lógica de una Red GPON.....	52
Figura 3.3: Estructura lógica de una Red GPON.....	53
Figura 3.4: Sector seleccionado para la Red GPON .....	54
Figura 3.5: Características de fibra Draka ADSS .....	57
Figura 3.6: Elementos de una red óptica.....	59
Figura 3.7: Esquema de usuarios FTTH .....	61
Figura 3.8: Esquema de diseño para el sector de Cumbayá.....	62
Figura 3.9: Ingreso de la fibra al cliente .....	63
Figura 3.10: Esquema de equipos terminales en la red FTTH .....	63
Figura 3.11: OLT .....	64
Figura 3.12: Splitter .....	64
Figura 3.13: Fibra Óptica de 2 hilos .....	65
Figura 3.14: ONT.....	65
Figura 3.15: Equipo Wireless .....	66
Figura3.16: Esquema de distribución de la red GPON.....	67
Figura 3.17: Conexión entre la ONU y el equipo final de usuario.....	68
Figura 3.18: Esquema de la red propuesta para el sector de Cumbayá .....	72
Figura 3.19: Plan de instalación de la Red .....	74
Figura 3.20: Plan de instalación de la Red .....	75
Figura 3.21: (a) y (b) Inicio del programa OPNET .....	76
Figura 3.22: (a) y (b) Creación de un nuevo proyecto .....	77
Figura 3.23: Identificación con un nombre a un nuevo proyecto .....	78

Figura 3.24: Selecciona de la topología del proyecto .....	79
Figura 3.25: Selecciona de la escala de red.....	79
Figura 3.26: Configuración de la superficie para el escenario.....	80
Figura 3.27: configuración de las tecnologías a emplearse en el proyecto .....	80
Figura 3.28: Object Palette Tree .....	81
Figura 3.29: Selección de Rapid Configuration .....	82
Figura 3.30: Selección de Topología de Rapid Configuration .....	82
Figura 3.31: configuración de nodos y enlaces .....	83
Figura 3.32: Topología generada con el método de Rapid Configuration .....	84
Figura 3.33: Escenario de 4 redes tipo estrella generados con Rapid Configuration .....	84
Figura 3.34: Inserción de un servidor fddi y 3 splitters .....	85
Figura 3.35: Enlace del Server FDDI.....	86
Figura 3.36: Configuración de objetos de modelamiento de tráfico.....	86
Figura 3.37: Configuración de Individual DES Statistics .....	87
Figura 3.38: Selección de las estadísticas de la simulación.....	88
Figura 3.39: Configuración del tiempo de simulación.....	89
Figura 3.40: Configuración del tiempo de simulación.....	89
Figura 3.41: Visualización de Resultados de la simulación .....	90
Figura 3.42: Ventana de resultados .....	91
Figura 3.43: Opciones de visualización de resultados .....	91
Figura 3.44: Retardo de paquetes en la red .....	92
Figura 3.45: Tráfico de bits recibidos .....	93
Figura 3.46: Bits por segundo recibidos .....	93
Figura 3.47: Total de paquetes.....	94
Figura 3.48: Paquetes .....	94
Figura 4.1: Nuevas herramientas de Internet .....	95
Figura 4.2: Usuarios de Internet a Nivel Nacional .....	96
Figura 4.3: Crecimiento de Servicios Portadores .....	97
Figura 4.4: Operadoras del servicio de telefonía fija .....	97
Figura 4.5: Estadísticas de las encuestas realizadas .....	99
Figura 4.6: Muestra los resultados obtenidos de aceptación de multiservicios ..	100
Figura 4.7: Muestra los resultados obtenidos de aceptación de multiservicios ..	101

Figura A.1: Evolución de la población por parroquias del Distrito Metropolitano de Quito.....	116
---	-----

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Características de red GPON .....	14
Tabla 4.1: Número de encuestas a realizarse en el sector de Cumbayá .....	99
Tabla 4.2: Resumen los resultados obtenidos de las encuestas.....	100
Tabla 4.3: Cuadro comparativo entre proveedores .....	102
Tabla 4.4: Cuadro de Equipos para la Red GPON.....	103
Tabla 4.5: Cuadro de Equipos para la Red GPON.....	105
Tabla A.1: Efectivos de la población de las parroquias del Distrito Metropolitano de Quito.....	114
Tabla A.2: Cuadro de actividades generadas en el Distrito Metropolitano de Quito. ....	115

## RESUMEN

El objetivo principal de esta tesis es realizar un análisis de factibilidad en el área técnica y crear el diseño de una red FTTH que utiliza GPON, esta es una tecnología de acceso de banda ancha mediante fibra hasta el hogar, que permite ofrecer todo tipo de multiservicios o llamados Triple Play sobre una misma plataforma y con un gran ancho de banda todo a un menor costo. El desarrollo de este proyecto se lo ha dividido en cuatro capítulos que se detallan a continuación:

En el primer capítulo, se redacta una breve introducción a GPON, planteamiento del problema, objetivos generales y específicos, la justificación, alcances que se presentan para el desarrollo de la red FTTH GPON.

En el segundo capítulo, abarca un marco teórico sobre la evolución de las redes de acceso, destacando el estudio de la tecnología GPON, definición, principales características, descripción del estándar, arquitectura, clasificación, elementos de la red, protocolos, servicios y modos de protección; así como también una definición y descripción del funcionamiento de cada uno los temas mencionados.

En el tercer capítulo, se resalta el análisis de la parte técnica para la red FTTH GPON a considerar, como el diseño lógico y físico, equipamiento, distribución, propuesta de implementación antes de crear el diseño y simular la red utilizando como herramienta el Opnet, se describe paso a paso la creación de la red FTTH GPON, la simulación y junto con las estadísticas realizadas a la red.

En el cuarto capítulo inicia con una breve introducción a los servicios de conectividad que existen en el Ecuador, análisis de costos que dan a conocer los costos de infraestructura, selección de equipos a utilizarse, instalación, mantenimiento y finalmente se concluye este trabajo con las conclusiones y recomendaciones obtenidas después de la realización del proyecto

## **PRESENTACIÓN**

La elaboración del presente trabajo tiene como finalidad proponer un nuevo servicio innovador tomando en cuenta las nuevas tecnologías que trabajan sobre redes que utilizan banda ancha basadas en IP, ofreciendo servicios bajo una misma infraestructura a precios bajos, y con una considerable reducción de inversión en el equipamiento de red.

Entre las tecnologías más interesantes del momento, tenemos a GPON, que es una tecnología de acceso con fibra óptica y es la que más atención ha suscitado, con arquitectura punto a multipunto más avanzada en la actualidad.

La tecnología GPON en el Ecuador es una de las tecnologías menos explotadas, admite multiservicios basados en voz, datos e Internet por medio de fibra óptica con una conectividad de alta velocidad y costos mínimos de instalación, equipo y mantenimiento, se espera que en un futuro no tan distante se sienta la necesidad de implementar y reemplazar varias de las tecnologías obsoletas de acceso para nuestro país

Por tal motivo se propone esta propuesta de análisis de factibilidad y diseño una red FTTH GPON para un determinado sector de la ciudad de Quito en este caso el sector de Cumbayá, previamente se partirá del análisis técnico en cuanto a ubicación, equipos, distribución, protocolos, arquitectura y así crear el diseño y finalmente simularlo.

Este trabajo es el resultado de la investigación realizada y de los conocimientos adquiridos durante la fase de elaboración del proyecto de plan de tesis.

# CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

## 1.1 ANTECEDENTES

Las redes de comunicaciones por fibra óptica se han desarrollado de forma exponencial desde la década de los ochenta, con la introducción de la fibra monomodo en los grandes enlaces de comunicaciones, en las denominadas redes de larga distancia.

Las redes y sistemas de telecomunicación actuales se enfrentan a la necesidad de proporcionar regímenes binarios<sup>1</sup> en la red de acceso cada vez más elevados a un mayor número de usuarios.

Esta necesidad se basa en el aumento de tráfico de Internet, relacionado con la demanda y distribución de programas y videojuegos en línea, con el aumento de la complejidad en los contenidos de las páginas web, con la distribución de contenidos audiovisuales y contenidos en línea adicionales, y con la introducción de la alta definición en los servicios y contenidos distribuidos, todo ello consecuencia de una sociedad cada vez más interconectada.

Entre las tecnologías más interesantes que están permitiendo esta convergencia cabe destacar a GPON, la tecnología de acceso mediante fibra óptica con arquitectura punto a multipunto más avanzada en la actualidad.

Las economías de escala y experiencia acumulada en el núcleo de la red, con elevados niveles de tráfico sobre sistemas WDM<sup>2</sup>, ha permitido que la viabilidad económica de la fibra y los componentes ópticos sea un hecho.

---

<sup>1</sup>Régimen Binario: son número de dígitos binarios transmitidos en la unidad de tiempo y por tanto se expresa en bits por segundo. Fuente: <http://docente.ucol.mx/al021593/VELOCIDADES.htm>

<sup>2</sup>Wavelength División Multiplexing: es una tecnología que multiplexa varias señales sobre una sola fibra óptica. Fuente: <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/dwdm.php>

Los servicios que se pueden emplear sobre una red de estas características son además los mismos que se pueden ofrecer sobre la red móvil, gracias a la integración que supone la introducción de IMS<sup>3</sup>.

La fibra de 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:

- Además, la reducción de repetidores Mayores anchos de banda
- Mayores distancias desde la central hasta el abonado
- Mayor resistencia a la interferencia electromagnética
- Mayor seguridad
- Menor degradación de las señales

y otros dispositivos supondrán menores inversiones iniciales, menor consumo eléctrico, menor espacio, menos puntos de fallo, etc.

Aunque tender fibra hasta el abonado pueda suponer una fuerte inversión inicial ésta podrá ser rápidamente amortizada a través de la reducción de los gastos de mantenimiento respecto a la infraestructura actual y a los nuevos servicios que se pueden ofrecer.

Los principales operadores de telecomunicaciones del mundo, incluida Telefónica, también han comenzado el despliegue de GPON porque los gobiernos de todas las naciones reconocen la necesidad de desplegar fibra óptica para mejorar la competitividad de las economías y también de este modo el tendido de fibra puede hacerse de forma progresiva en menos tiempo y con menor coste reutilizando la infraestructura del abonado. Todo esto da muestras del prometedor futuro de esta tecnología emergente.

---

<sup>3</sup> IP Multimedia Subsystem: es un servicio basado en IP, la infraestructura de servicios que permite altamente personalizar servicios multimedia .Fuente: [http://efort.com/media\\_pdf/IMS\\_ESP.pdf](http://efort.com/media_pdf/IMS_ESP.pdf)

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El mundo de las telecomunicaciones se encuentra en este momento en una etapa de evolución, expansión e invasión de multiservicios de telecomunicaciones como voz, video y datos gracias a la implantación de nuevas tecnologías que están abriendo paso al ofrecer varios servicios que trabajan sobre una misma red llegando al hogar del abonado con los mejores estándares de calidad.

Uno de las causas principales para abordar este proyecto es que tradicionalmente el abonado se ha convertido en un participante pasivo en recibir servicios como internet, velocidad de transmisión, circuito de vigilancia y Televisión pagada resultando algunas muy costosas, lejos del alcance y la cobertura de todos los usuarios interesados en contratar el servicio.

Otra causa es que existen varias empresas en el Ecuador que brindan servicios, pero no cumplen con las expectativas de los clientes es el hecho de que aún no se ha aprovechado al 100% la red, pero con la ayuda de la tecnología GPON y fibra de óptica que es el medio de transmisión más avanzado y el único capaz de soportar los servicios de nueva generación se brindara varios servicios, optimización recursos, ahorro de costos y un gran aprovechamiento de medios.

Toda la red que conforma la tecnología FTTH GPON será aérea pudiendo así realizar instalaciones más eficientes y rápidas, tomando en cuenta la calidad del servicio que se va a entregar, todos los elementos que conforman la infraestructura de la red tienen que cumplir los estándares de calidad establecidos, dentro de la infraestructura se pondrán cajetines o cajas, estos cajetines tendrán capacidad máxima de 8 clientes, el acceso al abonado se lo realizara por medio de una fibra de 2 hilos tomando en cuenta el lugar donde el abonado requiera el equipo a dejar, esperando cumplir las expectativas de los clientes.

Según las recomendaciones de la ITU-T G.984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4 y G.984.5 sobre la tecnología GPON es mejorar el ancho de banda, y la

eficiencia en el transporte de datos IP capaz de ofrecer múltiples servicios, y múltiples tecnologías de acceso de banda ancha, apropiadas para garantizar calidad de servicio.

Debido a lo expuesto anteriormente este proyecto tiene como finalidad lograr proporcionar servicios de alta calidad, con nueva tecnología y con visión a crecimiento.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

- Analizar la factibilidad del área técnica y diseñar una red FTTH GPON capaz de ofrecer una mayor cobertura en multiservicios con escalabilidad, disponibilidad absoluta y estándares de calidad, utilizando como referencia el sector de Cumbayá.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar la factibilidad que existe para el área técnica en el lugar selecto del proyecto considerando las causas principales como internet, velocidad de transmisión, circuito de vigilancia y televisión.
- Proponer una red funcional y de alta calidad que sea capaz de brindar una mayor cobertura con multiservicios que trabajen sobre una misma red FTTH GPON permitiendo ir al hogar del abonado con mejores estándares de calidad.
- Crear un prototipo de red FTTH GPON que llegue al abonado con multiservicios de mayor eficiencia, velocidad, calidad, a un menor coste para el abonado.

- Evaluar si las condiciones y el ambiente son viables para utilizar la FTTH GPON dentro de un área de 5 Km tomando como referencia una urbanización conformada de 300 a 440 viviendas.

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad existen varias soluciones tecnológicas que se dividen en dos amplias categorías: PON<sup>4</sup>, que no requieren de componentes electrónicos activos entre el usuario final y la central del operador; y ASON<sup>5</sup>, donde hay instalados componentes electrónicos activos entre el usuario final y la central del operador.

Desde esta perspectiva se aborda el proyecto escogiendo, hacer uso de las tecnologías PON Networks y, en especial GPON, que son las que más atención han suscitado, y que no requieren de dispositivos electrónicos permitiendo eliminar repetidores dentro de la red, nada de fuentes de poder intermedias, solo el uso de splitters<sup>6</sup>, acopladores y atenuadores, con el objetivo de aportar un pequeño avance en las telecomunicaciones, que contribuya a la mejora de éstas y permita un mayor grado de desarrollo en los servicios que se promocionen a los abonados.

Por lo tanto el proyecto se centra en la importancia de determinar mediante un análisis la factibilidad del área técnica y diseño de la red esto implica ubicación del lugar, inspecciones de factibilidad e ingreso de la Fibra, disponibilidad de conexión a la red, finalmente tendido del cable, instalación de equipos, pruebas y activación del servicio, en este orden de ideas se plantea el proyecto para determinar hasta qué punto y en qué condiciones es viable hacer uso de la tecnología FTTH GPON en un área de 5 Km tomando

---

<sup>4</sup>PassiveOptical Networks: guía el tráfico por la red. Fuente: [es.wikipedia.org/wiki/Red\\_óptica\\_pasiva](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_óptica_pasiva).

<sup>5</sup> Active Optical Network: equipo de red alimentado eléctricamente para distribuir la señal tal como un interruptor o router. Fuente: [http://www.memoireonline.com/04/12/5625/m\\_The-impact-of-fiber-optic-transmission-in-multiservices-networks-in-rwanda15.html](http://www.memoireonline.com/04/12/5625/m_The-impact-of-fiber-optic-transmission-in-multiservices-networks-in-rwanda15.html)

<sup>6</sup>Splitter: Filtro analógico para prevenir interferencias entre esos dispositivos y un servicio. Fuente: <http://www.alegsa.com.ar/Dic/splitter.php>

como referencia una de las urbanizaciones con un número estimado de 300 a 440 viviendas, en vista a lo planteado anteriormente se dice que la tecnología de la Fibra Óptica presenta una firme solución al problema gracias a la robustez, a su potencial ancho de banda ilimitado y al continuo descenso de los costes asociados a la fabricación e implementación de estas con la ventaja que las nuevas construcciones, nuevas urbanizaciones, nuevos bloques de viviendas, centros comerciales ya integran cableado estructurado por su bajo coste marginal en el proyecto, se está hablando de un escenario completamente abonado apropiado para desplegar soluciones de conectividad de varios servicios a un bajo costo pero sobre todo que llegue directamente hasta la vivienda.

## **1.5 ALCANCE**

El presente proyecto tratará acerca del Diseño de una red FTTH GPON que permitirá brindar una mayor cobertura al sector de Cumbayá en cuanto a multiservicios de voz, video, datos e internet trabajando sobre una misma red, y con esto contribuir y promover el desarrollo de las telecomunicaciones en las áreas rurales y urbanas marginales del país.

Se llevara a cabo este proyecto estudiando a fondo algunos conceptos de redes de comunicación y tecnologías que se podrían usar para el diseño y en un futuro la implementación del mismo. Para el diseño de la red se realizara un trabajo de campo que consiste en visitar el sector de Cumbayá del cual se tomará como referencia una de las urbanizaciones del sitio donde se llevara a cabo el proyecto, con este trabajo se obtendrá datos muy relevantes e importantes para la realización del diseño tales como la ubicación exacta de la urbanización seleccionada, sus coordenadas geográficas, número de viviendas, y si posee algún tipo de infraestructura tanto interna si ya existe una acometida de cableado, como externa se trata del ingreso de fibra de forma aérea o subterránea y arquitectónica capaz de soportar al equipamiento a usarse. El diseño de la red será llevado a cabo gracias a la

utilización del programa Opnet<sup>7</sup> Modeler, software libre es un lenguaje orientado a las comunicaciones que imita el comportamiento de un sistema por lo tanto se podrá analizar y observar características sin la necesidad de acudir al sistema real. Finalmente se analizara la factibilidad económica, que permitirá saber si realizar un proyecto de esta magnitud es totalmente viable en el aspecto económico y social.

El propósito de esta tesis es proveer un estudio que garantice una red FTTH<sup>8</sup>GPON<sup>9</sup> segura, optima, que garantice cubrir las expectativas del usuario al poder adquirir varios multiservicios a un menor costo.

---

<sup>7</sup>Opnet Modeler: es capaz de simular una gran variedad de redes. Fuente: <http://www.opnet.com>

<sup>8</sup>Fiber To The Home: conocida como fibra hasta el hogar. Fuente: [www.adslnet.es/ftth-fibra-optica-hasta-el-hogar/](http://www.adslnet.es/ftth-fibra-optica-hasta-el-hogar/)

<sup>9</sup>Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit: una tecnología de acceso de banda ancha mediante fibra hasta el hogar. Fuente: <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php>

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1 EVOLUCIÓN DE LAS REDES<sup>10</sup>

En el futuro se espera que continúe la convergencia de servicios residenciales, de negocios, y móviles. Hoy en día, la mayoría de los clientes han separado los servicios móviles de los servicios de telefonía fija, pero en el futuro muchos proveedores ofrecerán servicios convergentes integración fijo - móvil.

Del mismo modo los proveedores ofrecerán servicios convergentes de video que serán proporcionados a una HDTV<sup>11</sup>, PC<sup>12</sup>, teléfono celular, PDA<sup>13</sup> o dispositivos inalámbricos, basados exclusivamente en las preferencias de los clientes.

La tendencia general de la industria se orienta a que todo servicio pueda ser entregado en cualquier pantalla, además de disfrutar de la personalización y las aplicaciones multimedia, integradas para negocios y entretenimiento.

La Figura 2.1 presenta un esquema de la evolución de los servicios en varias líneas de las tecnologías de la comunicación, como IPTV<sup>14</sup>, telefonía y servicios multimedia, relacionados con las redes fijas, móviles, internet de alta velocidad y servicios en los negocios.

---

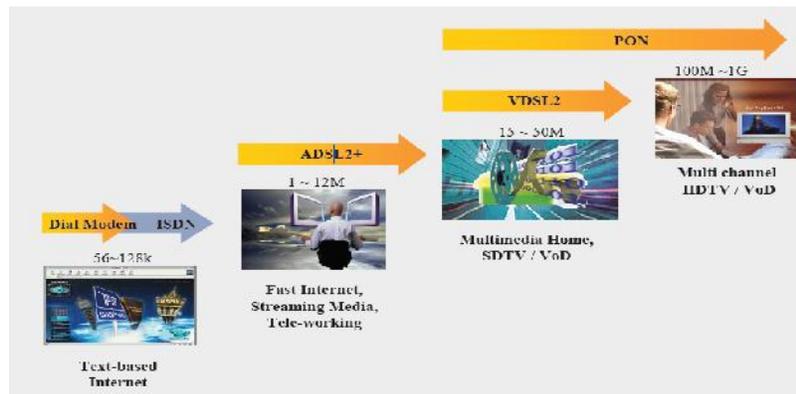
<sup>10</sup>Fuente: <http://es.scribd.com/doc/43775815/REDES-GPON>

<sup>11</sup>High Definition Televisión: se caracteriza por emitir las señales televisivas en una calidad digital superior. Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Televisi%C3%B3n\\_de\\_alta\\_definici%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/Televisi%C3%B3n_de_alta_definici%C3%B3n)

<sup>12</sup>Personal Computer: máquina capaz de efectuar una secuencia de operaciones mediante un programa. Fuente: [http://en.wikipedia.org/wiki/Personal\\_computer](http://en.wikipedia.org/wiki/Personal_computer)

<sup>13</sup>Personal Digital Assistant: ordenador de bolsillo, organizador personal o una agenda electrónica de bolsillo. Fuente: <http://www.masadelante.com/faqs/que-es-un-pda>

<sup>14</sup>Internet Protocol Television: sistemas de distribución por suscripción de señales de televisión y video. Fuente: [www.edukanda.es/mediatecaweb/data/zip/1303/page\\_04.htm](http://www.edukanda.es/mediatecaweb/data/zip/1303/page_04.htm).



**Figura 2.1.** Evolución de servicios <sup>15</sup>

La evolución ocurre a nivel tecnológico para soportar nuevos e innovadores servicios. La convergencia hacia NGN facilita por ejemplo, la convergencia de las redes tradicionales de voz y video hacia redes que garanticen la misma calidad, pero en una red IP integrada. O también que el usuario pueda moverse con sus servicios de localidad o dispositivo.

Es decir, NGN permite utilizar indistintamente tecnologías alambradas e inalámbricas para la entrega de los servicios y además puede emplearse de manera coherente en cualquier instante o lugar, a través de diferentes entornos que emplean equipos de terminales convergentes quiere decir capaces de aceptar todos los servicios en un entorno digital.

La convergencia a NGN<sup>16</sup> permite desarrollar toda la gama de servicios IP multimedia de nueva generación comunicaciones VoIP<sup>17</sup> de nueva

<sup>15</sup>Fuente: 09\_Passive\_Optical\_Data\_Network\_\_solution.pdf

<sup>16</sup>Next Generation Networking: es un tipo de arquitectura de red abierta e integrada. Fuente: [www.imaginar.org/ngn/manuales/Integracion\\_NGN.pdf](http://www.imaginar.org/ngn/manuales/Integracion_NGN.pdf)

<sup>17</sup>Voice over IP: es un sistema de transmisión de la voz por medio de redes IP en forma de paquetes de datos. Fuente: [www.informatica-hoy.com.ar/voz-ip-voip/Que-es-VOIP.php](http://www.informatica-hoy.com.ar/voz-ip-voip/Que-es-VOIP.php)

generación, comunicación con video, mensajerías integradas multimedia, integración con servicios IPTV, domótica, entre otras, así como la evolución y, en algunos casos, migración para integrar en una única infraestructura de red, tanto las actuales y futuras, permitiendo que dicha infraestructura responda a unos criterios básicos de capacidad, disponibilidad y seguridad, necesarios en los servicios que soportará esta red. Si bien la convergencia de voz y datos ha permitido nuevas eficiencias por ejemplo la reducción de costos.

La evolución de servicios hará que los proveedores puedan distribuir nuevos e innovadores servicios a cualquier dispositivo sobre cualquier tipo de red de acceso. Los abonados se definirán por su perfil y presencia en la red, en lugar de su línea de acceso o micro teléfono.

Las nuevas aplicaciones y servicios han introducido necesidades que originalmente no fueron tomadas en cuenta en el diseño de la primera generación de redes de paquetes. Por lo tanto, la evolución desde las redes tradicionales hacia NGN se fundamenta en la convergencia de aplicaciones y servicios soportados y transportados sobre diferentes redes de acceso y de núcleo.

A finales de los años 90, 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. Al tratarse de una conexión punto a multipunto, aseguró un gran ahorro económico a la hora de extender la fibra óptica. Con el abaratamiento de la fibra óptica y el interés de los distintos organismos reguladores de cada país por ella, los fabricantes y operadores abrazaron la tecnología PON.

Unos años más tarde, en el 2004, se terminaba de definir el estándar GPON, dicho estándar superaba con creces al resto de las tecnologías PON con velocidades de línea de hasta 2.488 Gbps simétricas y asimétricas. Otra de las cualidades eran su mayor ancho de banda y la capacidad de transportar tráfico de datos nativos y otros servicios integrados.

Su único problema fue que tenía una gran complejidad por lo que no era posible desarrollar comercialmente de forma rentable productos compatibles con GPON. Hoy en día este problema ya está solucionado y son muchos los operadores que la emplean.

## 2.2 DEFINICIÓN DE RED GPON

Es una tecnología que permite una convergencia total de todos los servicios de telecomunicaciones sobre una única infraestructura de red basada en IP<sup>18</sup>. Es una red de fibra totalmente pasiva, no existen repetidores dentro de la red y tampoco fuentes de poder intermedias, solo splitters, acopladores y atenuadores.<sup>19</sup>

## 2.3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE GPON

Las características que ofrece la tecnología GPON son entre otras, una estructura de trama escalable de 622 Mbps hasta 2.5 Gbps, además la capacidad de soportar tasas de bits asimétricas.<sup>20</sup>

Dicha red de fibra óptica, facilita la transmisión bidireccional de información en una sola fibra llamada PON<sup>21</sup> esto elimina el uso de componentes activos de fibra óptica entre OLT<sup>22</sup> y ONU<sup>23</sup>, disminuyendo efectivamente el costo y facilitando el mantenimiento de la red.<sup>24</sup>

---

<sup>18</sup>Internet Protocol: es una etiqueta numérica que identifica, de manera lógica y jerárquica, a un interfaz.  
Fuente: [www.alegsa.com.ar/Dic/ip.php](http://www.alegsa.com.ar/Dic/ip.php)

<sup>19</sup> Fuente: [http://www.imaginar.org/ngn/manuales/Convergencia\\_NGN.pdf](http://www.imaginar.org/ngn/manuales/Convergencia_NGN.pdf)

<sup>20</sup> Fuente: <http://es.scribd.com/doc/46041461/GPON>

<sup>21</sup>Passive Optical Networks: es un punto-a-multipunto permite que una sola fibra óptica para servir a múltiples instalaciones. Fuente: [en.wikipedia.org/wiki/Passive\\_optical\\_network](http://en.wikipedia.org/wiki/Passive_optical_network)

<sup>22</sup>Optical Line Terminal: consta de varios puertos de línea GPON. Fuente: [wikitel.info/wiki/GPON](http://wikitel.info/wiki/GPON)

<sup>23</sup>Optical Network Unit: cuyo objetivo es el de filtrar los contenidos y enviar al usuario sólo aquellos que vayan dirigidos a él. Fuente: <http://es.scribd.com/doc/46041461/GPON>

<sup>24</sup> Fuente: <http://es.scribd.com/doc/46041461/GPON>

Actualmente la velocidad estandarizada por los suministradores de equipos GPON es de 2,4 Gbps en el canal de bajada y 1,2 Gbps en el de subida y gracias a estas velocidades de transferencia de datos permite ofrecer servicios como videoconferencias o televisión digital de gran calidad.

Otra de sus características es la abundancia de protocolos y servicios preparados para la seguridad de los datos para lo cual el método de encapsulación que emplea GPON es GEM<sup>25</sup> que permite soportar cualquier tipo de servicio Ethernet<sup>26</sup>, TDM, ATM<sup>27</sup>, etc.

En un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125µs. GEM se basa en el estándar GFP<sup>28</sup> del ITU-T G.7041<sup>29</sup>, con modificaciones menores para optimizarla para las tecnologías PON.

GPON de este modo, no sólo ofrece mayor ancho de banda que sus tecnologías predecesoras como APON<sup>30</sup> o BPON<sup>31</sup>, que ofrecían velocidades menores y estaban basadas en ATM, con el problema de costes y complejidad que ello supone, es además mucho más eficiente y permite a los operadores continuar ofreciendo sus servicios tradicionales como son voz basada en TDM, líneas alquiladas, etc. Sin tener que cambiar los equipos

---

<sup>25</sup>GPON Encapsulation Method: permite soportar cualquier tipo de servicio. Fuente: [www.slideshare.net/quinho\\_martinez/tecnologa-gpon](http://www.slideshare.net/quinho_martinez/tecnologa-gpon)

<sup>26</sup>IEEE 802.3:es un estándar de transmisión de datos para redes de área local. Fuente: <http://es.kioskea.net/contents/technologies/ethernet.php3>

<sup>27</sup>Asynchronous Transfer Mode: es una tecnología de telecomunicación desarrollada para hacer frente a la gran demanda de capacidad de transmisión para servicios y aplicaciones Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Asynchronous\\_Transfer\\_Mode](http://es.wikipedia.org/wiki/Asynchronous_Transfer_Mode)

<sup>28</sup>Generic Framing Procedure: es una técnica de multiplexación definida por la ITU-TG.7041. Fuente: <http://www.ai.sri.com/~gfp/>

<sup>29</sup> <http://www.ieee.org.ar/downloads/metroethernet.pdf>

<sup>30</sup>ATM Passive Optical Network : provee el conjunto más rico y exhaustivo de características de operación y mantenimiento <http://www.todotecnologia.net/tecnologia-de-redes-pon-apon-bpon-gpon-gepon-epon.htm>

<sup>31</sup>Broadband Pon: se basan en las redes APON pero con la diferencia que pueden dar soporte a otros estándares. Fuente: [www.todotecnologia.net/tecnologia-de-redes-pon-apon-bpon-gpon-g](http://www.todotecnologia.net/tecnologia-de-redes-pon-apon-bpon-gpon-g)

instalados en las dependencias de sus clientes. Además, GPON implementa capacidades de OAM<sup>32</sup> avanzadas, ofreciendo una potente gestión del servicio extremo a extremo.

Esto permite una notable reducción de costos en los operadores, que no tienen que instalar y mantener redes paralelas para cada servicio.

La Tabla 2.1 muestra las características antes mencionadas de las redes GPON.

	<b>ITU-T-GPON</b>
<b>Velocidad (Mbit/s)</b>	Descen : 2488, 1244  Ascen: 2488, 1244, 622, 155
<b>Codificación de línea</b>	NRZ (+ aleatorización)
<b>División mínima (en capa TC)</b>	64
<b>División máxima (en capa TC)</b>	128
<b>Alcance lógico máximo soportado por capa TC</b>	60 km (con 20 km diferencial entre ONTs)
<b>Protocolos de capa 2</b>	Ethernet, TDM sobre GEM (GPON Encapsulation Model), ATM
<b>Documentos Estándar</b>	ITU-T G.984 series
<b>Soporte TDM</b>	TDM nativo, TDM sobre ATM, TDM sobre paquete

---

<sup>32</sup>Operation Administration and Maintenance: son capacidades o características de operación y mantenimiento. Fuente:[http://en.wikipedia.org/wiki/Operations,\\_administration\\_and\\_management](http://en.wikipedia.org/wiki/Operations,_administration_and_management)

<b>Típica Capacidad descendente (para caudal de datos IP)</b>	1170 Mbit/s (para v, línea 1,244 Gbit/s)
<b>Típica Capacidad descendente (para caudal de datos IP)</b>	1160 Mbit/s (para v, línea 1,244 Gbit/s)
<b>OAM</b>	PLOAM + OMCI
<b>Seguridad Descendente</b>	AES (modo contador)

**Tabla 2.1:** Características de red GPON<sup>33</sup>

## 2.4 DESCRIPCIÓN DEL ESTÁNDAR GPON

Este nuevo estándar surgió con el fin de establecer nuevas exigencias a la red:<sup>34</sup>

- ✓ Soporte de todos los servicios: voz TDM, tanto SONET como SDH, Ethernet (10/100 Base T), ATM.
- ✓ Alcance máximo de 20km, aunque el estándar se ha preparado para que pueda llegar hasta los 60 km.
- ✓ Soporte de varios bitrate<sup>35</sup> con el mismo protocolo, incluyendo velocidades simétricas de 622 Mb/s, 1.25 Gb/s, y asimétricas de 2.5 Gb/s en el enlace descendente y 1.25 Gb/s en el ascendente.
- ✓ OAM&P extremo a extremo.
- ✓ Seguridad del nivel de protocolo para el enlace descendente debido a la naturaleza multicast de PON.
- ✓ El número máximo de usuarios que pueden colgar de una misma fibra es 64 (el sistema está preparado para dar hasta 128).

<sup>33</sup> Fuente: <http://www.telnet-ri.es/soluciones/acceso-gpon-y-redes-ftth/pon-passive-optical-networks/>

<sup>34</sup> Fuente: <http://www.slideshare.net/haroldguz/gpon-7278692>

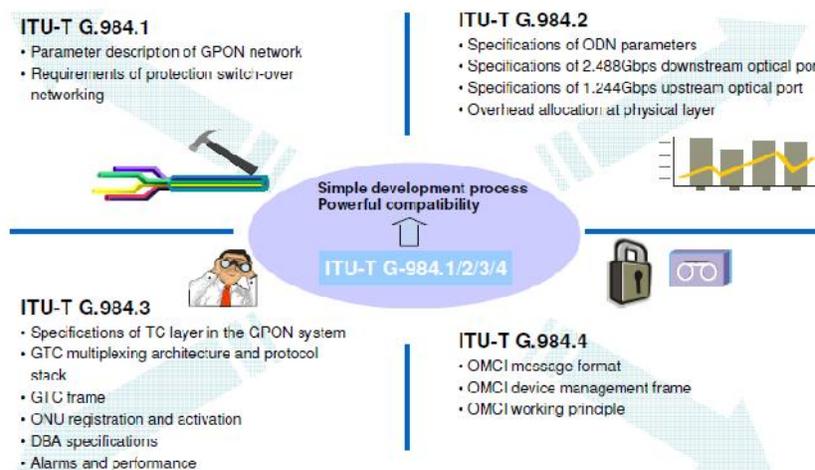
<sup>35</sup> Bitrate: es el número de bits (o datos) que son procesados por unidad de tiempo. Fuente: [kb-es.sandisk.com/app/answers/.../a.../definici%3Bn-de-bitrate](http://kb-es.sandisk.com/app/answers/.../a.../definici%3Bn-de-bitrate)

El estándar GPON se ha diseñado para que una parte de la trama GPON esté dedicada al tráfico multicast, de tal manera que sea accesible por todos los usuarios. Esta es la manera de conseguir enviar una sola copia de cada canal independientemente de los usuarios que la estén solicitando.

#### 2.4.1 ITU-T G.984 SERIES GPON

GPON es una tercera generación protocolo PON, y la segunda generación desarrollado por el consorcio FSAN. GPON y sus protocolos asociados están especificadas en el ITU-T G.984 serie. GPON se desarrolló para soportar mayores velocidades de datos que fueron cambiando a través de los avances tecnológicos.

La Figura 2.2 muestra los estándares GPON aprobados en 2003-2004 por ITU-T en las recomendaciones G.984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4 y G.984.5. Todos los fabricantes de equipos deben cumplirla para garantizar la interoperabilidad. Se trata de las estandarizaciones de las redes PON a velocidades superiores a 1 Gbps.



**Figura 2.2:** Estándares de GPON<sup>36</sup>

<sup>36</sup>Fuente: [http://www.slideshare.net/mansoor\\_gr8/gpon-fundamentals](http://www.slideshare.net/mansoor_gr8/gpon-fundamentals)

A continuación se presenta una descripción de las recomendaciones aprobadas por la UIT o ITU de la serie G para sistemas, medios de transmisión y redes digitales:

- G.984.1: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales (3/2008).
- G.984.2: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos (2003).
- G.984.3: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Especificación de la capa de convergencia de transmisión (2004).
- G.984.4: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Especificación de la interfaz de control y gestión de la terminación de red óptica (2004).
- G.984.5: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Banda de ampliación (2007).
- G-984.6: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Extensión del alcance (2008).
- G.984.7: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Largo alcance.

## 2.5 TECNOLOGÍAS Y PROTOCOLOS UTILIZADOS POR GPON

En la transmisión de la información se aprueba el uso de la tecnología de multiplexación TDMA y TDM para el sentido ascendente como descendente.

En la Figura 2.3 podemos apreciar como varían los valores de las tasas Upstream y Downstream si se usara sobre una fibra o dos.

GPON	Upstream	Downstream
sobre 1 Fibra	1.260 – 1.360 nms	1.480 – 1.500 nms
sobre 2 Fibras	1.260 – 1.360 nms	1.260 – 1.360 nms

**Figura 2.3:** Tasas Upstream y Downstream<sup>37</sup>

<sup>37</sup>Fuente: [http://wikitel.info/wiki/UA-Redes\\_PON\\_GPON\\_derivados](http://wikitel.info/wiki/UA-Redes_PON_GPON_derivados)

Toda la información es transmitida bidireccionalmente sobre una fibra conocida como PON. A continuación se describe el uso las dos longitudes de onda distintas:

### Downstream - TDM

La información en download es transmitida en modo broadcast o utiliza la tecnología TDM significa que la información le llega a todos los elementos de la red. Como la información le llega a todos los usuarios es necesario utilizar encriptamiento para mantener la privacidad de las comunicaciones.<sup>38</sup>

La Figura 2.4 presenta un esquema de como la información es transmitida utilizando la longitud de onda downstream.

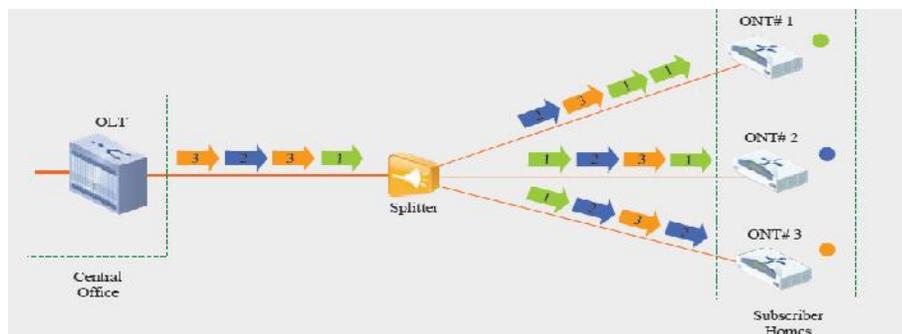


Figura 2.4: Downstream<sup>39</sup>

### Upstream - TDMA

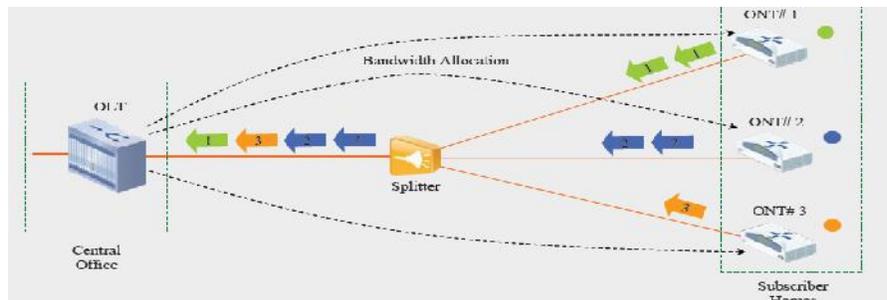
En upload la transmisión se realiza utilizando un protocolo de acceso múltiple conocido como TDMA<sup>40</sup>, donde cada elemento de la red tiene un periodo de tiempo específico para transmitir, permitiendo que un mismo canal de transmisión, en este caso la misma longitud de onda, sea compartido por

<sup>38</sup> Fuente: <http://es.scrib.com/doc/52110212/TUTORIAL-9-Lattanzi-y-Graf-IEEE>

<sup>39</sup> Fuente: [http://ewh.ieee.org/r9/el\\_salvador/imagenes/eventos/febrero/2012/EVOLUCION\\_REDES\\_ACCESO\\_TELECOMUNICACIONES.pdf](http://ewh.ieee.org/r9/el_salvador/imagenes/eventos/febrero/2012/EVOLUCION_REDES_ACCESO_TELECOMUNICACIONES.pdf)

<sup>40</sup> Time Division Multiple Access: es una técnica que permite la transmisión de señales digitales. Fuente: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/hernandez\\_c\\_a/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/hernandez_c_a/capitulo2.pdf)

varios usuarios. La Figura 2.5 presenta un esquema de como la información es transmitida utilizando la longitud de onda upstream.



**Figura 2.5:** Upstream<sup>41</sup>

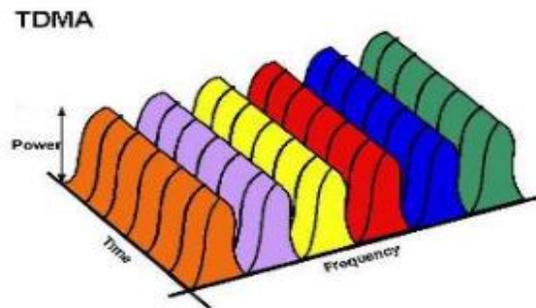
## TDMA

El Acceso Múltiple por División del Tiempo es una tecnología inalámbrica de segunda generación que brinda servicios de alta calidad de voz y datos de circuito conmutado en las bandas más usadas del espectro, lo que incluye las de 850 y 1900 MHz.

TDMA divide un único canal de radiofrecuencia en seis ranuras de tiempo. A cada persona que hace una llamada se le asigna una ranura de tiempo específica para la transmisión, lo que hace posible que varios usuarios utilicen un mismo canal simultáneamente sin interferir entre sí.

La Figura 2.6 muestra como TDMA ofrece tres veces más capacidad que la tecnología analógica ya que es una tecnología inalámbrica que distribuye las unidades de información en ranuras alternas de tiempo, dando acceso múltiple a un número reducido de frecuencias permitiendo dar servicios de alta calidad de voz y datos, todo esto para que múltiples usuarios utilizan un mismo canal de frecuencia al mismo tiempo sin interferirse entre sí.

<sup>41</sup>Fuente: [wikitel.info/wiki/UA-Redes\\_PON\\_GPON\\_derivados](http://wikitel.info/wiki/UA-Redes_PON_GPON_derivados)



**Figura 2.6:** TDMA<sup>42</sup>

Además utiliza de forma eficiente la técnica conocida como:

### **Asignación Dinámica de Ancho de Banda (DBA)**

El método más básico de asignación de ancho de banda ascendente es distribuirla equitativamente entre las ONUs. Este método es muy ineficiente, sobre todo con el tráfico de paquetes, ya que las necesidades de ancho de banda de la carga raramente serán igual en cada caso en el tiempo<sup>43</sup>.

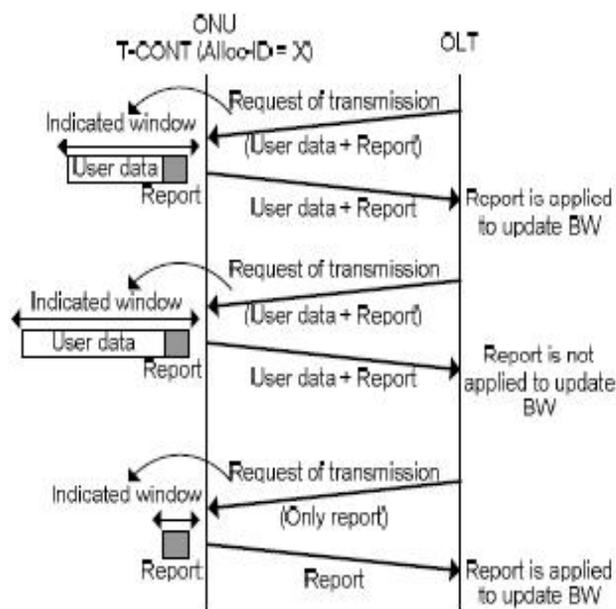
Considerables ganancias con la utilización del ancho de banda general se puede hacer si el ancho de banda ascendente se asigna dinámicamente según las necesidades actuales de la carga.

También se utiliza los tipos de T-CONT, para determinar el orden de prioridad de subvenciones de ancho de banda. Los tipos de ancho de banda, de mayor a menor prioridad, se fija el ancho de banda, ancho de banda garantizado, ancho de banda no asegurada, y el mejor ancho de banda de esfuerzo. Los dos primeros son los tipos de ancho de banda garantizado, y la suma de los dos últimos se conoce como anchura de banda adicional o ancho de banda

<sup>42</sup>Fuente: [http://tecnologiahechapalabra.com/tecnologia/glosario\\_tecnico/articulo.asp?i=788](http://tecnologiahechapalabra.com/tecnologia/glosario_tecnico/articulo.asp?i=788)

<sup>43</sup> Fuente: <http://es.scribd.com/doc/43775815/REDES-GPON>

sobrante que está disponible para la asignación dinámica DBA como se muestra en la Figura 2.7.



**Figura 2.7:** DBA<sup>44</sup>

### T-Cont<sup>45</sup>

Son un mecanismo PON capa arriba, en la dirección ascendente, el ancho de banda a ser utilizado por la ONU no sólo depende del tráfico en cuestión, sino también del patrón de tráfico en ONUs otro en la red.

Como el medio es compartido, cualquier auto transferencia iniciada por cualquier ONU en dirección de subida daría lugar a colisiones y retransmisiones causando pérdida en el rendimiento.

Para el tráfico de subida, el marco puede considerarse que se divide en diferentes tipos de contenedor. Hay cinco tipos definidos en GPON:

<sup>44</sup>Fuente: [http://es.scribd.com/doc/97190804/12-GPON-Information-Technology-Interfaces-2007-ITI-2007-29th-International-Conference-On](http://es.scribd.com/doc/97190804/12-GPON-Information-Technology-Interfaces-2007-ITI-2007-29th-International-Conference-On-2007-ITI-2007-29th-International-Conference-On)

<sup>45</sup> Fuente: <http://es.scribd.com/doc/43775815/REDES-GPON>

Tipo-1TCont servicio se basa en los permisos solicitados periódicas concesión asignación fija o carga útil que atienden a las necesidades de ancho de banda fijos. Este es un estático T-Cont tipo y no es atendido por DBA.

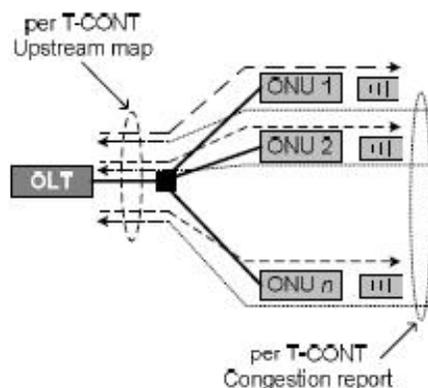
Tipo-2 T-Cont se destina a la velocidad de bits variable, con retraso limitado y los requisitos de jitter como video y voz sobre IP.

Tipo-3 T-Cont se destina para el retraso garantizado.

Tipo-4 T-Cont es para el tráfico de mejor esfuerzo.

Tipo-5 T-Cont se combina para dos o más de los otros cuatro tipos definidos anteriormente y en este caso de que el aviso del ancho de banda individual y la asignación se realiza en la ONU.<sup>46</sup>

El tráfico del cliente, las colas, el mapeo T-Cont y los informes se muestra en la Figura 2.8



**Figura 2.8:** T-Cont<sup>47</sup>

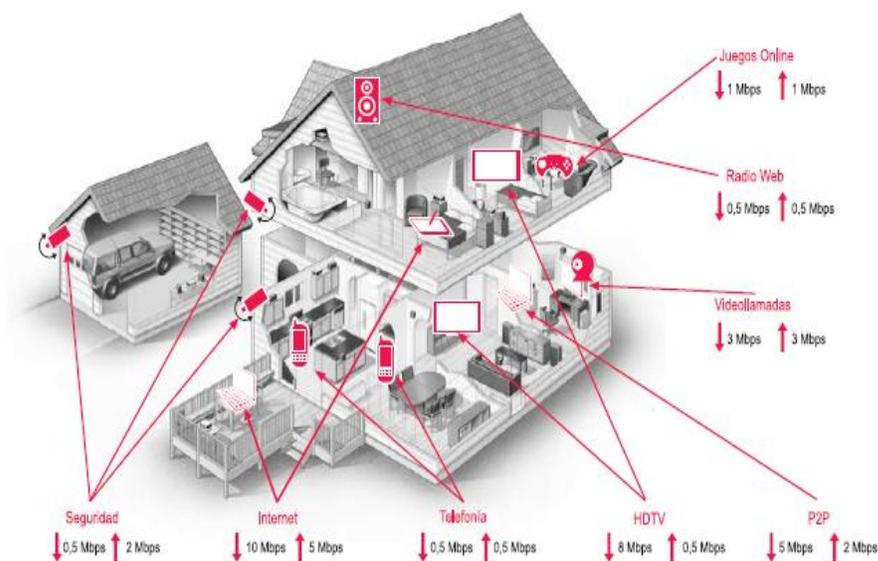
En cuanto al transporte de datos GPON contempla dos posibilidades que se pueden utilizar:

<sup>46</sup> Fuente: <http://es.scribd.com/doc/43775815/REDES-GPON>

<sup>47</sup> Fuente: <http://es.scribd.com/doc/97190804/12-GPON-Information-Technology-Interfaces-2007-ITI-2007-29th-International-Conference-On>

- ATM: es el utilizado por APON y BPON, por lo que es una solución continuista.
- GEM: se trata de un nuevo protocolo definido por la G.984s para utilizarse en GPON.

La Figura 2.9 muestra los protocolos de transporte que se pueden utilizar en GPON



**Figura 2.9:** Protocolos de GPON<sup>48</sup>

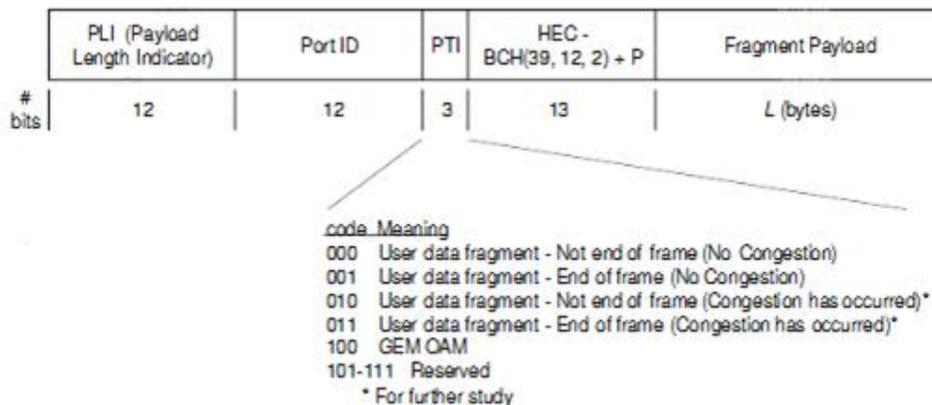
La pila de protocolos quedaría de la siguiente manera: Ethernet sobre GEM, y éste sobre TDM/TDMA

## GEM

El método de encapsulación que emplea GPON es GEM que permite soportar cualquier tipo de servicio Ethernet, TDM, ATM, etc.

En un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125µs. GEM se basa en el estándar GFP<sup>49</sup> del ITU-T G.7041, con modificaciones menores para optimizarla para las tecnologías PON.

<sup>48</sup>Fuente: [http://www.gitpa.es/doc/informes/Oportunidades\\_red.es.pdf](http://www.gitpa.es/doc/informes/Oportunidades_red.es.pdf)



**Figura 2.10:** GEM<sup>50</sup>

## 2.6 ARQUITECTURA DE RED GPON<sup>51</sup>

La red de GPON consta de un OLT, ubicado en las dependencias del operador, y las ONT en las dependencias de los abonados para FTTH.

La OLT consta de varios puertos de línea GPON, cada uno soportando hasta 64 ONT. Aunque depende del suministrador, existen sistemas que pueden alojar hasta 7.168 ONTs en el mismo espacio que un DSLAM.

Para conectar la OLT con la ONT con datos, se emplea un cable de fibra óptica para transportar una longitud de onda downstream.

Mediante un pequeño divisor pasivo que divide la señal de luz que tiene a su entrada en varias salidas, el tráfico downstream originado en la OLT puede ser distribuido hasta alcanzar los clientes, esto es una arquitectura punto a multipunto. Los datos upstream desde la ONT hasta la OLT que son distribuidos en una longitud de onda distinta para evitar colisiones en la transmisión downstream son agregados por la misma unidad divisora pasiva, que hace las funciones de combinador en la otra dirección del tráfico.

<sup>49</sup>GenericFramingProcedure:constituye un procedimiento genérico para adaptar el tráfico de cliente a una red de transporte síncrona basada en octetos, tal como la SDH. Fuente: [http://www.gatv.ssr.upm.es/stelradio/STEL/adjuntos/material\\_consulta/3\\_apuntes\\_gpon\\_y\\_epon.pdf](http://www.gatv.ssr.upm.es/stelradio/STEL/adjuntos/material_consulta/3_apuntes_gpon_y_epon.pdf)

<sup>50</sup> Fuente: <http://es.scribd.com/doc/71542648/33/GPON-Encapsulation-Method-GEM>

<sup>51</sup> Fuente: <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php>

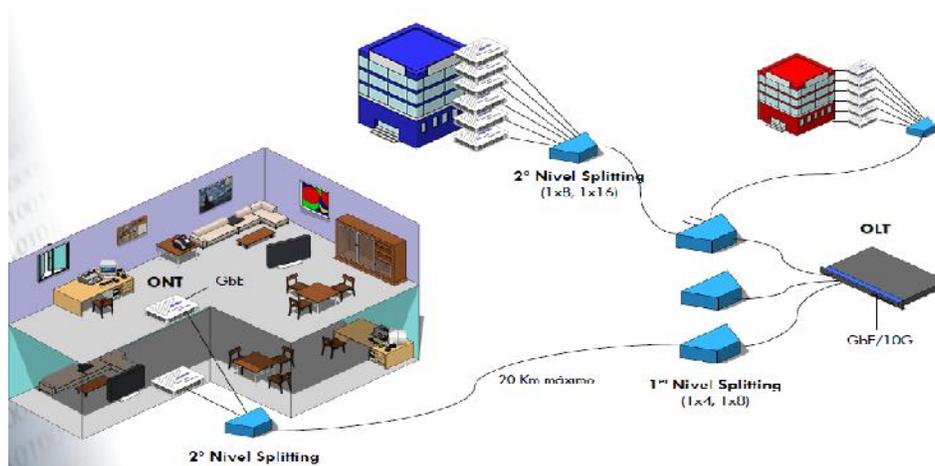
Esto permite que el tráfico sea recolectado desde la OLT sobre la misma fibra óptica que envía el tráfico downstream.

Para el tráfico downstream se realiza un broadcast óptico, aunque cada ONT sólo será capaz de procesar el tráfico que le corresponde o para el que tiene acceso por parte del operador, gracias a las técnicas de seguridad AES

Para el tráfico upstream los protocolos basados en TDMA aseguran la transmisión sin colisiones desde la ONT hasta la OLT.

Además, mediante TDMA sólo se transmite cuando sea necesario, por lo cual, no sufre de la ineficiencia de las tecnologías TDM donde el período temporal para transmitir es fijo e independiente de que se tengan datos o no disponibles.

La Figura 2.11 muestra la red de GPON que tiene un OLT en el operador y el ONT en las dependencias de los abonados



**Figura 2.11:** Arquitectura de red de GPON.<sup>52</sup>

<sup>52</sup>Fuente: 09\_Passive\_Optical\_Data\_Network\_\_solution.pdf

## 2.7 PARÁMETROS BÁSICOS DE RENDIMIENTO EN GPON

GPON identifica 7 combinaciones de velocidad de transmisión de la siguiente manera:<sup>53</sup>

0.15552 Gbit/s up, 1.24416 Gbit/s down

0.62208 Gbit/s up, 1.24416 Gbit/s down

1.24416 Gbit/s up, 1.24416 Gbit/s down

0.15552 Gbit/s up, 2.48832 Gbit/s down

0.62208 Gbit/s up, 2.48832 Gbit/s down

1.24416 Gbit/s up, 2.48832 Gbit/s down

2.48832 Gbit/s up, 2.48832 Gbit/s down

Entre ellos, 1,24416 Gbit / s para arriba, 2,48832 Gbit / s de bajada es la corriente principal combinación de velocidad soportado en el momento actual.

- Alcance máximo lógico: 60 km
- Alcance máximo físico: 20 km
- Diferencial máxima distancia de fibra: 20 km
- Split ratio: 1:64, puede ser hasta 1: 128

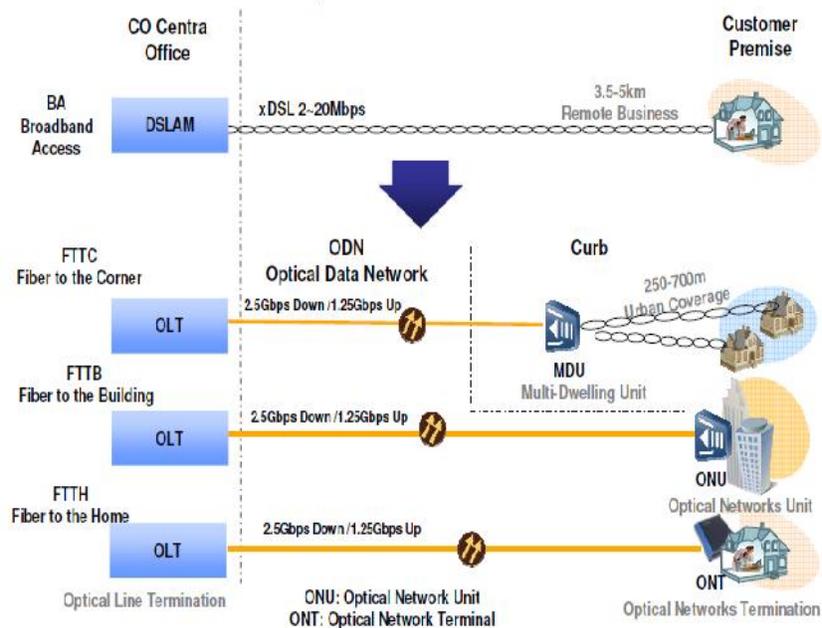
## 2.8 CLASIFICACIÓN DE GPON

Las redes ópticas destraban el cuello de botella del acceso aumentando el ancho de banda y la calidad de servicio. Prometen un enorme incremento en el ancho de banda de la red de acceso hasta cientos de Gbps. Se pueden clasificar en varios tipos:

---

<sup>53</sup>Fuente:[http://ewh.ieee.org/r9/el\\_salvador/imagenes/eventos/febrero/2012/EVOLUCION\\_REDES\\_ACC\\_ESO\\_TELECOMUNICACIONES.pdf](http://ewh.ieee.org/r9/el_salvador/imagenes/eventos/febrero/2012/EVOLUCION_REDES_ACC_ESO_TELECOMUNICACIONES.pdf)

La Figura 2.12 muestra las diferentes formas en que se puede conectar la fibra para llegar al abonado, empresa, residencial etc.



**Figura 2.12:** Clasificación de GPON<sup>54</sup>

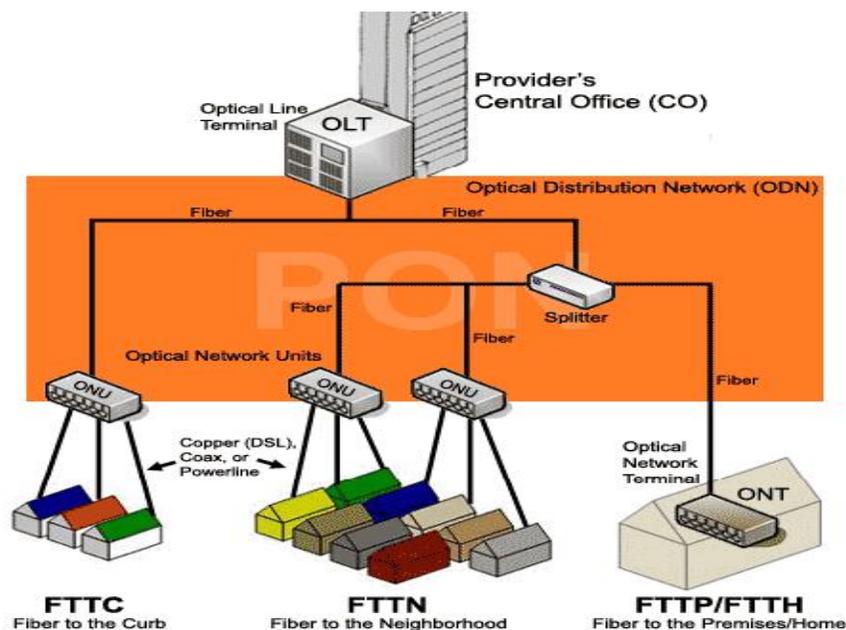
### 2.8.1 FTTP -FIBER TO THE PREMISES<sup>55</sup>

La fibra óptica hasta las instalaciones o FTTP por sus siglas en inglés, se refiere a un tipo de tecnología de telecomunicaciones donde se utilizan cables de fibra óptica para conectar el equipo de distribución que se encuentra más cercano al usuario destinatario de la conexión, directamente a la red principal de telecomunicaciones.

La Figura 2.13 muestra como Fiber to the Premises llega hasta el lugar físico donde se encuentra el destinatario de la conexión por otros medios como pueden ser cable coaxial o par trenzado de cobre, entre otros.

<sup>54</sup> Fuente: [http://www.slideshare.net/mansoor\\_gr8/gpon-fundamentals](http://www.slideshare.net/mansoor_gr8/gpon-fundamentals)

<sup>55</sup> Fuente: <http://es.scribd.com/doc/43775815/REDES-GPON>



**Figura 2.13:** Fiber to the Premises<sup>56</sup>

## 2.8.2 FTTH - FIBER TO THE HOME

FTTH o fibra hasta el hogar, es una tecnología que pretende acercar la fibra óptica directamente hasta nuestros hogares si es posible, y si no es posible, al menos hasta el edificio.<sup>57</sup>

Esta tecnología nos proporciona un medio de acceso con mayor ancho de banda que nos facilitará entre otras tecnologías la IP-HDTV, el acceso a Internet con velocidades próximas o superiores a 100Mbps.<sup>58</sup>

La Figura 2.14 muestra que Fiber To The Home tiene un alcance directo hasta el espacio físico donde se encuentra el destinatario final de la conexión al hogar, negocio, etc.

<sup>56</sup> Fuente: <http://ebookbrowse.com/tema-7-redes-de-acceso-pdf-d371704860>

<sup>57</sup> Fuente: [http://www.sitp.cl/index.php?option=com\\_content&task=view&id=27&Itemid=1](http://www.sitp.cl/index.php?option=com_content&task=view&id=27&Itemid=1)

<sup>58</sup> Fuente: [http://www.sitp.cl/index.php?option=com\\_content&task=view&id=27&Itemid=1](http://www.sitp.cl/index.php?option=com_content&task=view&id=27&Itemid=1)

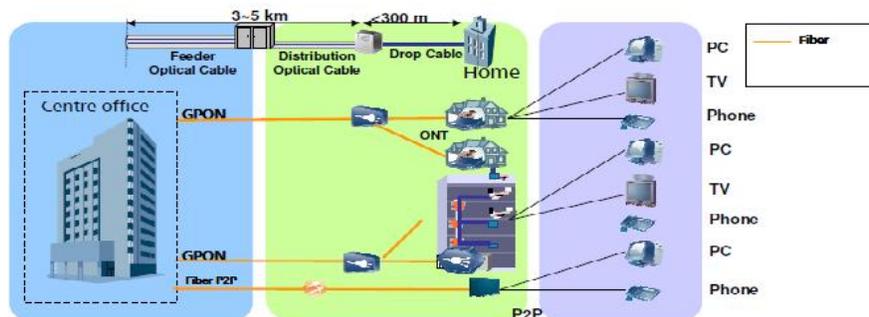


Figura 2.14: Fiber To The Home<sup>59</sup>

### 2.8.3 FTTB - FIBER TO THE BUSINESS

La tecnología de fibra proporciona capacidades ilimitadas de ancho de banda y ofrece el más rápido servicio con alta velocidad de conectividad de datos. Fiber to the Business o FTTB permite una gran variedad de usos, desde aplicaciones en tiempo real, aplicaciones basadas en web, telemedicina, VoIP y vídeo.

La Figura 2.15 representa la FTTB, la cual es extremadamente flexible a las preferencias del cliente, nuevos productos y servicios se pueden implementar muy fácilmente y de forma remota.

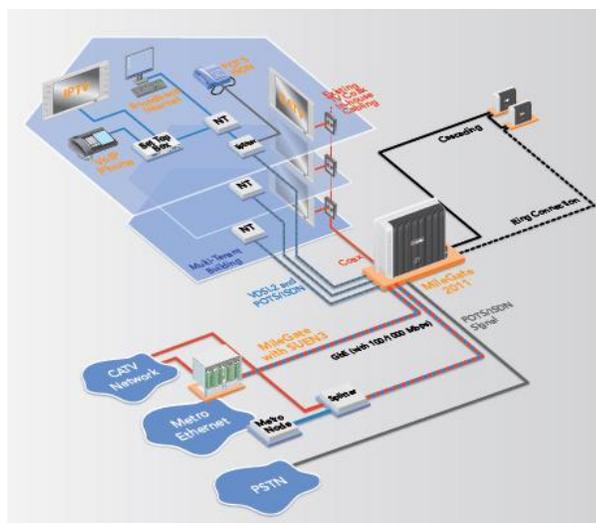


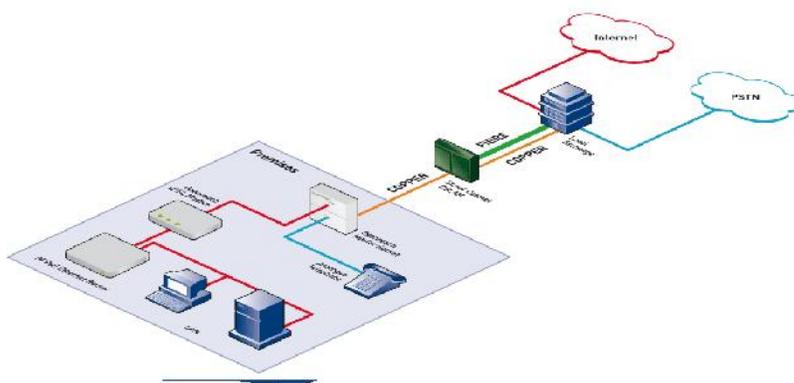
Figura 2.15: Fiber To The Business<sup>60</sup>

<sup>59</sup>Fuente: 09\_Passive\_Optical\_Data\_Network\_\_solution.pdf

## 2.8.4 FTTC - FIBER TO THE CURB

La fibra hasta la acera se refiere a la instalación y el uso de cable de fibra óptica directamente a los hogares o cerca de bordillos de cualquier entorno empresarial. También ayudaría a la eliminación de todas las líneas telefónicas para sustituirlas por líneas de fibra óptica. Dicho cableado daría un ancho de banda extremadamente alto y haría posibles las presentaciones multimedia, películas bajo demanda y en línea que llega sin retraso notable. El término fibra hasta la acera reconoce que la fibra óptica ya se utiliza para la mayoría de las llamadas telefónicas y el uso de Internet.<sup>61</sup>

Pero hay que tomar en cuenta que en la última parte la instalación de fibra hasta la acera es más costosa. Por esta razón, la fibra hasta la acera avanza muy lentamente. Mientras tanto, otras alternativas menos costosas, como la línea de abonado digital asimétrica de las líneas telefónicas regulares y conectividad satelital, son muchos más asequibles para la mayoría de los hogares. Como se muestra en la Figura 2.16, la fibra llega a la cabina estando más cerca del usuario, normalmente a menos de 300 metros.



**Figura 2.16:** Fiber To The Curb<sup>62</sup>

<sup>60</sup>Fuente: <http://www.google.com.ec/search?q=imagenes+sobre+FTTB&hl=es&prmd=imvns&tbn=isch&tbid=20456&source=univ&sa=X&ei=Xn2HUM3JJPg8AT14GYw&sqi=2&ved=0CBwQsAQ&biw=1252&bih=610>

<sup>61</sup> Fuente: <http://www.springerreference.com/docs/html/chapterdbid/20456.html>

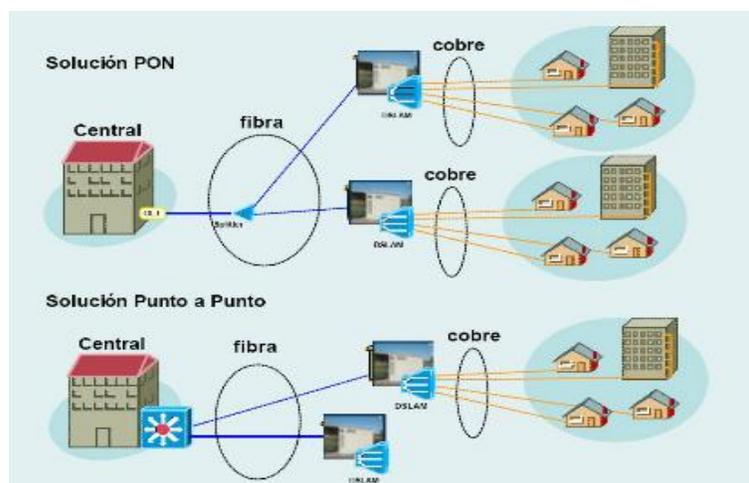
<sup>62</sup>Fuente: <http://www.google.com.ec/search?hl=es&prmd=imvns&tbn=isch&source=univ&sa=X&ei=2H2HUMqhGimg8gT8oDQAg&ved=0CDMQsAQ&biw=1252&bih=610&q=imagenes+sobre+FTTC&q=imagenes+sobre++FTTC>

### 2.8.5 FTTN - FIBER TO THE NODE<sup>63</sup>

En FTTN o fibra hasta el nodo, la fibra termina en una central del operador de telecomunicaciones que presta el servicio, suele estar más lejos de los abonados que en FTTH y FTTB, típicamente en las inmediaciones del barrio.

La fibra termina en un armario de calle, estando varios kilómetros de distancia de las instalaciones del cliente, siendo la conexión final de cobre.

La Figura 2.17 representa a la Fiber to the nodo, la cual a menudo es vista como un paso intermedio hacia FTTH completo y es utilizado actualmente por los proveedores de servicios de telecomunicaciones.



**Figura 2.17:** Fiber To The Node<sup>64</sup>

## 2.9 ELEMENTOS DE LA RED GPON

Aparecen principalmente para suplir las limitaciones del par trenzado y conseguir prestar de forma masiva servicios que requieren de gran ancho de banda.

<sup>63</sup> Fuente: [http://www.sitp.cl/index.php?option=com\\_content&task=view&id=27&Itemid=1](http://www.sitp.cl/index.php?option=com_content&task=view&id=27&Itemid=1)

<sup>64</sup> Fuente: <http://www.hill2dot0.com/wiki/index.php?title=Fiber-to-the-node>

Los elementos de una red óptica son muy importantes conocerlos por eso a continuación se hace una breve descripción de ellos:

## 2.9.1 ELEMENTOS ACTIVOS

### 2.9.1.1 OLT - Optical Line Termination

Es el elemento activo situado en la central telefónica. De él parten las fibras ópticas hacia los usuarios, cada OLT suele tener capacidad para dar servicio a varios miles de usuarios. Agrega el tráfico proveniente de los clientes y lo encamina hacia la red de agregación. Realiza funciones de router para poder ofrecer todos los servicios demandados por los usuarios.<sup>65</sup>

La Figura 2.18 presenta un esquema como el OLT tiene la capacidad para dar servicio a varios miles de usuarios agregar el tráfico proveniente de los clientes y lo encamina hacia la red de agregación. Cada OLT, adquiere datos de tres fuentes diferentes de información, actuando como concentrador de todas ellas. Así pues, el OLT de cabecera tiene conexión con las siguientes redes:<sup>66</sup>

- PSTN<sup>67</sup> o RTB<sup>68</sup>, para los servicios de voz; el OLT se conecta a través de un router de voz o un gateway de voz mediante interfaz correspondiente MGCP<sup>69</sup> o protocolo de controlador gateway de medios de comunicación.
- Internet, para los servicios de datos o VoIP; el OLT se conecta a través de un router o gateway IP/ATM de voz, mediante encapsulamiento IP sobre ATM.

---

<sup>65</sup> Fuente: <http://www.slideshare.net/haroldguz/gpon-7278692>

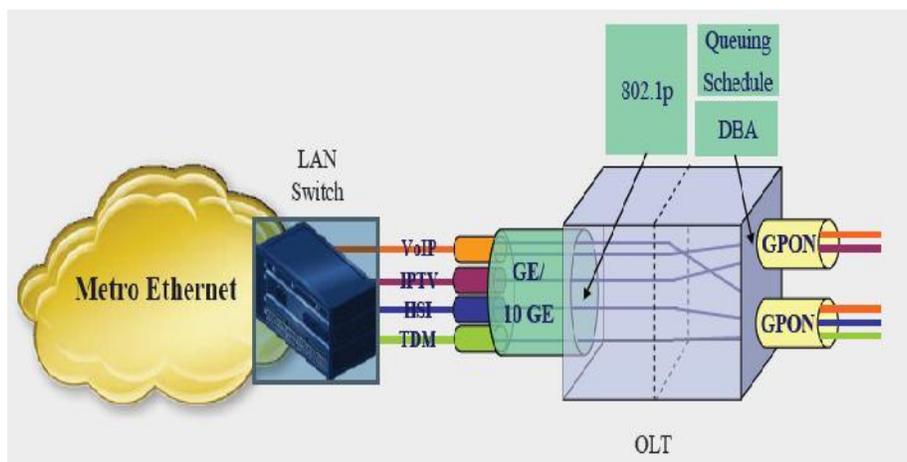
<sup>66</sup> Fuente: <http://es.scribd.com/doc/46041461/GPON>

<sup>67</sup> Public Switched Telephone Network: es colección del mundo de interconexión orientada a voz en redes telefónicas públicas. Fuente: <http://searchnetworking.techtarget.com/definition/PSTN>

<sup>68</sup> Red Telefónica Básica: fue creada para transmitir la voz humana. Fuente: [http://www.naser.cl/sitio/Down\\_Papers/Introduccion%20a%20la%20telefonía.pdf](http://www.naser.cl/sitio/Down_Papers/Introduccion%20a%20la%20telefonía.pdf)

<sup>69</sup> Media Gateway Controller Protocol: es un protocolo de control de dispositivos. Fuente: [www.radvision.com/.../RADVISIONMediaGatew](http://www.radvision.com/.../RADVISIONMediaGatew)

- Video broadcast o VoD<sup>70</sup>, para los servicios de video difusión; el OLT se conecta directamente, o bien indirectamente a través de un router o gateway ATM.
- High Speed Internet o HSI<sup>71</sup>, para servicios de alta velocidad de internet residencial son significativamente más rápida que dial-up módems, al menos en el sentido descendente.



**Figura 2.18:** Optical Line Termination<sup>72</sup>

### 2.9.1.2 ONT - Optical Network Termination

Es el elemento situado en casa del usuario que termina la fibra óptica y ofrece las interfaces de usuario. En el caso de las ONTs de exterior, deben estar preparadas para soportar las inclemencias meteorológicas y suelen estar equipadas con baterías. Existe una gran variedad de ONTs, en función de los servicios que se quieran ofrecer y las interfaces que ofrezcan al usuario.<sup>73</sup>

<sup>70</sup>Video On Demand: es un sistema de televisión que permite al usuario el acceso a contenidos multimedia de forma personalizada. Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%ADdeo\\_bajo\\_demanda](http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%ADdeo_bajo_demanda)

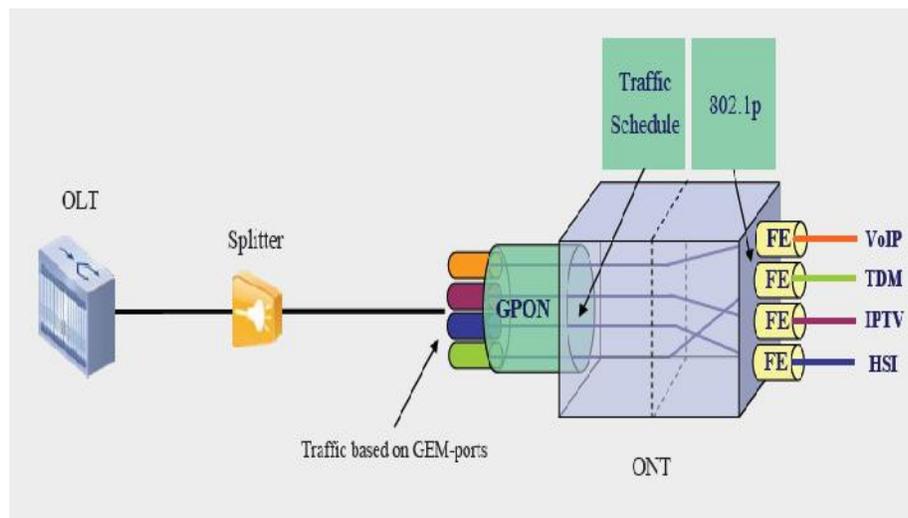
<sup>71</sup>High Speed Internet: alta velocidad de servicios de internet. Fuente: [http://www.itcom.itd.umich.edu/internet/netaccess\\_students.html](http://www.itcom.itd.umich.edu/internet/netaccess_students.html)

<sup>72</sup>Fuente: [www.scribd.com/doc/52110212/TUTORIAL-9-Lattanzi-y-Graf-IEEE](http://www.scribd.com/doc/52110212/TUTORIAL-9-Lattanzi-y-Graf-IEEE)

<sup>73</sup>Fuente: Fuente: <http://www.slideshare.net/haroldguz/gpon-7278692>

- Interfaces FastEthernet y gigabit Ethernet, que pueden alcanzar velocidades de hasta 1 Gbps en el caso gigabit Ethernet y 100 Mbps en caso Fast Ethernet. Se suelen utilizar en usuarios residenciales y empresas para ofrecer servicios de conectividad a Internet e IPTV.
- Interfaces RJ11, que se utilizan para conectar teléfonos analógicos y ofrecer servicios de voz.
- Interfaces E1 o STM-1, para dar servicios específicos de empresa.

La Figura 2.19 presenta un esquema como el OLT tiene la capacidad para dar servicio a varios miles de usuarios. El filtrado de la información recibida en el ONT, se lleva a cabo a nivel de protocolo Ethernet, GPON, permite la transmisión de información encapsulada bajo varias tecnologías como el método GEM, que permite acomodar el servicio de ATM, pero de una manera más eficiente, Ethernet y TDM en la red, también a través de puertos FE o puertos ópticos permite transportar servicios que son transmitidos por diferentes puertos en 3,10/100 Mbps de velocidad permitiendo la conexión a VoIP, TDM, IPTV, HSI.



**Figura 2.19:** Optical Network Termination<sup>74</sup>

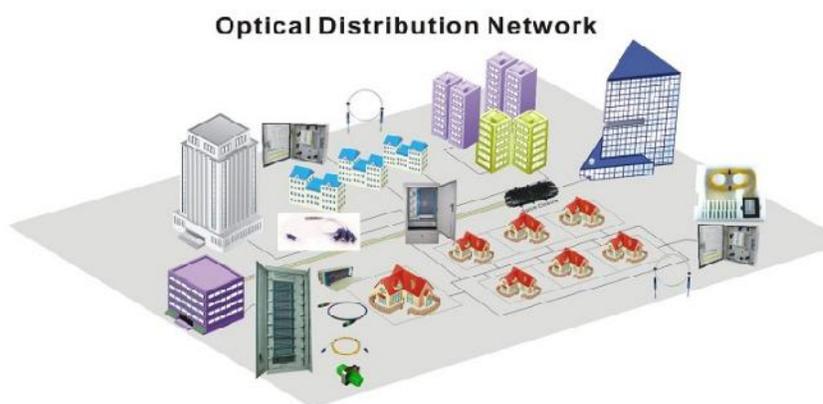
<sup>74</sup>Fuente: [www.scribd.com/doc/52110212/TUTORIAL-9-Lattanzi-y-Graf-IEEE](http://www.scribd.com/doc/52110212/TUTORIAL-9-Lattanzi-y-Graf-IEEE)

### 2.9.1.3 ODN - Optical Distribution Network

Es una red de distribución óptica pasiva PON utiliza fibra óptica monomodo existente entre la OLT y la ONT/MDU. Es generalmente compatible con una relación mayor de usuarios por PON, pero también puede utilizar extensores de alcance sobre amplificadores donde la cobertura adicional es necesaria divisores ópticos crear una topología de punto a multipunto son también la misma tecnología, independientemente del tipo de sistema de PON, haciendo de cualquier red PON actualizable mediante el cambio de la ONT y OLT terminales en cada extremo, con cambios mínimos en la red física.<sup>75</sup>

Las redes de acceso por lo general también deben ser compatibles con los punto a punto, tales como Ethernet, que omite cualquier separador fuera de la planta para lograr un enlace dedicado a la Oficina Central.

La Figura 2.20 presenta un esquema de una red de distribución óptica pasiva, esto consiste en un nodo que distribuye la señal desde la central hasta los hogares. Consta de splitters, tramos de fibras, empalmes y conectores.



**Figura 2.20:** Optical Distribution Network<sup>76</sup>

---

<sup>75</sup> Fuente: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/15083/1/fileFTTH.pdf>

<sup>76</sup> Fuente: [http://www.google.com.ec/search?q=optical+distribution+network&hl=es&prmd=imvns&tbn=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=AxqIUNWPE4jo9AS\\_q4HACA&sqi=2&ved=0CDMQsAQ&biw=1252&bih=610](http://www.google.com.ec/search?q=optical+distribution+network&hl=es&prmd=imvns&tbn=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=AxqIUNWPE4jo9AS_q4HACA&sqi=2&ved=0CDMQsAQ&biw=1252&bih=610)

### 2.9.1.4 ONU -Optical Network Unit

Es un equipo de servicios de usuario a veces llamado Gateway Residencial en referencia a la nomenclatura de Hogar Conectado.

El punto de entrada al hogar de la fibra óptica se realiza mediante un equipo denominado ONU que es el encargado de adaptar las señales ópticas y comunicarse con la central extrayendo la información destinada al usuario que se conecta a él y separándola del resto de la trama que circula por la fibra.<sup>77</sup>

La Figura 2.21 presenta un esquema de como ONU es el punto de entrada al hogar de la fibra óptica.

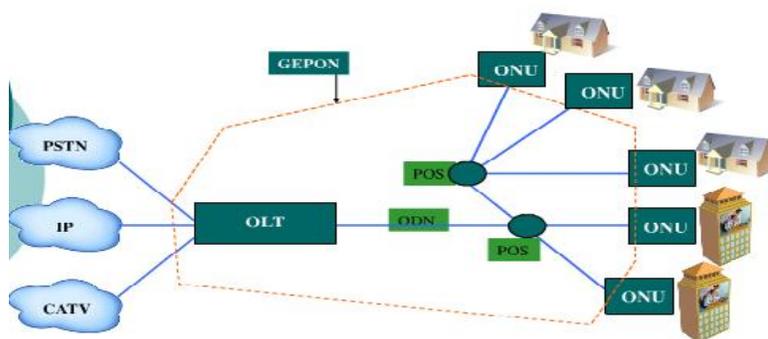


Figura 2.21: Optical Network Unit<sup>78</sup>

## 2.9.2 ELEMENTOS PASIVOS

### 2.9.2.1 Splitters<sup>79</sup>

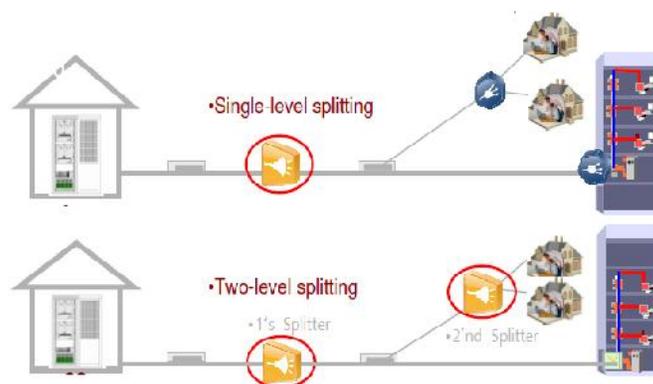
Los splitters son un tipo de acoplador que se utilizan comúnmente en las redes ópticas pasivas debido a su funcionalidad y desempeño en estos sistemas. El splitter un dispositivo bidireccional que tiene un puerto de

<sup>77</sup>Fuente:[http://www.todotecnologia.net/wpcontent/uploads/2010/06/Definicion\\_caracteristicas\\_PON\\_AP\\_On\\_BPON\\_GEPON\\_GPON\\_EPON.pdf](http://www.todotecnologia.net/wpcontent/uploads/2010/06/Definicion_caracteristicas_PON_AP_On_BPON_GEPON_GPON_EPON.pdf)

<sup>78</sup>Fuente:[http://www.todotecnologia.net/wpcontent/uploads/2010/06/Definicion\\_caracteristicas\\_PON\\_AP\\_On\\_BPON\\_GEPON\\_GPON\\_EPON.pdf](http://www.todotecnologia.net/wpcontent/uploads/2010/06/Definicion_caracteristicas_PON_AP_On_BPON_GEPON_GPON_EPON.pdf)

<sup>79</sup>Fuente:<http://biblioteca.cenace.org.ec/jspui/bitstream/123456789/1007/7/Montalvo%20Richard.pdf>

entrada y múltiples puertos de salida en donde la señal óptica de entrada es dividida entre los puertos de salida, permitiendo a múltiples usuarios el compartir una sola fibra óptica y consecuentemente el ancho de banda disponible es el mismo.



**Figura 2.22: Splitter<sup>80</sup>**

### 2.9.2.2 ODF - Optical Distribution Fame

Es un equipo pasivo, un repartidor óptico, al cual se acoplan los conectores de cada hilo de fibra, así como también empalmes y patchcords, brinda a la red la posibilidad que los elementos conectados a él logren una escalabilidad adecuada y en orden también existen ODFs de varios tamaños y número de puertos para fibras de 48, 96, 144 hilos etc.



**Figura 2.23: ODF<sup>81</sup>**

<sup>80</sup> Fuente: Telconet

### 2.9.2.3 Fibra Óptica

En los últimos años la fibra óptica se ha convertido en uno de los medios de transmisión más usados, debido a las ventajas que ofrece como disminución de ruido e interferencias y la multiplicación de la capacidad de transmisión.

La fibra es capaz de concentrar, guiar y transmitir la luz con muy pocas pérdidas incluso cuando esta curvada se utiliza ampliamente en telecomunicaciones, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a una gran distancia, con velocidades y superiores a las del cable convencional. Son el medio de transmisión por excelencia al ser inmune a las interferencias electromagnéticas.<sup>82</sup>

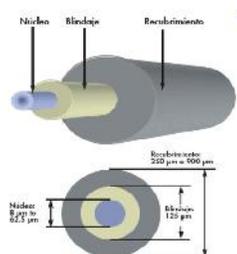
Teniendo en cuenta el modo de propagación se ha clasificado a las fibras en:

- Multimodo
- Monomodo

#### 2.9.2.3.1 Fibra Multimodo

Una fibra multimodo cuyo radio de núcleo es lo suficientemente amplio para permitir la circulación de varios rayos de luz. El índice de refracción del vidrio de su núcleo comparado con el límite de su núcleo, define el tipo de fibra multimodo en dos tipos:

- Índice Gradiente Gradual
- Índice Escalonado



**Figura 2.24:** Sección de Fibra Multimodo<sup>83</sup>

<sup>81</sup> Fuente: <http://www.huihongfiber.com/optical-distribution-frame.html>

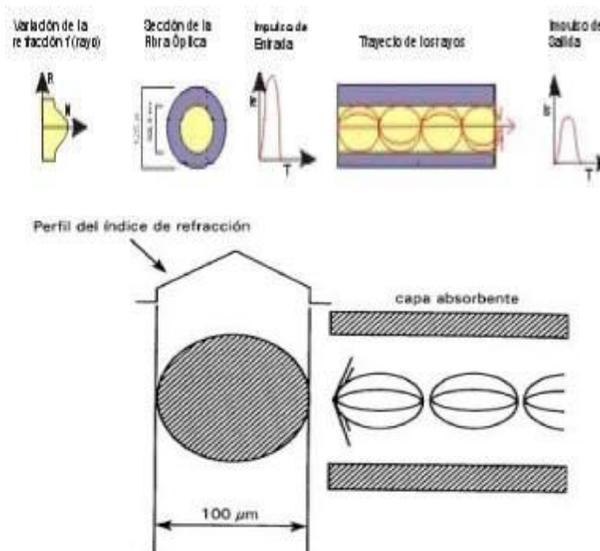
<sup>82</sup> Fuente: <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica>

<sup>83</sup> Fuente: [www.slideshare.net/mikita921/redes-de-fibra-optica-presentacion](http://www.slideshare.net/mikita921/redes-de-fibra-optica-presentacion)

## Fibra Multimodo de Índice Gradiente Gradual

Las fibras multimodo de índice de gradiente gradual tienen una banda de paso que llega hasta los 500MHz por kilómetro. Su principio se basa en que el índice de refracción en el interior del núcleo no es único y decrece cuando se desplaza del núcleo hacia la cubierta. Los rayos luminosos se encuentran enfocados hacia el eje de la fibra, como se puede ver en el dibujo. Estas fibras permiten reducir la dispersión entre los diferentes modos de propagación a través del núcleo de la fibra.

La fibra multimodo de índice de gradiente gradual de tamaño 62,5/125 mm se refiere al diámetro del núcleo/diámetro de la cubierta está normalizado, pero se pueden encontrar otros tipos de fibras: multimodo de índice escalonado 100/140 mm, multimodo de índice de gradiente gradual 50/125 mm.



**Figura 2.25:** Multimodo de índice de gradiente gradual<sup>84</sup>

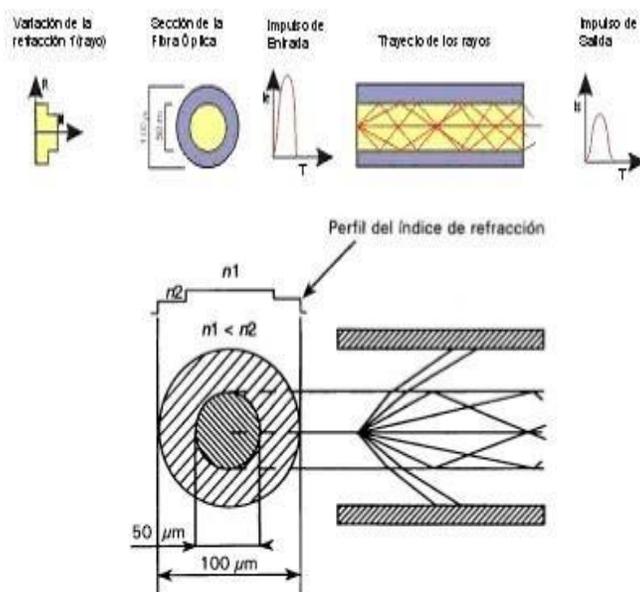
## Fibra Multimodo de índice escalonado

Las fibras multimodo de índice escalonado están fabricadas a base de vidrio, con una atenuación de 30 dB/km, o plástico con una atenuación de 100 dB/km. Tienen una banda de paso que llega hasta los 40 MHz por

<sup>84</sup>Fuente: [www.scribd.com/doc/52927655/CursoFO-1-Conceptos](http://www.scribd.com/doc/52927655/CursoFO-1-Conceptos)

kilómetro. En estas fibras, el núcleo está constituido por un material uniforme cuyo índice de refracción es claramente superior al de la cubierta que lo rodea. El paso desde el núcleo hasta la cubierta conlleva por tanto una variación brutal del índice, de ahí su nombre de índice escalonado.

En este tipo de fibra viajan varios rayos ópticos, reflejándose a diferentes ángulos, como se muestra en la figura 2.26.

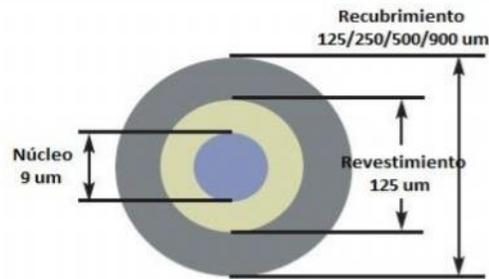


**Figura 2.26:** Multimodo de índice de gradiente gradual<sup>85</sup>

### 2.9.2.3.2 Fibra Monomodo

En la fibra monomodo la característica principal es la propagación de un solo haz de luz a través de un núcleo. A diferencia de las fibras multimodo, las fibras monomodo permiten transmitir gran cantidad de datos en mayor número y a mayores distancias.

<sup>85</sup> Fuente: [www.scribd.com/doc/52927655/CursoFO-1-Conceptos](http://www.scribd.com/doc/52927655/CursoFO-1-Conceptos)



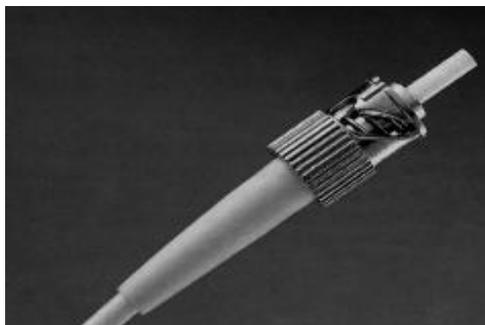
**Figura 2.27:** Sección de una fibra monomodo<sup>86</sup>

#### 2.9.2.4 Conectores

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

##### 2.9.2.4.1 Conector ST

Conector se considera como un conector óptico de segunda generación. ha sido durante mucho tiempo el más empleado para finalizar fibras ópticas multimodo, hoy en día está en desuso, pero sigue muy presente en multitud de instalaciones, utiliza un sistema de cierre tipo bayoneta con ferrule generalmente cerámico. Conector utilizado principalmente en instalaciones interiores.



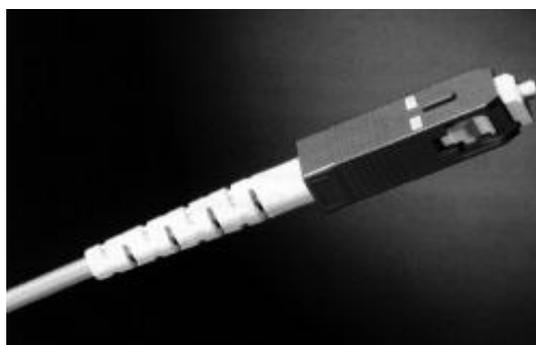
**Figura 2.28:** Conector ST<sup>87</sup>

<sup>86</sup>Fuente: [www.slideshare.net/mikita921/redes-de-fibra-optica-presentacion](http://www.slideshare.net/mikita921/redes-de-fibra-optica-presentacion)

#### 2.9.2.4.2 Conector SC

Los conectores SC han ido sustituyendo a los ST sobre todo en cableados estructurados, fundamentalmente por ser más fáciles de conectar, lograr mayor densidad de integración y por permitir que los dos canales de transmisión y recepción se pueden tener en el mismo modular.

SC se considera un conector óptico de tercera generación, mejorando en tamaño, resistencia y facilidad de uso con respecto a la anterior.



**Figura 2.29:** Conector SC<sup>88</sup>

#### 2.9.2.4.3 Conector FC

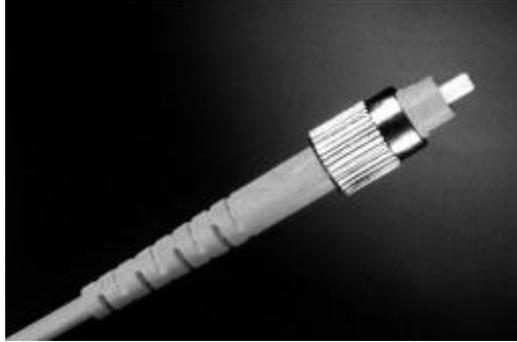
Conector que utiliza un sistema de cierre tipo rosca permiten un enchufe sin discontinuidad óptica. Es utilizado principalmente en instalaciones en exteriores con fibra monomodo así como:

- Sistemas informáticos y redes de área local.
- Sistemas de televisión por cable CATV.
- Instalaciones de telecomunicaciones.

---

<sup>87</sup>Fuente: <http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/optral/cap2/fibra-7.htm>

<sup>88</sup>Fuente: <http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/optral/cap2/fibra-7.htm>



**Figura 2.30:** Conector FC<sup>89</sup>

#### 2.9.2.4.4 Conector FDDI

Conector que se usa para redes de fibra óptica. Conector dúplex que satisfacen la norma ANSI X3T9. Este tipo de conector fue diseñado para topologías de red tipo LAN. El conector FDDI combina baja pérdida con el acoplamiento de cierre, su ensamble es fácil y tienen un bajo costo



**Figura 2.31:** Conector FDDI<sup>90</sup>

#### 2.9.2.4.5 Conector MT-RJ

Conector que posee similares características e iguales dimensiones que un conector RJ, lo cual lo hace compatible con las dimensiones de los adaptadores RJ y están pensados para proporcionar fibra óptica al escritorio.

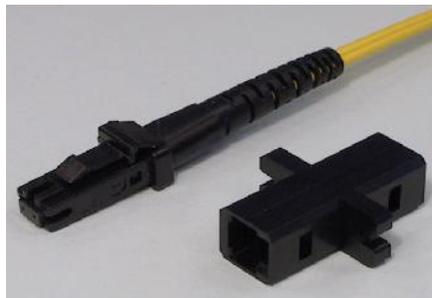
<sup>89</sup> Fuente: <http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/optral/cap2/fibra-7.htm>

<sup>90</sup> Fuente: <http://www.conelectronica.com/Conectores-de-/para-Fibra-Optica/Los-conectores-de-fibra-%C3%B3ptica.html>

MT-RJ es un conector de cable de fibra óptica que es muy popular para los dispositivos de pantalla pequeña, debido a su pequeño tamaño.

El MT-RJ es uno de los emergentes conectores de factor de forma pequeño que se están volviendo más comunes en la industria de redes.

El MT-RJ utiliza dos fibras y los integra en un único diseño que se parece a un conector RJ45. El MT-RJ es de uso general para aplicaciones de red. El conector MT-RJ es utilizado en redes Ethernet. El conector MT-RJ es significativamente más bajo en costo y de menor tamaño que la interfaz dúplex SC.



**Figura 2.32:** Conector MT-RJ<sup>91</sup>

#### 2.9.2.4.6 Conector LC

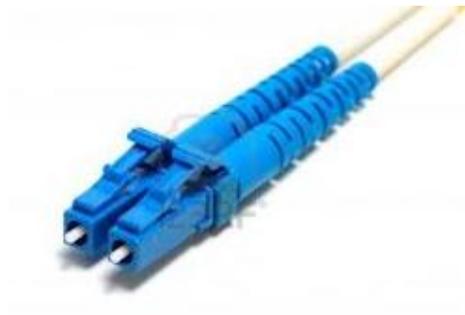
Conector óptico que reduce a la mitad el tamaño de un conector SC, esto hace que su escala de integración sea muy alta, por ello cada vez es más frecuente ver en los switch que tienen puertos de fibra para conectores LC duplex integrados. El sistema de anclaje es muy parecido al de los conectores RJ hay que presionar sobre la pestaña superior para introducirlos o liberarlos, esta pestaña es tan pequeña que esto se hace con un destornillador plano de punta fina.

LC se considera un conector óptico de cuarta generación, mejora en tamaño, resistencia y facilidad de uso con respecto a las generaciones

---

<sup>91</sup>Fuente:<http://www.conectronica.com/Conectores-de-/para-Fibra-Optica/Los-conectores-de-fibra-%C3%B3ptica.html>

anteriores es un conector de formato pequeño utilizado para aplicaciones DWDM y Gigabit Ethernet.



**Figura 2.33:** Conector LC<sup>92</sup>

### 2.9.2.5 Empalmes

Consiste en la unión permanente de las fibras mediante la fusión y unión de las mismas. Existen fundamentalmente 2 técnicas diferentes de empalme que se emplean para unir permanentemente entre sí fibras ópticas. La primera es el empalme por fusión que actualmente se utiliza en gran escala y la segunda el empalme mecánico.

#### 2.9.2.5.1 Empalme por fusión

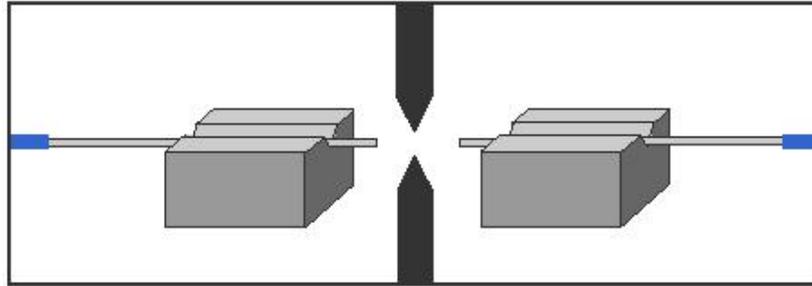
Son empalmes permanentes y se realizan con máquinas empalmadoras, manuales o automáticas, que luego de cargarles las fibras sin coating y cortadas a 90° realizan un alineamiento de los núcleos de una y otra, para luego fusionarlas con un arco eléctrico producido entre dos electrodos. Llegan a producir atenuaciones casi imperceptibles 0.01 a 0.10 dB/Km

Se realiza fundiendo el núcleo, siguiendo las etapas de:

---

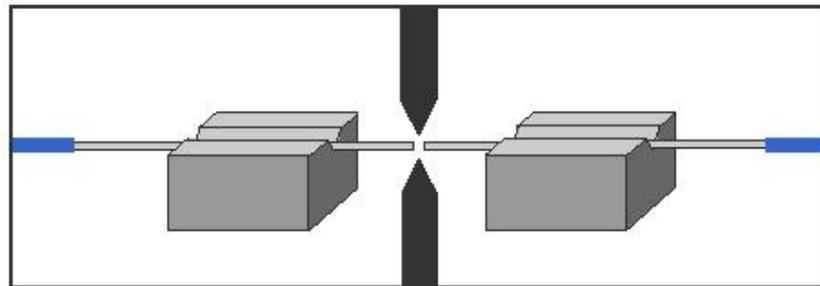
<sup>92</sup> Fuente: <http://marismas-emtt.blogspot.com/2009/09/conector-lc.html>

- Preparación y corte de los extremos



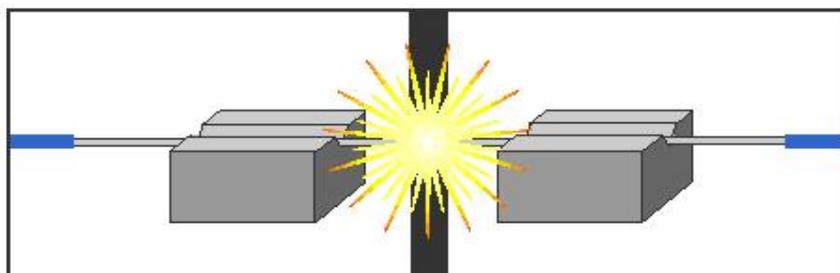
**Figura 2.34:** Empalme por fusión<sup>93</sup>

- Alineamiento de las fibras



**Figura 2.35:** Empalme por fusión<sup>94</sup>

- Soldadura por fusión
- Protección del empalme



**Figura 2.36:** Empalme por fusión<sup>95</sup>

<sup>93</sup>Fuente: <http://www.yio.com.ar/fo/empalmes.html>

<sup>94</sup>Fuente: <http://www.yio.com.ar/fo/empalmes.html>

<sup>95</sup>Fuente: <http://www.yio.com.ar/fo/empalmes.html>

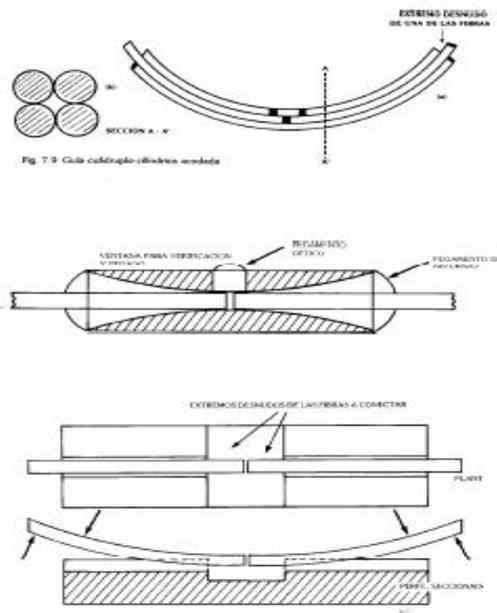
### 2.9.2.5.2 Empalme mecánico

Este tipo de empalme se usa en el lugar de la instalación donde el desmontaje es frecuente, es importante que las caras del núcleo de la fibra óptica coincidan exactamente. Consta de un elemento de auto alineamiento y sujeción de las fibras y de un adhesivo adaptador de índice que fija los extremos de las fibras permanentemente.

Después de realizado el empalme de la fibra óptica se debe proteger con:

- Manguitos metálicos
- Manguitos termo retráctiles
- Manguitos plásticos.

En todos los casos para el sellado del manguito se utiliza adhesivo o resina de secado rápido.



**Figura 2.37:** Empalme mecánico<sup>96</sup>

<sup>96</sup>Fuente: <http://es.scribd.com/doc/41630759/18/Principales-Tipos-de-Conectores-para-Fibra-optica>

## 2.10 SERVICIOS

GPON es la tecnología que cumple todos los requisitos actuales y futuros respecto de las proyecciones de ancho de banda a la vez muy complejo de implementar que ofrece servicios como:

- Transporte Multiservicio: Voz, Ethernet, ATM, FrameRelay y muchas más.
- Alcance: Máximode20km.
- Multirate: Soporte para varias tasas de transferencia.
- Importantes facilidades de gestión, operación y mantenimiento.
- Seguridad a nivel de protocolo (cifrado).<sup>97</sup>

Al ser GPON una tecnología que permite una convergencia total de todos los servicios de telecomunicaciones sobre una única infraestructura de red basada en IP, permite una notable reducción de costes en los operadores, que al poder usar la misma red para todos sus servicios, podrán ofrecer tarifas más baratas a los abonados por servicios mucho más potentes como VoIP, televisión digital de alta definición, vídeo bajo demanda, Internet de banda ancha sin restricciones de distancias y velocidad, juegos en red, etc.

La Figura 2.38 presenta un esquema de los diferentes servicios que ofrecerá la red GPON bajo una misma plataforma y a un coste más bajo para el abonado quien podrá acceder con facilidad.



**Figura 2.38: Servicios**<sup>98</sup>

<sup>97</sup> Fuente: <http://es.scribd.com/doc/43775815/REDES-GPON>

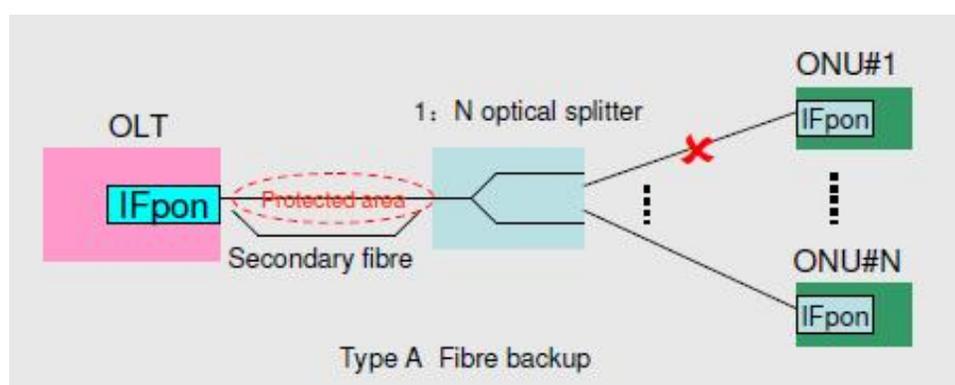
## 2.11 MODOS DE PROTECCIÓN DE LA RED GPON<sup>99</sup>

La arquitectura de protección de GPON es considerado para mejorar la fiabilidad de la redes de acceso. Sin embargo, la protección se considera como un mecanismo opcional debido a que su aplicación depende de la realización de los sistemas económicos.

Hay tres tipos de protección, conmutación automática y forzada de conmutación.

El primero se activa por detección de fallos, tales como la pérdida de señal, pérdida de trama, la señal y degradar así sucesivamente.

- Sin copia de seguridad en los dispositivos.
- Cuando la fibra principal falla, el servicio sobre las transferencias de fibra a la fibra secundaria.
- Interrupción del servicio se produce, y la duración de la interrupción depende del tiempo de recuperación de línea.
- Cuando se produce la desconexión de la línea del divisor a ONU, interrupción del servicio y no se producirá copia de seguridad pasa.



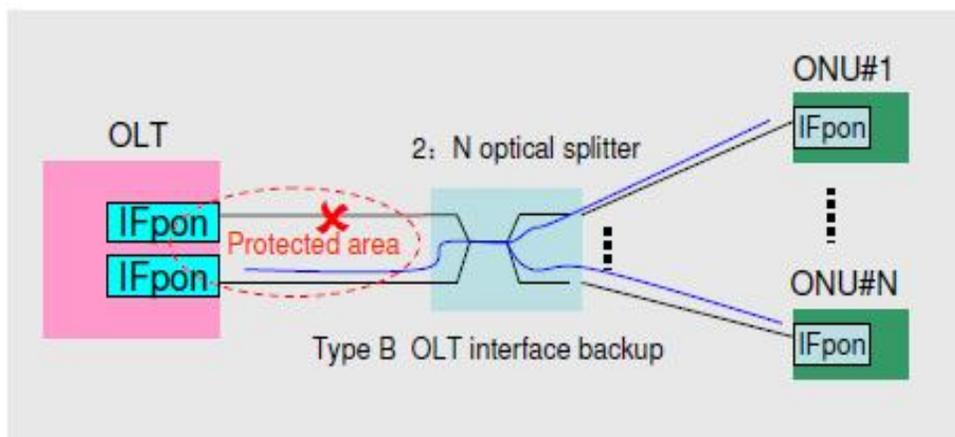
**Figura 2.39:** Type A Fibre backup<sup>100</sup>

<sup>98</sup> Fuente: [http://www.slideshare.net/quinho\\_martinez/tecnologa-gpon](http://www.slideshare.net/quinho_martinez/tecnologa-gpon)

<sup>99</sup> Fuente: [http://www.slideshare.net/mansoor\\_gr8/gpon-fundamentals](http://www.slideshare.net/mansoor_gr8/gpon-fundamentals)

El segundo es activado por eventos administrativos, tales como la fibra de desvío, remplazó de fibra, etc.

- OLT proporciona dos interfaces GPON.
- Este tipo protege la fibra primaria.
- Cuando la fibra principal falla, los servicios en las transferencias de fibra a la fibra secundaria.
- Los objetos protegidos están restringidos a la fibra desde la OLT a la
- ONU y las juntas de la OLT. Para se producen fallos en otras partes, no
- Se proporciona protección. Con un potencial problemas de seguridad, no puede satisface las necesidades del cliente.
- Localización de la falla.



**Figura 2.40:** Type B OLT interface backup<sup>101</sup>

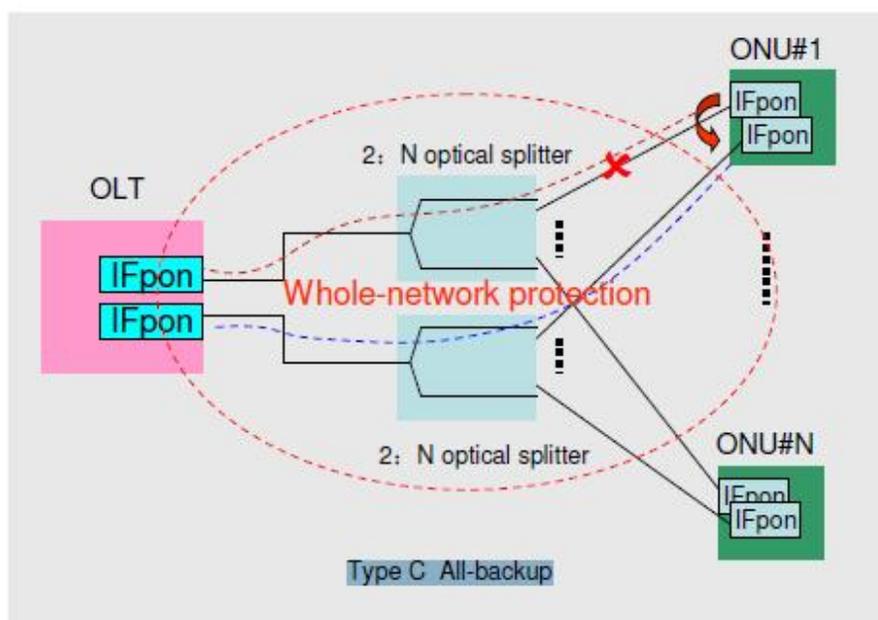
El tercero se activa para evitar la pérdida de datos en este caso se puede utilizar All-Backup para hacer una copia de seguridad de todos los archivos y restaurar esta copia en un momento posterior para la recuperación de datos.

- Tanto la OLT y la ONT proporciona dos interfaces GPON.

<sup>100</sup>Fuente: [http://www.slideshare.net/mansoor\\_gr8/gpon-fundamentals](http://www.slideshare.net/mansoor_gr8/gpon-fundamentals)

<sup>101</sup>Fuente: [http://www.slideshare.net/mansoor\\_gr8/gpon-fundamentals](http://www.slideshare.net/mansoor_gr8/gpon-fundamentals)

- GPON OLT interfaces del trabajar en el modo 1:1.
- Este tipo es un tipo de red en su conjunto protección. Dos rutas se proporcionan entre OLT y ONU, asegurando la recuperación de diversos fallos.
- Cuando el puerto PON primario en la línea de ONU o el usuario falla, ONU transfiere automáticamente los servicios al puerto PON secundario. Ende esta manera, los servicios va aguas arriba a través del secundario línea y un puerto secundario en el THO. Básicamente, el servicio de corte no se producirá.
- Es complejo y no se dan cuenta rentable.
- Un puerto permanece en estado de reposo todo el tiempo, haciendo que el ancho de banda bajo utilización.



**Figura 2.41:** Type C All-backup<sup>102</sup>

<sup>102</sup>Fuente: [http://www.slideshare.net/mansoor\\_gr8/gpon-fundamentals](http://www.slideshare.net/mansoor_gr8/gpon-fundamentals)

## CAPÍTULO III ANÁLISIS Y DISEÑO TÉCNICO

### 3.1 ANÁLISIS DEL ÁREA TÉCNICA

Se puede mencionar que hoy en día los proveedores de servicios de telecomunicaciones emplean para comercializar los servicios de telefonía fija, acceso a Internet de banda ancha y televisión, mediante un único cable y equipo terminal. La integración de estos servicios se da gracias a la digitalización de las señales que hace posible el envío de señales de cualquier tipo por la red.

Por esta razón la red que se propone en este proyecto emplear para el transporte de multiservicios o llamados también Triple Play referente a lo que es voz, video, datos e internet debe ser convergente, es decir que sobre una misma infraestructura se puedan transportar servicios de diversa naturaleza con calidad, velocidad y bajo costos.

Se debe tener en cuenta también que la capacidad mínima requerida por cada usuario de cada sector varía de acuerdo con las actividades que realizan, en la figura 2.42 se aprecia la capacidad mínima para cada tipo de usuario.

	Residenciales	Comerciales	Educativos
 TV de Alta definición HD	6 Mbps	9 Mbps	9 Mbps
 Telefonía Fija	128 Kbps	128 Kbps	128 Kbps
 Internet Banda Ancha	1 Mbps	2 Mbps	2 Mbps
<b>Total mínimo aprox</b>	<b>8Mbps</b>	<b>12 Mbps</b>	<b>12 Mbps</b>

**Figura 3.1:** Requerimiento de Capacidad para Multiservicios o servicios Triple Play.<sup>103</sup>

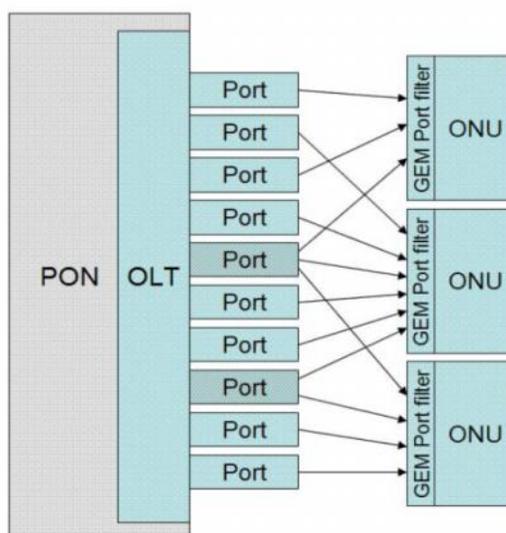
<sup>103</sup> Fuente: [http://biblioteca.cenace.org.ec/jspui/bitstream/123456789/1008/15/Quishpe\\_Alexandra2.pdf](http://biblioteca.cenace.org.ec/jspui/bitstream/123456789/1008/15/Quishpe_Alexandra2.pdf)

## 3.2 DISEÑO

La planificación y el dimensionamiento se establecieron de acuerdo con la proyección de usuarios potenciales presentada en el Capítulo I, por lo cual se consideró dos tipos de diseños:

### 3.2.1 DISEÑO LÓGICO

De acuerdo con los tipos de redes ópticas existentes, se considerará para este diseño la del tipo pasivo, que implican el uso de equipos activos sólo en los extremos de la red, esto a su vez permite el despliegue de la tecnología FTTH GPON, la cual aparece principalmente para suplir las limitaciones del par trenzado y conseguir prestar de forma masiva servicios que requieren de gran ancho de banda. A nivel lógico, la estructura de red queda como muestra las figuras 3.2 y 3.3:

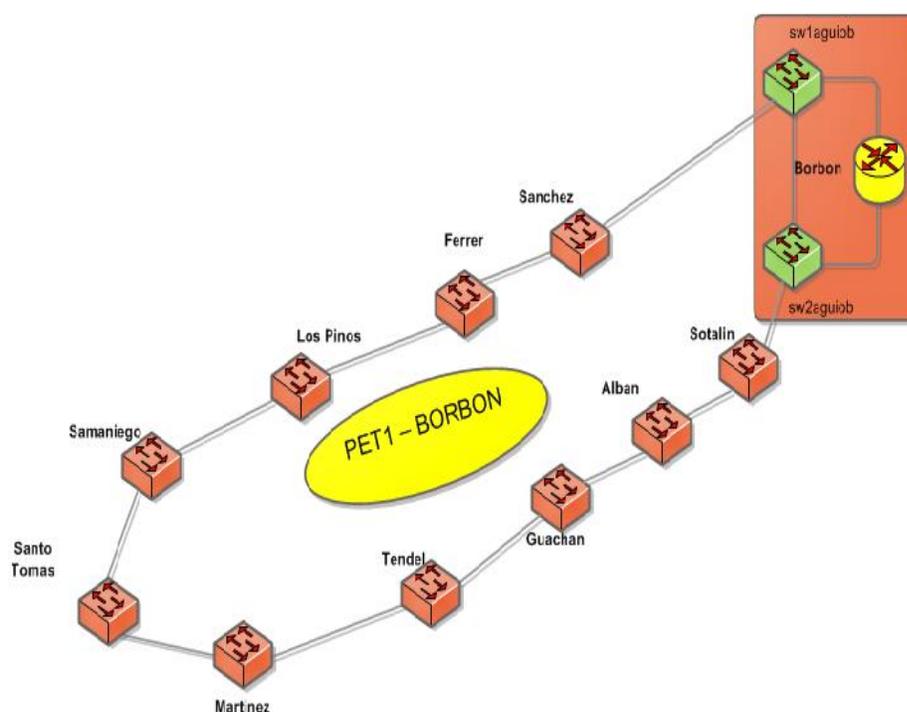


**Figura 3.2:** Estructura lógica de una Red GPON<sup>104</sup>

A continuación se describe la distribución del pétalo en el sector del valle de Cumbayá y Tumbaco ya que con el mismo se diseñará la red FTTH GPON propuesta:

<sup>104</sup> Fuente: [http://biblioteca.cenace.org.ec/jspui/bitstream/123456789/1008/15/Quishpe\\_Alexandra2.pdf](http://biblioteca.cenace.org.ec/jspui/bitstream/123456789/1008/15/Quishpe_Alexandra2.pdf)

Este nodo se alimentará por medio del SW1AG o agregador 1, el mismo alimenta al sw2guachauio utilizando la IP 10.21.1.168 el mismo que se interconecta con el primer sw1guachauio, y con sw2murosuio, el cual alimenta al pétalo como se puede observar en el mapa de la figura 3.3, también se puede mencionar que se escogió al Nodo Guachan por su ubicación más factible al sector en el mismo se encuentra un switch cisco 3620 el cual se conectará con el OLT para luego conectarse a un ODF de 96 hilos el cual sale con un fibra a la caja BMX esta posee un splitter de ahí saldrá con una fibra de 2 hilos a la ONT y finalmente al equipo wireless del usuario.<sup>105</sup>



**Figura 3.3:** Estructura lógica de una Red GPON<sup>106</sup>

<sup>105</sup> Fuente: [http://biblioteca.cenace.org.ec/jspui/bitstream/123456789/1008/15/Quishpe\\_Alexandra2.pdf](http://biblioteca.cenace.org.ec/jspui/bitstream/123456789/1008/15/Quishpe_Alexandra2.pdf)

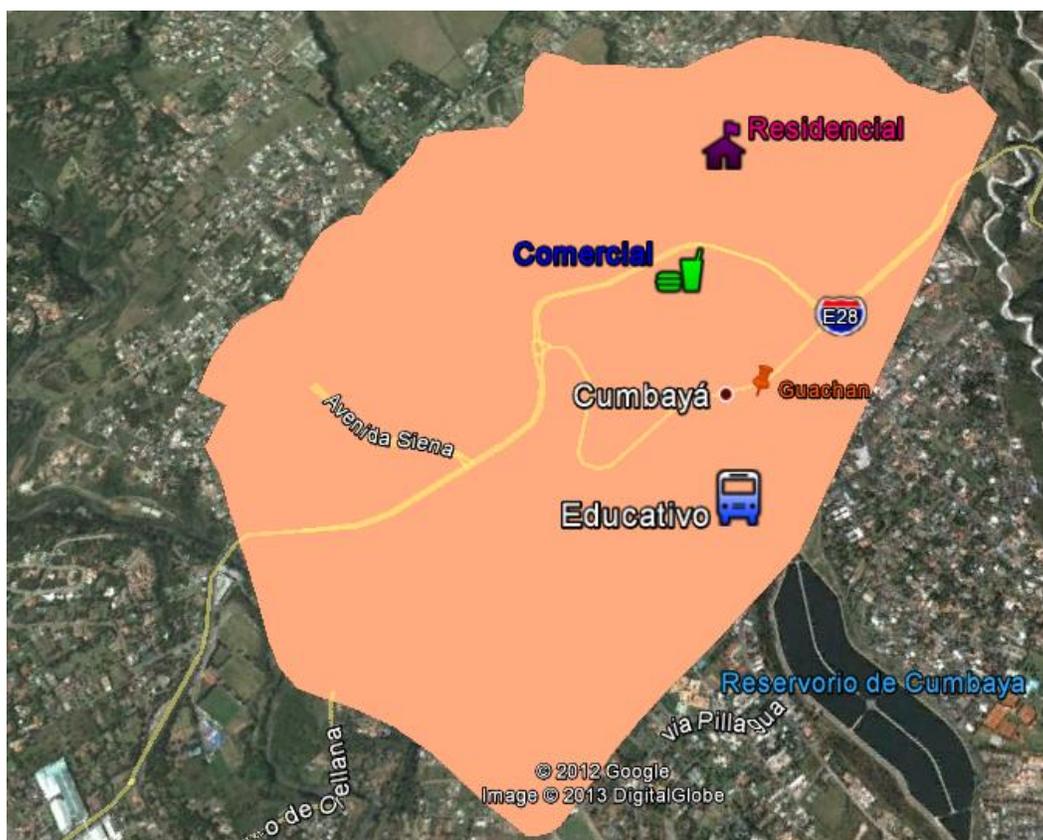
<sup>106</sup> Fuente: Autores de la investigación

### 3.2.2 DISEÑO FÍSICO

En el diseño físico se describirá el funcionamiento de la Red FTTH GPON:

#### a) División del Sector Seleccionado <sup>107</sup>

Al sector de Cumbayá de la ciudad de Quito seleccionado para el diseño de la red de acceso FTTH GPON, se lo dividió por facilidad de diseño y de administración de la red en tres zonas la residencial, comercial y educativa tal como se muestra en la figura 3.4 de la cual se partirá para proponer la red FTTH GPON:



**Figura 3.4:** Sector seleccionado para la Red GPON<sup>108</sup>

<sup>107</sup> Fuente: [http://biblioteca.cenace.org.ec/jspui/bitstream/123456789/1008/15/Quishpe\\_Alexandra2.pdf](http://biblioteca.cenace.org.ec/jspui/bitstream/123456789/1008/15/Quishpe_Alexandra2.pdf)

<sup>108</sup> Fuente: Autores de la investigación

**b) Ubicación de la OLT <sup>109</sup>**

En el diseño se ubicará a la OLT en el Nodo más cercano a la zona escogida, debido a que permite un mejor radio de cobertura, adicionalmente se facilitan y reducen los costos en la operación y mantenimiento. Se procurará su ubicación cerca del proveedor de servicios que será Telconet.

Para el diseño se utilizará una OLT que cuente con las siguientes características:

- Un puerto Gigabit Ethernet para que se conecte a un nodo de acceso de la red IP/MPLS de Telconet.
- Una tarjeta de administración que permita configurar a los clientes dependiendo del plan que contraten y que permita el monitoreo de consumo para posterior facturación, además de la detección de fallas en la red.
- Una de las características que debe tener este equipo, es operar en las siguientes longitudes de onda que permiten ofrecer multiservicios:
  - ❖ **1310nm** para voz y datos, en conexión ascendente, del cliente al nodo.
  - ❖ **1490nm** para voz y datos, descendente, del nodo al cliente.
  - ❖ **1550nm** para video de RF, en conexión descendente.

La OLT contará con 8 tarjetas GPON que soporten hasta 64 ONU's cada una, cuatro de las tarjetas GPON se conectarán mediante un cable de fibra de 2hilos a los splitters ubicados de manera estratégica en cada una de las zonas, los restantes se tendrán como backup en caso de fallas.

---

<sup>109</sup> Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1099/1/CD-1943.pdf>

### c) Selección del tipo de fibra <sup>110</sup>

Para el diseño se empleará un cable de fibra de núcleo de vidrio con cubierta de vidrio por su buen desempeño en redes de largas distancias y su resistencia para tendidos aéreos, un cable de estructura holgada tiene mayores seguridades en cuanto al tendido y mantenimiento de la fibra, es más sensible al movimiento debido a sus protecciones que tiene y su radio de curvatura es mayor que un cable de estructura ajustada.

El uso de fibra de tipo aéreo permite que el cable sea tendido en postes, se tiene la ventaja de la existencia de postes a lo largo del recorrido del cable, específicamente los postes de propiedad de la empresa eléctrica, de esta forma el tendido resulta sencillo, además las tareas de mantenimiento y detección de fallas en el cable se simplifican.

De acuerdo a las características de cada tipo de fibra de tendido aéreo, se ha propuesto trabajar con un cable de fibra de tipo ADSS.<sup>111</sup>

Se deberá utilizar un cable de fibra monomodo, que es el cable especificado para GPON.

De acuerdo con la Unión Internacional de Telecomunicaciones en el sector de normalización, existen fibras monomodo de acuerdo con la norma G.652 Estándar, G.653 de Dispersión Desplazada, G.654 Mínima Atenuación, G.655 de Dispersión Desplazada no nula, G.656 de Dispersión Desplazada no nula para el transporte de servicios de banda ancha y G.657 Insensible a curvaturas, de las cuales se consideran dos opciones de la cual se escogió la G.652:

**G.652 - Standar Single-Mode Fiber.** Fibra normalizada, factible de usarse en 1300nm y 1550nm y optimizada para el cero de dispersión en 1300nm, cuenta con algunas variantes:

---

<sup>110</sup> Fuente: [http://biblioteca.cenace.org.ec/jspui/bitstream/123456789/1008/15/Quishpe\\_Alexandra2.pdf](http://biblioteca.cenace.org.ec/jspui/bitstream/123456789/1008/15/Quishpe_Alexandra2.pdf)

<sup>111</sup> ADSS o All-DielectricSelf-Supporting: no hay soporte o cable mensajero requerido, Fuente: <http://www.multicominc.com/active/manufacturer/multicom/interactiveflyers/Spanish/ADSS%20FO%20Cable%20-%20Spanish.pdf>

Cable de Fibra óptica Mono Modo autosoportado y completamente dieléctrico (ADSS) de 12 Fibras para instalación exterior.



#### CARACTERÍSTICAS

- Fibra óptica monomodo G-652D
- Elemento central no metálico usado como miembro resistente a la tracción
- Cubierta exterior de HDPE Negro, resistente a UV
- Cubierta interior de HDPE Negro, resistente a UV
- Tubo suelto (loose tube)
- Material aislante del agua
- Fibras individuales de colores azul y blanco
- Módulo extenso de hilados de aramida para aumentar resistencia
- Diámetro del cable: 15.3 mm
- Peso del cable: 175 Kg / Km

**Figura 3.5:** Características de fibra Draka ADSS<sup>112</sup>

**G.652.A:** Adecuada para soportar sistemas de hasta STM-16, así como 10 Gbit/s Ethernet y STM-256.

**G.652.B:** Soporta aplicaciones de mayor velocidad binaria, hasta STM-64, y STM-256.

**G.652.C:** Semejante a G.652.A, pero permite transmisiones en una gama de longitudes de onda ampliada desde 1360 nm a 1530 nm.

**G.652.D:** Semejante G.652.B, pero permite transmisiones en una gama de longitudes de onda ampliada desde 1360 nm a 1530 nm.

El presente diseño no contempla situaciones extremas en cuanto a distancias o requerimientos específicos, por lo que, la fibra de acuerdo con la recomendación G.652.D es adecuada para este tipo de red. Cabe señalar que las recomendaciones G.653 y G.654, a pesar de que permiten gran ancho de banda en redes de larga distancia no trabajan eficientemente en todas las ventanas.

<sup>112</sup> Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1099/1/CD-1943.pdf>

#### d) Selección y Ubicación de los Splitters <sup>113</sup>

Para expandir la red de acceso, se emplearán splitters o divisores ópticos, que permiten la derivación de la señal por dos o más fibras distintas. Los splitters 1X8 PLC<sup>114</sup> SC son splitters de elevadas prestaciones ópticas, alta densidad de canales y menor tamaño, por lo que serán considerados para el diseño de la red de acceso.

Los splitters se ubicarán en cabinas exteriores, ya que la expansión de la red se facilita colocando los splitters de manera que permitan el uso eficiente de sus puertos. La técnica de splitters en cascada, presenta menores costos de despliegue por abonado y es ideal para zonas con alta penetración de mercado.

Debido a que la OLT puede soportar hasta 64 ONU's, y que el sector seleccionado para el diseño ya fue dividido en tres zonas residencial, comercial y educativa de la cual se optó por la residencial, se establecen dos niveles de división: uno de 1:4 y otro de 1:16 de esta forma se logra cubrir a más usuarios ubicados a distancias mayores y se cumple con esta característica de la OLT.

- **Ubicación de los primarios.-** En puntos estratégicos de cada una de las zonas se ubicará un armario en el que se conectará un splitter primario de 1:4. Este detalle implica que cada una de estas tres zonas, se divide a su vez en cuatro sectores más pequeños, contando con un total de 16 sitios estratégicos.
- **Ubicación de los splitters secundarios.-** Se conectará un splitter secundario de 1:16 en cada uno de los 16 sectores finales. De los 16 accesos disponibles de cada splitter, sólo se utilizarán 8: 4 se conectarán a una ONU con capacidad de 64 usuarios y los 4 restantes serán empleados para ofrecer el servicio a clientes comerciales o educativos.

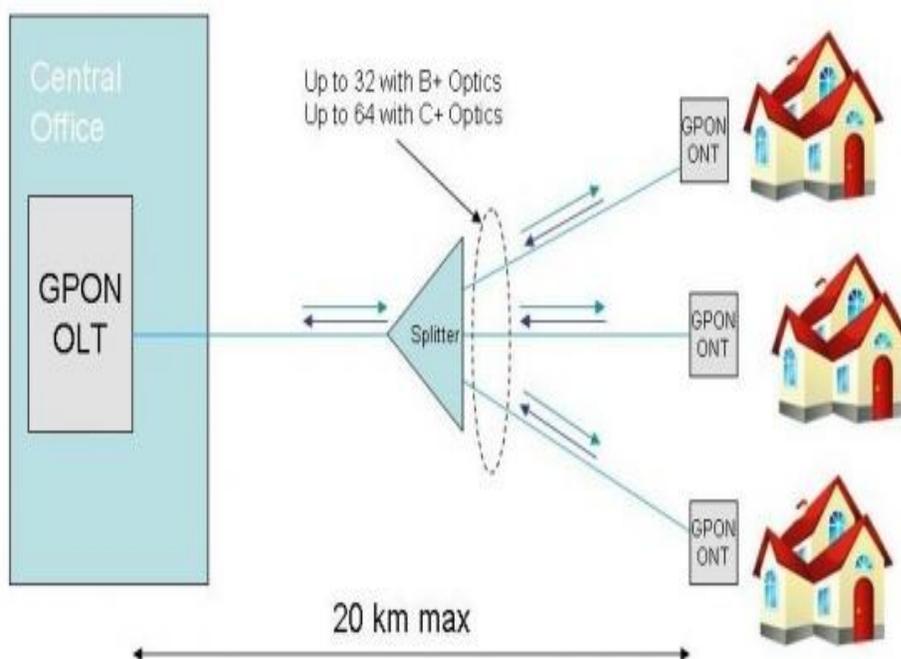
---

<sup>113</sup> Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1099/1/CD-1943.pdf>

<sup>114</sup> PLC o PlanarLightwaveCircuits: mediante el principio de la luz ondas cancelación y refuerzan entre sí, Fuente: [http://wikipedia.org/wiki/Planar\\_lightwave\\_circuit\\_interferometer](http://wikipedia.org/wiki/Planar_lightwave_circuit_interferometer)

### e) Cálculo de la capacidad de la red <sup>115</sup>

Para el cálculo de la capacidad que se contratará al proveedor para la transmisión de los multiservicios o Triple Play, se tomarán en consideración los requerimientos mencionados en la figura 3.6.



**Figura 3.6:** Elementos de una red óptica<sup>116</sup>

**Terminal Óptico de Línea Sistema – OLT:** Localizado en las instalaciones del operador.

**Red de distribución de Fibra Óptica - ODN:** Constituye la planta externa que parte de la central hacia los nodos primarios.

**Terminador de Red Óptica -ONT:** Sirve de interfaz entre la red de acceso y la red interna del abonado.

**Unidad de Red Óptica -ONU:** Es el equipo terminal ubicadas en el domicilio del usuario.

<sup>115</sup> Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1099/1/CD-1943.pdf>

<sup>116</sup> Fuente: [http://wikitel.info/wiki/UA-Redes\\_PON\\_GPON\\_derivados](http://wikitel.info/wiki/UA-Redes_PON_GPON_derivados)

Considerando que para el primer año se contará con un estimado total de 440 usuarios de los cuales 256 serían residenciales para la red propuesta, cada uno de ellos requiere un promedio de 10 Mbps para acceder a los multiservicios o servicios llamados también Triple Play y teniendo en cuenta la compartición de 2:1 la capacidad total requerida será:

$$\text{Capacidad} = [(256 \text{ usuarios}) \times (10 \text{ Mbps})] / (2) = 1280 \text{ Mbps.}$$

Asumiendo que del 100%, el 65% de los usuarios se conectan a Internet, se requiere:

$$\text{Capacidad Total} = \text{Capacidad} \times 65 \%$$

$$\text{Capacidad Total} = 1280 \times 65\%$$

$$\text{Capacidad Total} = 832 \text{ Mbps} + 30\% \text{ Escabilidad}$$

$$\text{Capacidad Total} = 1081,6 \text{ Mbps}$$

Por lo que se contratará a Telconet una capacidad de 2Gbps que se conectará directamente a la OLT.

#### f) Selección de la tecnología apropiada

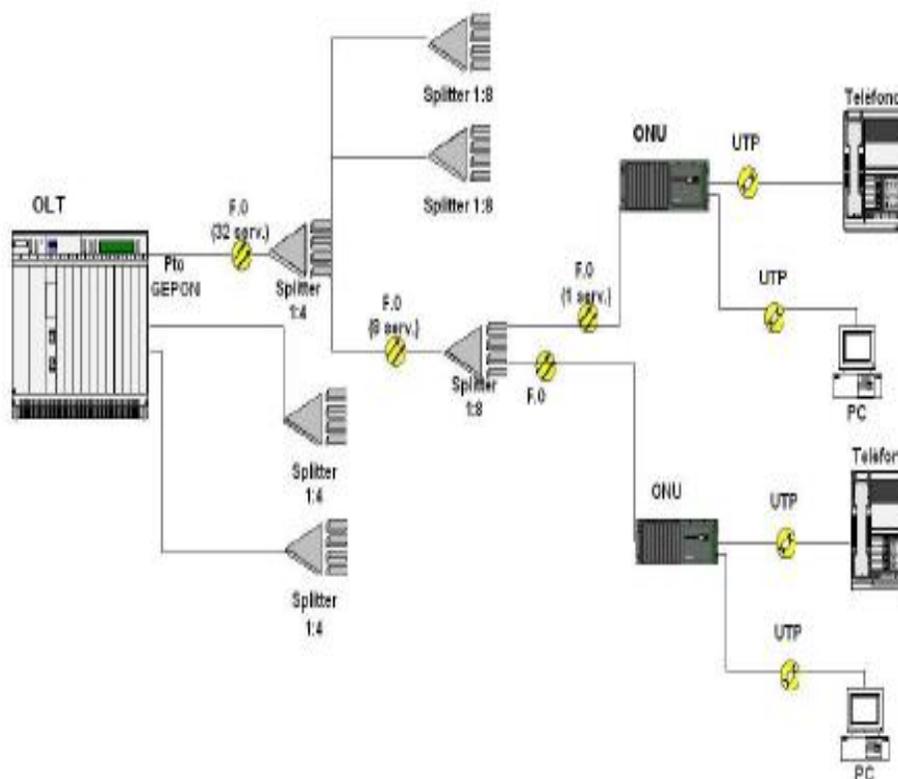
##### Tecnología FTTH GPON<sup>117</sup>

En el diseño de la red de acceso se plantea el uso de la tecnología FTTH GPON para cubrir a los usuarios residenciales que requieran un gran ancho de banda, considerando que es lo más eficiente ya que no se desperdicia capacidad y se reducen los costos de instalación y servicio.

---

<sup>117</sup> Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1099/1/CD-1943.pdf>

Además la ONU puede ser compartida por un mayor número de usuarios, con lo que perfectamente se podría cubrir una manzana del sector escogido, la figura 3.7 indica un esquema de diseño propuesto.



**Figura 3.7:** Esquema de usuarios FTTH<sup>118</sup>

En la figura 3.8 se muestra el plano de ubicación de las viviendas donde irán los wireless Internet módem y se hará el tendido de fibra desde los armarios secundarios colocados de forma estratégica en cada una de los sectores hacia las ONU's ofreciendo así el servicio usando tecnología FTTH GPON.<sup>119</sup>

<sup>118</sup>Fuente: <http://biblioteca.cenace.org.ec/jspui/bitstream>

<sup>119</sup> Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1099/1/CD-1943.pdf>

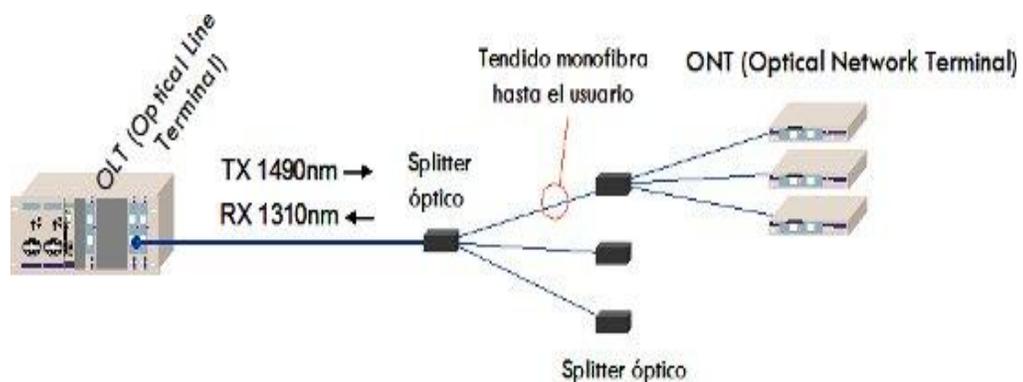




**Figura 3.9:** Ingreso de la fibra al cliente<sup>121</sup>

### 3.3 EQUIPAMIENTO

Para los equipos terminales que utilizará FTTH con los cuales se podrá llegar al usuario con los tres servicios. Por lo tanto se necesitara para la red:



**Figura 3.10:** Esquema de equipos terminales en la red FTTH<sup>122</sup>

<sup>121</sup> Fuente: Autores de la investigación

**Equipo OLT.-** El equipo OLT que se muestra en la figura 3.11, es una plataforma óptica de gran capacidad, la cual combina CWDM, Gigabit Ethernet y SDH/SONET para el transporte de todo tipo de servicios: Voz, datos, vídeo, etc. Funciona sobre una red Gigabit Pasiva Óptica y soporta interfaces de redes metropolitanas como Gigabit Ethernet 10/100BaseT, STM1/OC3 y/o E1/T1. Además, soporta servicio de difusión de vídeo sobre longitudes de onda dedicadas.



**Figura 3.11:** OLT<sup>123</sup>

**Equipo Splitter.-** Un splitter tal como se muestra en la figura 3.12 es un dispositivo pasivo que depende de la dirección del haz de luz. Se divide el haz entrante y se distribuye hacia múltiples fibras, o los combina en la dirección opuesta dentro de una misma fibra. El equipo ofrece bajas pérdidas de inserción. Fácil instalación y mantenimiento.



**Figura 3.12:** Splitter<sup>124</sup>

<sup>122</sup> Fuente: [http://wikitel.info/wiki/UA-Redes\\_PON\\_GPON\\_derivados](http://wikitel.info/wiki/UA-Redes_PON_GPON_derivados)

<sup>123</sup> Fuente: [http://www.tellion.com/en/sub\\_product.php?category1=02&category2=02&tab=01](http://www.tellion.com/en/sub_product.php?category1=02&category2=02&tab=01)

**Fibra Óptica.**-Cable de fibra óptica de 2 hilos monomodo que se muestra en la figura 3.13 es una fibra normalizada, factible de usarse en 1300nm y 1550nm y optimizada para el cero de dispersión en 1300nm.Cable Type FIG.8 DROP G657A 2F.



**Figura 3.13:** Fibra Óptica de 2 hilos<sup>125</sup>

**Equipo ONT.**- Es totalmente compatible con la familia de productos OLT y presenta varias opciones de facilidades para configuración, puesta a punto y mantenimiento posterior. El equipo en sí es de gran capacidad, soporta de 2.488/1.244 Gpbs y además ofrece la posibilidad de ofrecer a los clientes calidades de servicio. Por último, este equipo ofrece una combinación de puertos, combinaciones Ethernet, POTS, E1/T1 e interfaces para vídeo como se muestra en la figura 3.14.



**Figura 3.14:** ONT<sup>126</sup>

<sup>124</sup>Fuente:<http://www.fofiberoptic.com/optical-fiber-products/fiber-optic-splitter/1x8-plc-sc-fiber-optic-splitter-detil.html>

<sup>125</sup>Fuente:[http://www.um.edu.uy\\_upload/descarga/webdescarga179Caractersticasgeneralf](http://www.um.edu.uy_upload/descarga/webdescarga179Caractersticasgeneralf)

**Equipo del Cliente.-** es el equipo terminal ubicado en el domicilio del usuario. El equipo en sí es de gran capacidad todo en uno a través de la creación de redes de alta velocidad Wi-Fi, conmutación, gestión y seguridad inalámbrica 802.11n y 4 puertos Ethernet convergencia fijo en la plataforma única puerta de enlace, rentable arquitectura basada MAC integrado con interruptor de la capa física y transceptor para 10/100Base-TX, el rendimiento a velocidad de cable elimina los cuellos de botella de acceso a Internet , la seguridad inalámbrica, cifrado y filtrado de direcciones MAC, y característica Auto-MDI/MDIX sobre Ethernet WAN y LAN detectar y corregir errores cable como se puede observar en la figura 3.15.



**Figura 3.15:** Equipo Wireless<sup>127</sup>

### 3.4 DISTRIBUCIÓN<sup>128</sup>

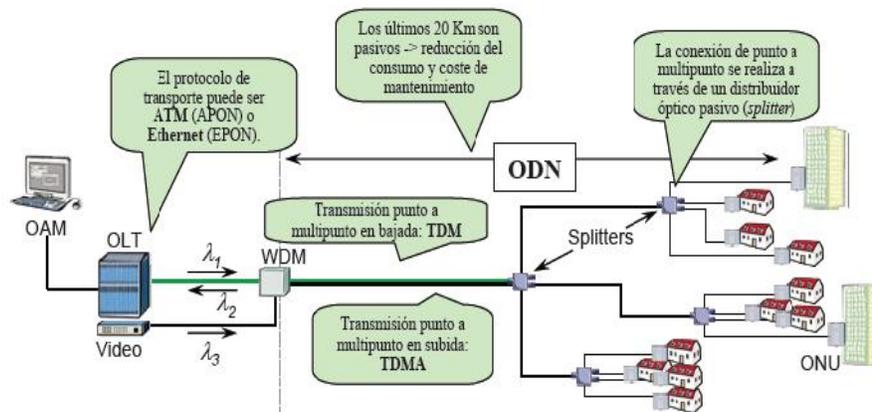
Para la distribución pasiva se puede mencionar que la red GPON está compuesta de un Terminal de Enlace Óptico u OLT que se conecta a múltiples Unidades de Red Ópticas o llamadas ONU a través de una Red de Distribución Óptica ODN y con los splitters los mismos que realizan la distribución de la siguiente manera primero los paquetes Ethernet son transmitidos en modo broadcast por el OLT hacia los ONU de los usuarios a través de un splitter o varios en cascada, en cada ONU se aceptan los

<sup>126</sup> Fuente: [http://www.tellion.com/en/sub\\_product.php?category1=02&category2=02&tab=01](http://www.tellion.com/en/sub_product.php?category1=02&category2=02&tab=01)

<sup>127</sup> Fuente: [http://www.tellion.com/en/pdf/Brochure%20HN-4404AP\\_Rev.1.0.pdf](http://www.tellion.com/en/pdf/Brochure%20HN-4404AP_Rev.1.0.pdf)

<sup>128</sup> Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1099/1/CD-1943.pdf>

paquetes Ethernet que son dirigidos hacia el usuario este proceso de distribución permite que las distancias se alarguen y los costes se reduzcan.



**Figura3.16:** Esquema de distribución de la red GPON<sup>129</sup>

**a) Distribución del servicio a los usuarios.-** A partir de la ONU, hasta la ubicación del cliente se llegará por medio de UTP, que es el medio de transmisión más empleado en redes LAN, su instalación es barata y sencilla aunque presenta problemas de sensibilidad a la interferencia electromagnética.

**b) Equipo final de usuario.-** Considerando que las distancias que se tendrán desde la ONU al usuario final son mayores de 300m, se puede elegir la tecnología GPON, considerando que es una de las tecnologías de mayores ventajas, además de permitir el transporte de servicios de banda ancha.

De esta manera, para ofrecer al usuario final el paquete de multiservicios se empleará un módem compatible y que cuente con al menos un puerto LAN con conector RJ-45, un puerto para voz con conector RJ-11 y un puerto para TV con conector coaxial tipo F o conectores RFA, la figura

<sup>129</sup>Fuente: <http://www.aitar.org/procom/archivos/08ProCOMbandanchaTelnet.pdf>

3.12 muestra una aproximación de la conexión entre la ONU y el equipo final de usuario:<sup>130</sup>



**Figura 3.17:** Conexión entre la ONU y el equipo final de usuario<sup>131</sup>

**c) Redundancia.-** Se plantea redundancia en equipos para el nodo principal y el primer nivel de splitters, es decir que se comprará el doble de los equipos necesarios, los segundos entrarán a funcionar inmediatamente en caso de que se presenten fallas en los primeros. Para el segundo nivel de splitters y las ONU's se propone una redundancia en puertos, lo que significa que se tendrán el doble de puertos requeridos, la mitad con conexiones activas y la otra mitad configurados de tal forma que entren en funcionamiento en caso de fallas.

<sup>130</sup> Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1099/1/CD-1943.pdf>

<sup>131</sup> Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1764/1/CD-2763.pdf>

**d) Análisis de las Pérdidas** .- Se considerarán varios parámetros a partir de los cuales se realizan los cálculos de las pérdidas tanto para el cliente más alejado de la OLT como para el cliente más cercano a la OLT:

- **Atenuación ocasionada por la fibra (Af)**, en función de la distancia, la fibra que cumple con la norma G.652D, presenta los siguientes valores de atenuación: <sup>132</sup>

Para 1330 nm: 0.37 dB/Km

Para 1550 nm: 0.24 dB/Km

Cliente más alejado de la OLT (2.373 km):

Para 1330 nm: Af= 0.878 dB

Para 1550 nm: Af= 0.576dB

Cliente más cercano de la OLT (0. 012 km):

Para 1330 nm: Af= 0.004 dB

Para 1550 nm: Af= 0.003 dB

- **Atenuación debida a los conectores (Pc)**, se utilizará un total de 6 conectores para cada enlace, el conector adecuado para redes FTTH es el LC que presenta una atenuación máxima de 0.3 dB, por lo que la atenuación debida a los conectores será igual a 1.8 dB.
- **Atenuación debida a los splitters (Pst)**, la atenuación que se produce en cada uno de los *splitters* está determinada por nivel de división:

Splitter primario (1:4): 7.5 dB

Splitter secundario (1:16): 13.5 dB

Pst=21 dB

- **Atenuación debida al tendido de cobre:** Este parámetro no es considerado, los valores de velocidad establecidos se garantizan

---

<sup>132</sup> Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1099/1/CD-1943.pdf>

hasta una distancia máxima de 300m, los problemas en cuanto a atenuación se presentarán a distancias mayores. Adicionalmente se considera un margen de seguridad de 3 dB ante posibles fallas de la red.

### **Pérdidas Totales<sup>133</sup>**

Af: es la atenuación ocasionada por la fibra

Pc: es la atenuación debida a los conectores

Pst: es la atenuación debida a los splitters

Mg: es el margen de seguridad

Todas estas variables son importantes para generar la fórmula para cálculo de pérdidas totales que es la siguiente:

#### **PT = AF+PC+PST+MG**

- Cliente más alejado

**PT =26.678 dB (a 1330 nm)**

**PT =26.376 dB (a 1550 nm)**

- Cliente más cercano:

**PT =25.804 dB (a 1330 nm)**

**PT =25.803 dB (a 1550 nm)**

Para clientes FTTH, se recalca que no se toma en cuenta al cliente más cercano ya que puede estar ubicado en el mismo armario.

Cliente más alejado

**PT = Af+ Pc + Pst + Mg + Af**

**PT =26.789 dB (a 1330 nm)**

**PT =26.448 dB (a 1550 nm)**

---

<sup>133</sup> Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1099/1/CD-1943.pdf>



### 3.5 PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA RED FTTH GPON PARA EL SECTOR DE CUMBAYÁ

#### a) Ubicación Geográfica

En esta etapa se muestra el plano la ubicación geográfica del sector residencial seleccionado en Cumbayá que se encuentra a  $0^{\circ}11'29.55''\text{S}$   $78^{\circ}25'49.48''\text{W}$  del Distrito Metropolitano de Quito en este sitio se llevara a cabo instalación de la red propuesta contemplada primero para 8 clientes como se puede ver en la figura 3.18 y tomando en cuenta el tiempo, costos de la red se podrá extender hasta 256 en su primer año.



**Figura 3.18:** Esquema de la red propuesta para el sector de Cumbayá<sup>136</sup>

<sup>136</sup> Fuente: Autores de la investigación

**b) Descripción del Plan de instalación de la Red<sup>137</sup>**

Para la descripción se indicara todo el proceso a realizarse durante la instalación:

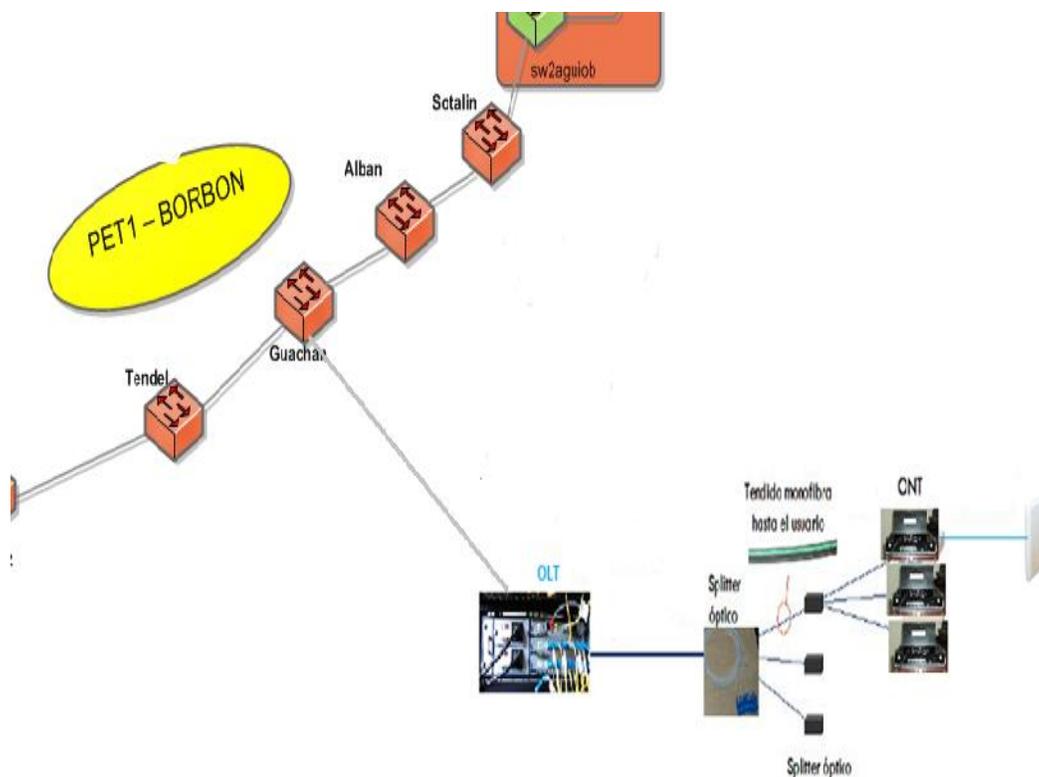
En primer lugar la conexión empieza desde el Nodo Guachan donde se van a instalar y conectar los diferentes equipos para ello partimos del switch cisco 3620 al cual se conecta el equipo OLT LS cable EP3116 que a su vez va conectado al ODF quien posee instalado un splitter 1X8 PLC SC y este se conecta con un patchcord de fibra SC de 1.5 m a un ODF FO de 48 hilos.

Luego se saldrá con la fibra hasta el sector escogido para lo cual se puede mencionar que la distancia del nodo a la urbanización Jacaranda que fue la más factible y cercana al nodo para la instalación es de 3550 metros de fibra para el tendido de la misma.

Se alquilará 85 postes a la EEQ llegando así al punto donde se encuentran las cajas de distribución de primer nivel y de ahí parte hacia las cajas de segundo nivel las mismas que poseen un splitter o divisor óptico que permitirá realizar el tendido del cable hasta llegar a la casa del usuario u abonado ya en el sitio se instalará el equipo ONT al cual va fusionado la fibra este posee 4 puertos del cual se conecta con un patchcord UTP al equipo wireless ya configurado el técnico realiza las pruebas correspondientes y una vez UP el equipo el servicio contratado está listo a ser utilizado por el abonado todo esto se muestra en la figura 3.19.

---

<sup>137</sup> Fuente: Autores de la Investigación



**Figura 3.19:** Plan de instalación de la Red<sup>138</sup>

### 3.6 SIMULACIÓN DE LA RED FTTH GPON

Para la simulación se ocupó el programa Opnet 14.5 de Modeler el cual permite simular redes de Fibra Óptica.

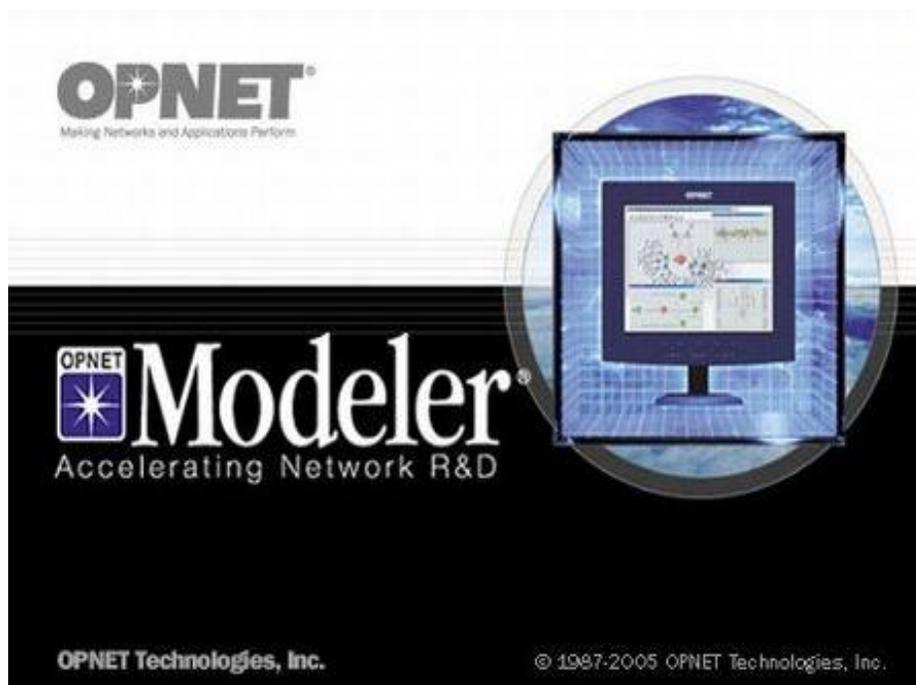
Dicho programa es capaz de simular una gran variedad de redes. El flujo de mensajes de datos, paquetes perdidos, caídas de los enlaces, son algunas de las opciones que nos permite estudiar este simulador, proporcionando la forma más efectiva para demostrar los diferentes tipos de redes y protocolos.

Opnet proporciona librerías y gracias a ellas se consigue la formación de redes de comunicaciones y se facilita el estudio del desarrollo de los modelos

<sup>138</sup> Fuente: Autores de la Investigación

mediante la conexión de diferentes tipos de nodos, utilizando diferentes tipos de enlaces.

Opnet es un lenguaje de simulación orientado a las comunicaciones. Proporciona acceso directo al código fuente siendo esto una gran ventaja al programar con Opnet.



**Figura 3.20:** Plan de instalación de la Red<sup>139</sup>

A continuación se detallan los pasos para la elaboración de la simulación.

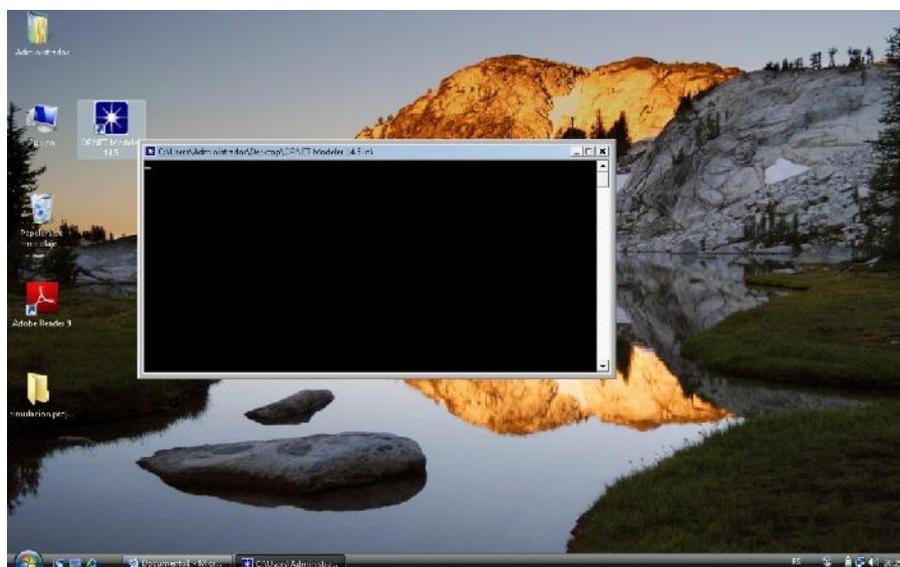
### 3.6.1 CREACIÓN DEL PROYECTO

Para crear un proyecto se debe seguir los siguientes pasos:

1. Arranque del programa Opnet (figura 3.21 (a) y (b))

---

<sup>139</sup> Fuente: Autores de la Investigación



(a)

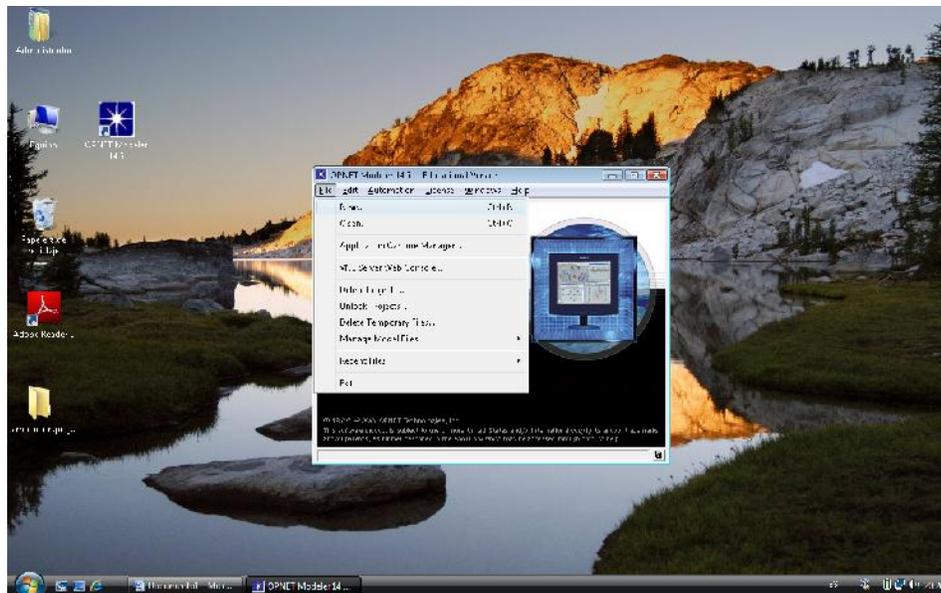


(b)

**Figura 3.21:** (a) y (b) Inicio del programa OPNET<sup>140</sup>

2. En el texto **File** del menú de Opnet, se pulsa la opción New y seguidamente se debe elegir el item **Project** del combobox de la ventana del programa presionando el botón OK. (figura 3.22 (a) y(b))

<sup>140</sup> Fuente: Autores de la Investigación



(a)

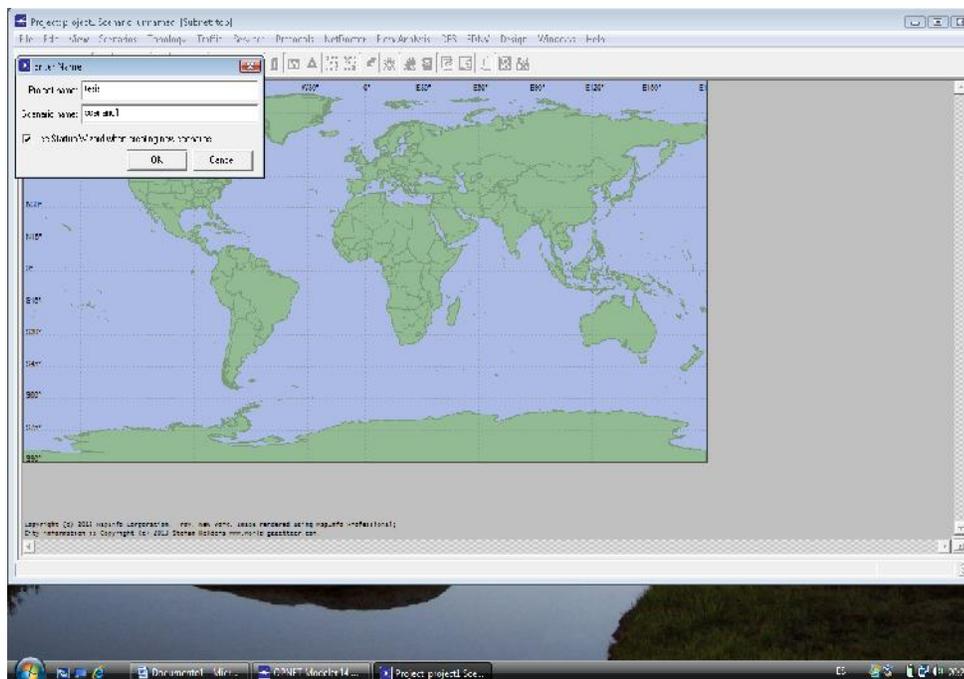


(b)

**Figura 3.22:** (a) y (b) Creación de un nuevo proyecto<sup>141</sup>

3. Para nombrar los proyectos, se puede utilizar cualquier nombre que describa el escenario a simularse y se presiona el botón OK. (figura 3.23)

<sup>141</sup> Fuente: Autores de la Investigación



**Figura 3.23:** Identificación con un nombre a un nuevo proyecto <sup>142</sup>

4. En la pantalla del Asistente de Inicio( Startup Wizard) se realizan las siguientes configuraciones:
  - a) En la topología inicial del proyecto (Initial Topology) se elige la Creación de un escenario vacío (Create Empty Scenario), y se pulsa el botón Next. (figura 3.24)
  - b) Posteriormente en la selección de red (Choose Network) se selecciona una escala correspondiente a un campus (Scale Campus), y presiona el botón Next. (figura 3.25)
  - c) Para el área del escenario (Specify Size) se configura una superficie de 10 kilómetros cuadrados. (figura 3.26)
  - d) Finalmente en la ventana de tecnologías para el proyecto (Select Technologies) se elige la familia de modelos fddi. (figura 3.27)

<sup>142</sup> Fuente: Autores de la Investigación

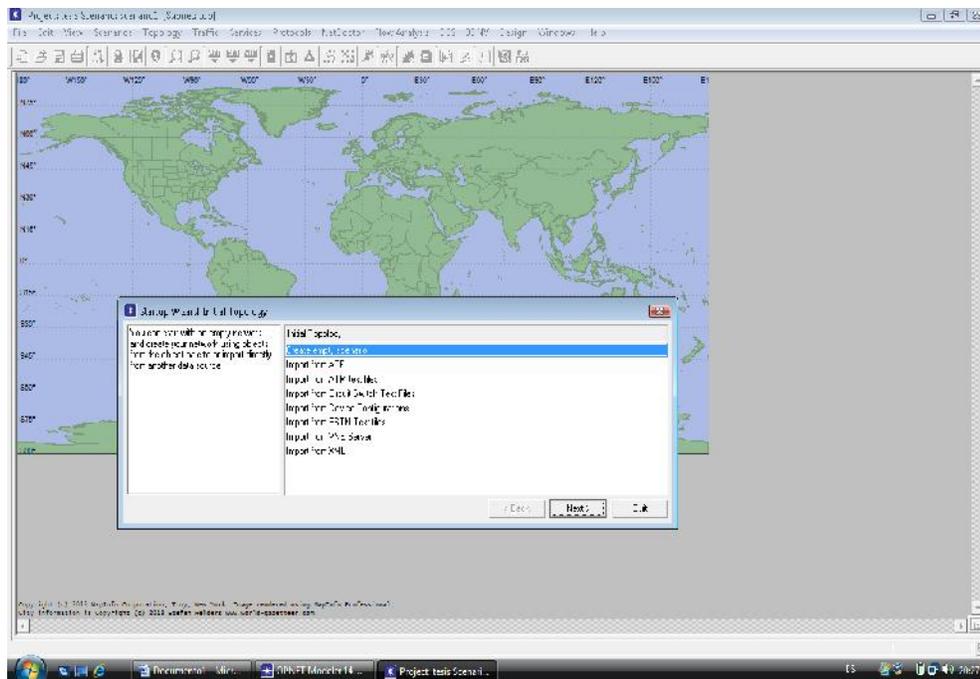


Figura 3.24: Selección de la topología del proyecto<sup>143</sup>

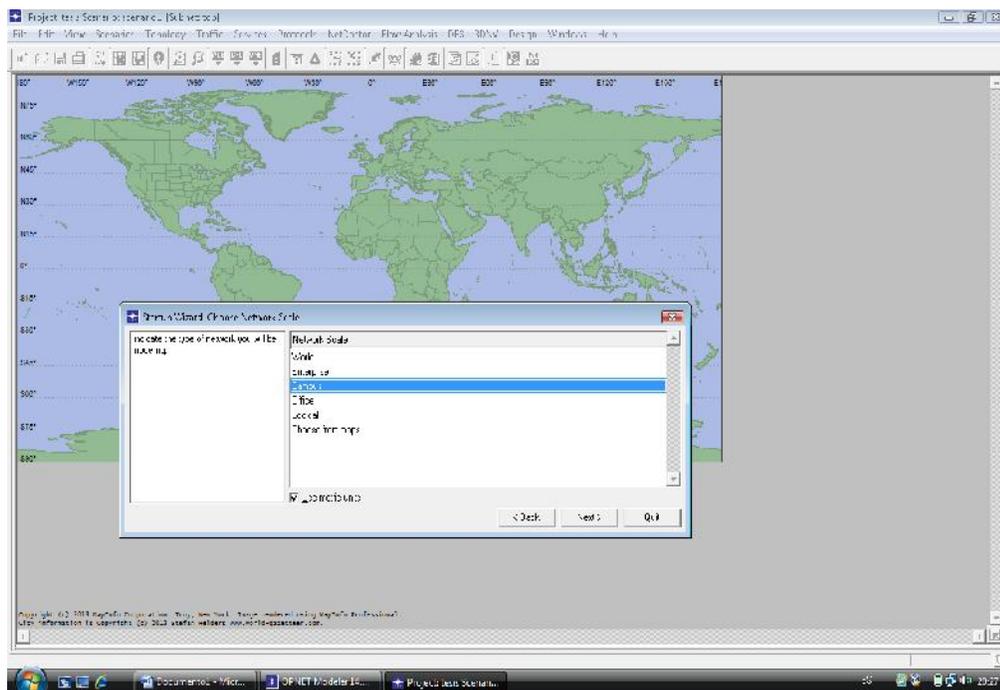


Figura 3.25: Selección de la escala de red<sup>144</sup>

<sup>143</sup> Fuente: Autores de la Investigación

<sup>144</sup> Fuente: Autores de la Investigación



### 3.6.2 CREACIÓN DE LA RED

Una vez que se ha creado el proyecto, se debe diseñar la red donde se va a realizar el estudio para lo cual se utilizará las herramientas de la ventana Object Palette Tree. En una red encontramos nodos y enlaces los cuales se añadirán a la red a través de esta paleta. (figura 3.28)

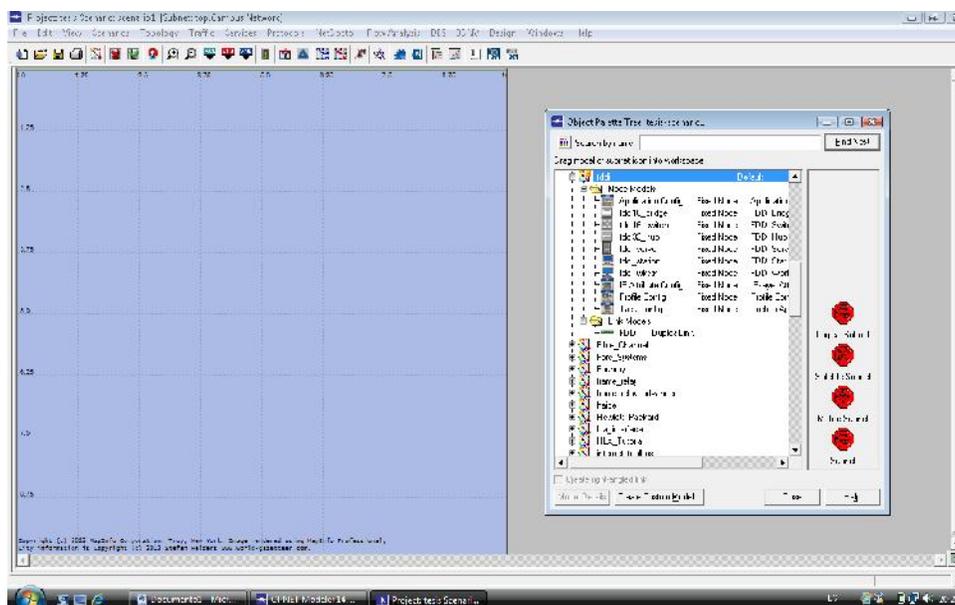


Figura 3.28: Object Palette Tree <sup>147</sup>

Cuando se quiere añadir muchos nodos y enlaces existe una opción llamada Rapid Configuration; con este método se pueden generar varios nodos y enlaces a partir de una estructura dada. Para la presente simulación se empleará este método:

1. En la opción Topology del menú del proyecto, se selecciona el item Rapid Configuration (figura 3.29).
2. Posteriormente se configura una topología tipo estrella (Star) como se muestra en la figura 3.30

<sup>147</sup> Fuente: Autores de la Investigación

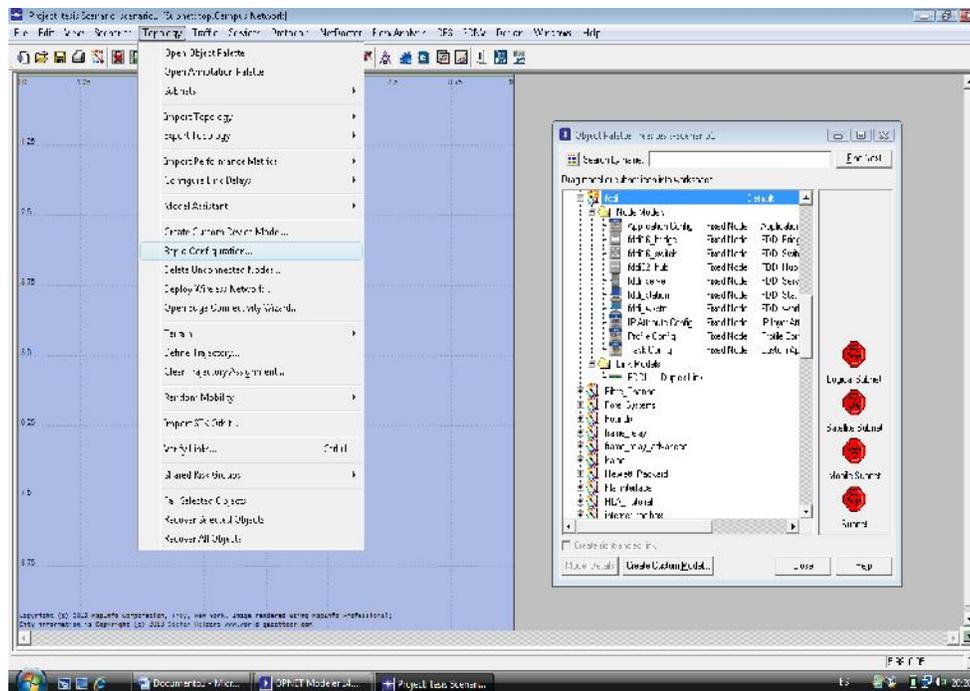


Figura 3.29: Selección de Rapid Configuration <sup>148</sup>

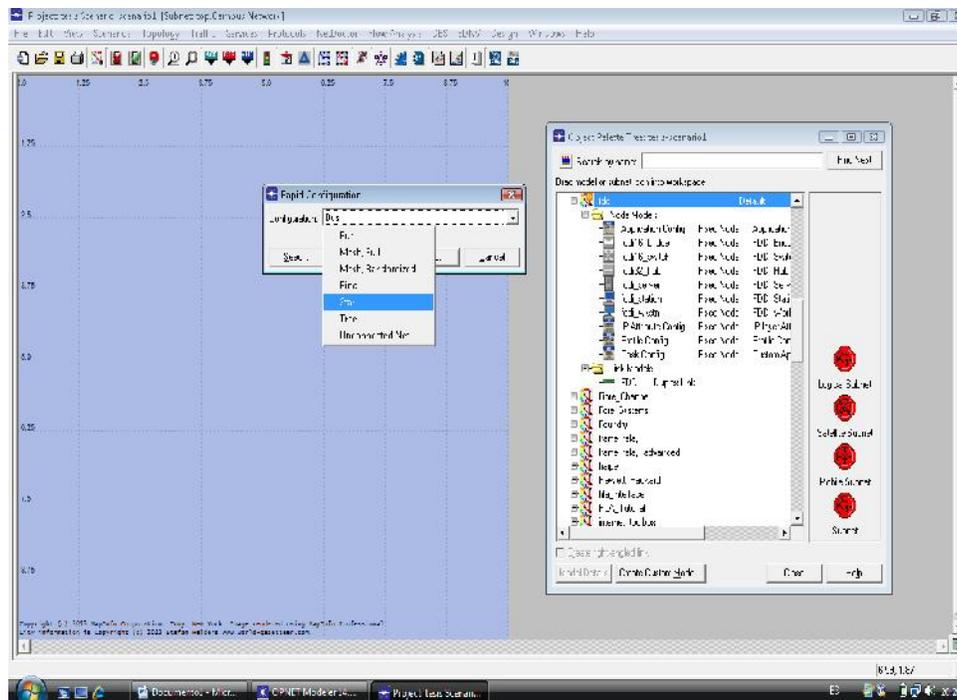


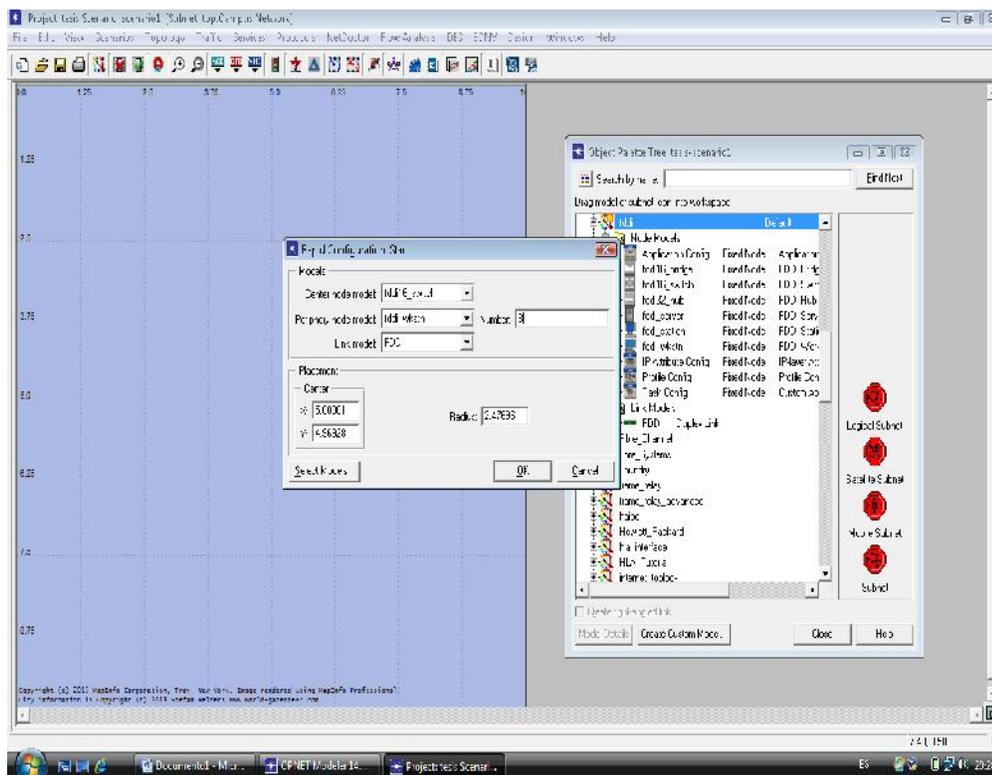
Figura 3.30: Selección de Topología de Rapid Configuration <sup>149</sup>

<sup>148</sup> Fuente: Autores de la Investigación

3. Posteriormente se elige el tipo de nodos y enlaces de la red según las siguientes especificaciones:

- a. Center Node Model: fddi16\_switch
- b. Periphery Node Model: fddi\_wkstn con 8 nodos periféricos.
- c. Link Model: FDDI.

A continuación las figuras 3.31 y 3.32 se muestra la configuración y topología generada con el método de Rapid Configuration de Opnet.



**Figura 3.31:** configuración de nodos y enlaces <sup>150</sup>

<sup>149</sup> Fuente: Autores de la Investigación

<sup>150</sup> Fuente: Autores de la Investigación

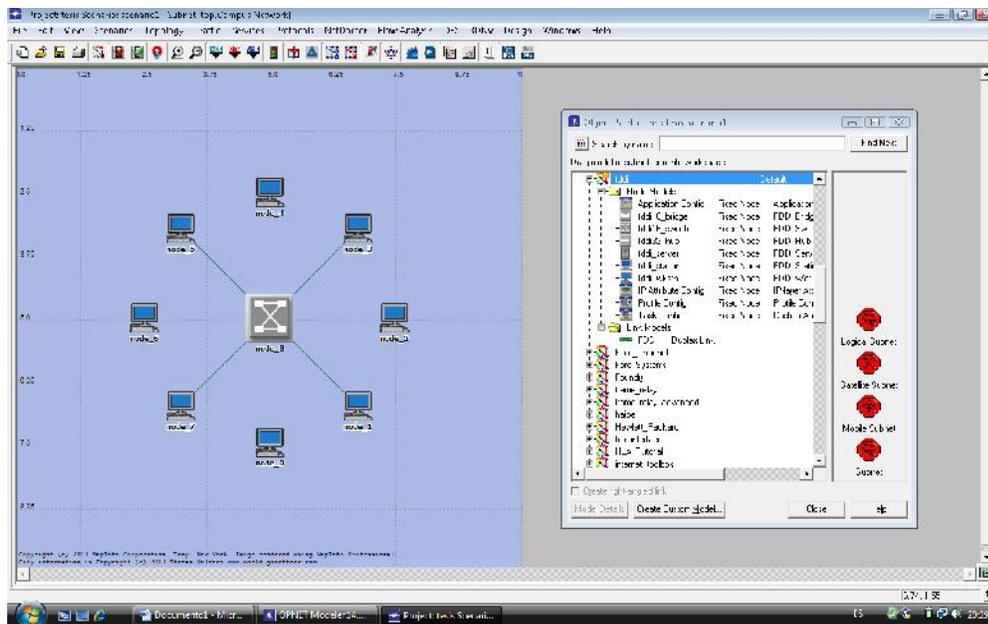


Figura 3.32: Topología generada con el método de Rapid Configuration <sup>151</sup>

- Para finalizar se debe repetir el mismo proceso indicado, en los literales anteriores hasta completar 4 redes tipo estrella (figura 3.33)

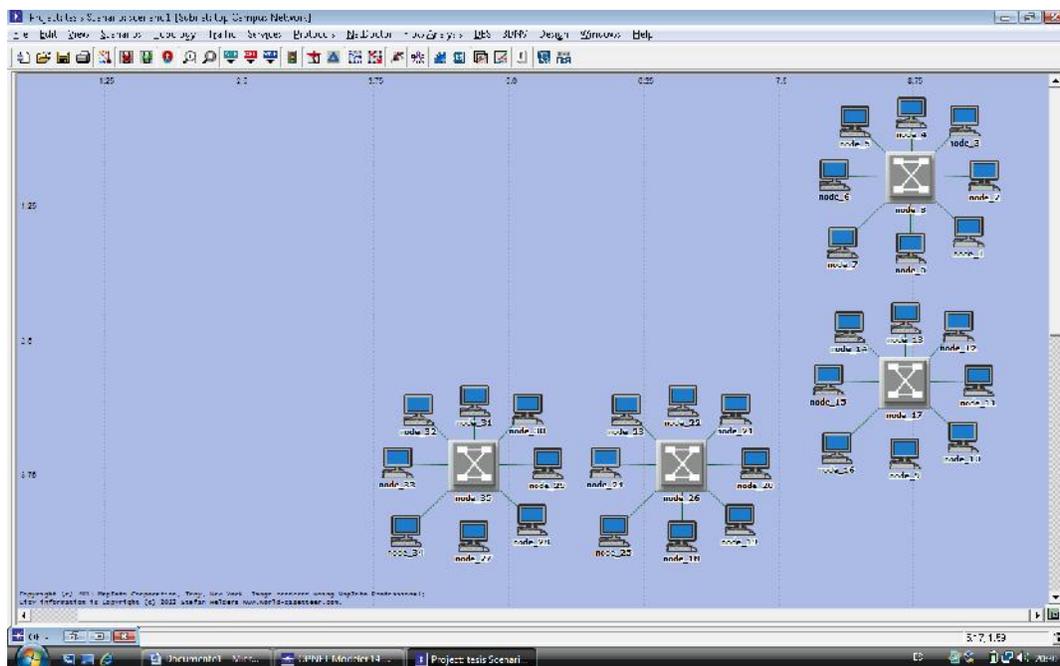
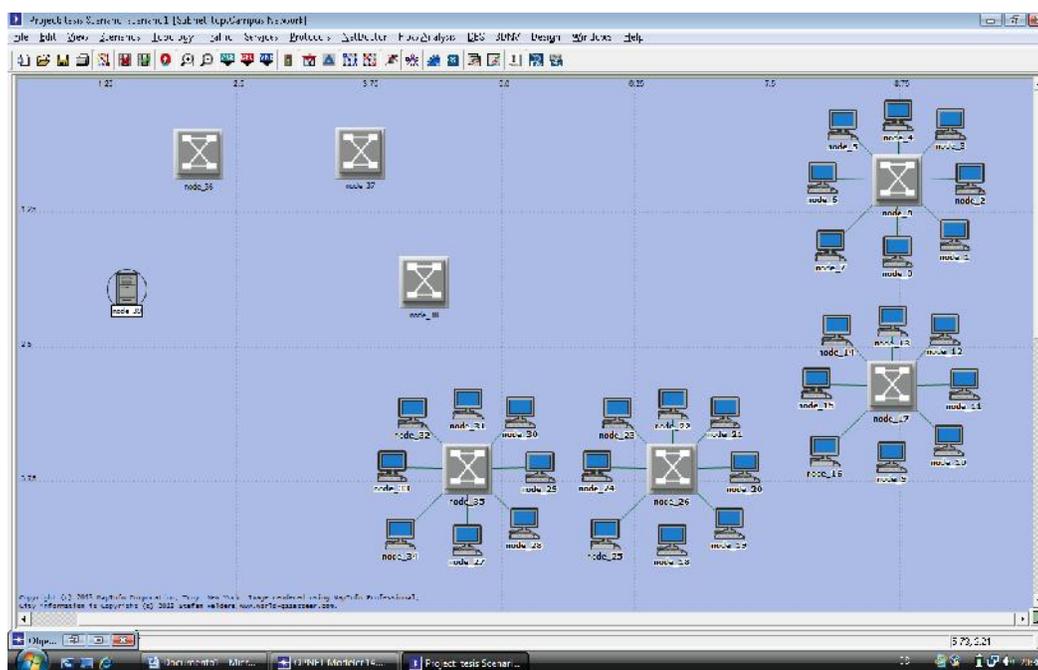


Figura 3.33: Escenario de 4 redes tipo estrella generados con Rapid Configuration <sup>152</sup>

<sup>151</sup> Fuente: Autores de la Investigación

Luego de generar la infraestructura de la red, se procede a añadir un servidor, empleando las herramientas de Object Palette Tree, de la siguiente manera :

1. Se busca el objeto fddi\_Server en la paleta y se lo arrastra al espacio de trabajo, junto con 3 splitters fddi16\_switch como se indica en la figura 3.34.



**Figura 3.34:** Inserción de un servidor fddi y 3 splitters<sup>153</sup>

2. Se conecta el servidor a cada una de las redes estrella empleando el objeto fddi de la paleta, para ello se realiza un click con el mouse sobre el servidor y se lo conecta a cada uno de los elementos switch fddi16\_switch. En ese instante se habrá creado un enlace desde el servidor al switch como se observa en a la figura 3.35.

<sup>152</sup> Fuente: Autores de la Investigación

<sup>153</sup> Fuente: Autores de la Investigación

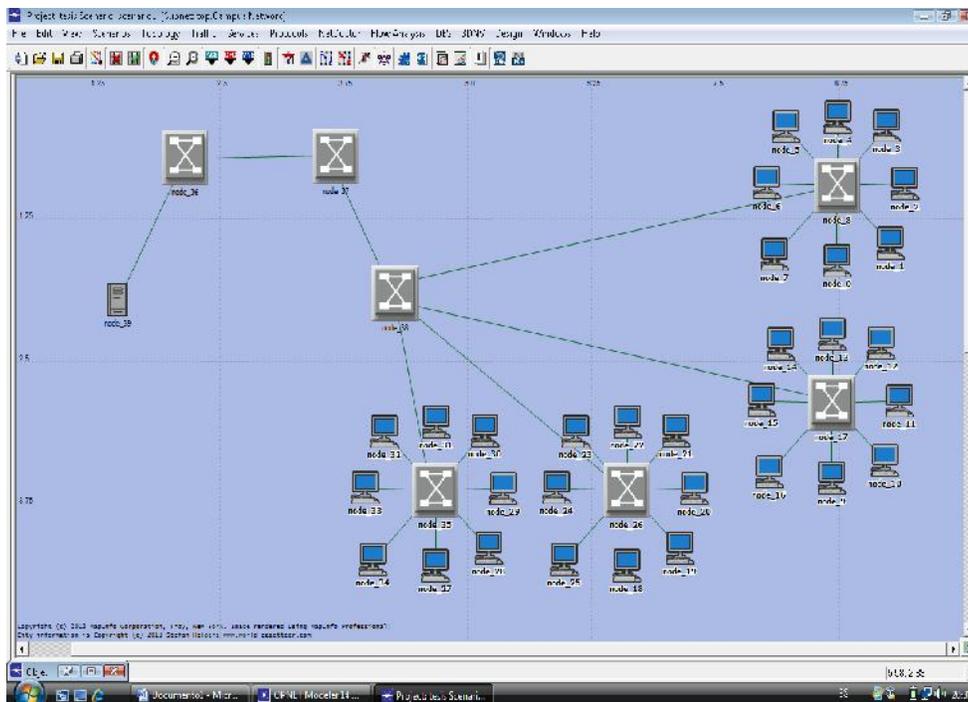


Figura 3.35: Enlace del Server FDDI <sup>154</sup>

3. A continuación se añade objetos para modelar el tráfico generado en la red, para lo cual se busca los objetos Application\_Config y Profile\_Config en la paleta y se los arrastra al área de trabajo. (figura 3.36)

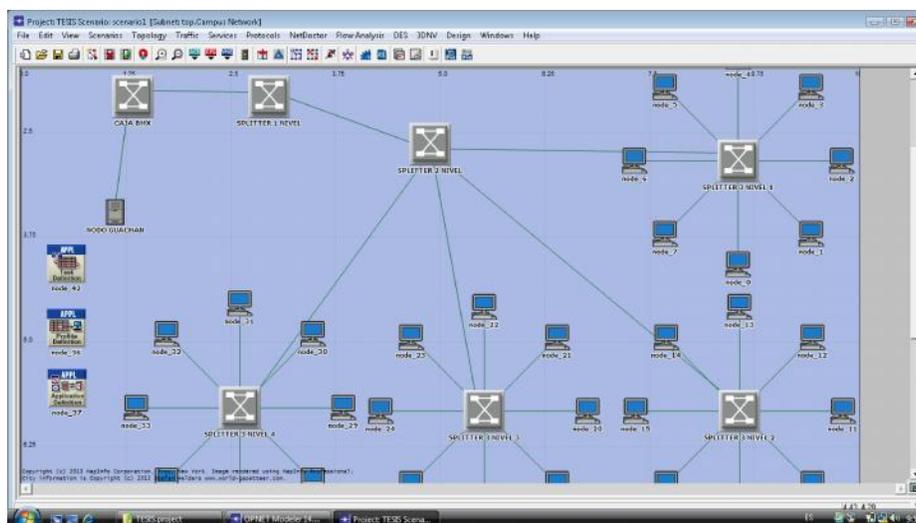


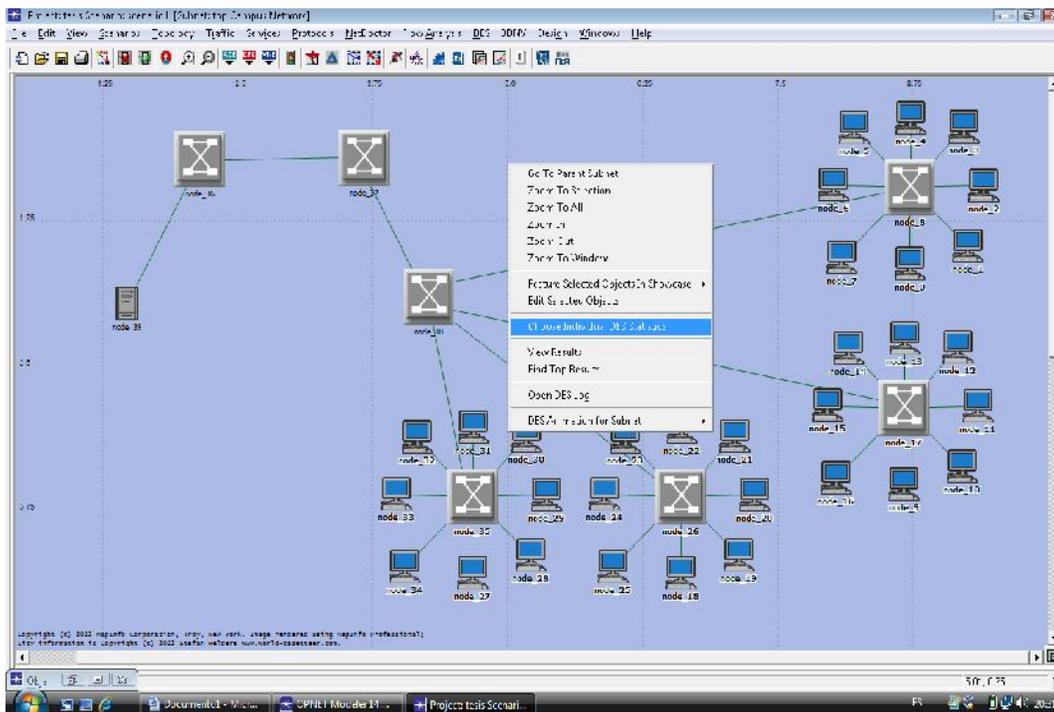
Figura 3.36: Configuración de objetos de modelamiento de tráfico <sup>155</sup>

<sup>154</sup> Fuente: Autores de la Investigación

### 3.6.3 ESTADÍSTICAS

Tras haber configurado la red se debe analizar los diferentes parámetros de comportamiento de los paquetes enviados a través de la red, para ello es necesario configurar en Opnet; las estadísticas a obtenerse, con el siguiente método:

1. Se pulsa el botón derecho del mouse sobre el nodo servidor para desplegar el menú de configuraciones del objeto y se elige la opción Choose Individual DES Statistics, como se observa en la figura 3.37.



**Figura 3.37:** Configuración de Individual DES Statistics <sup>156</sup>

2. En el cuadro de diálogo que se presenta se procede a marcar la opción Global Statistics / fddi/ Delay como indica la figura 3.38.

<sup>155</sup> Fuente: Autores de la Investigación

<sup>156</sup> Fuente: Autores de la Investigación



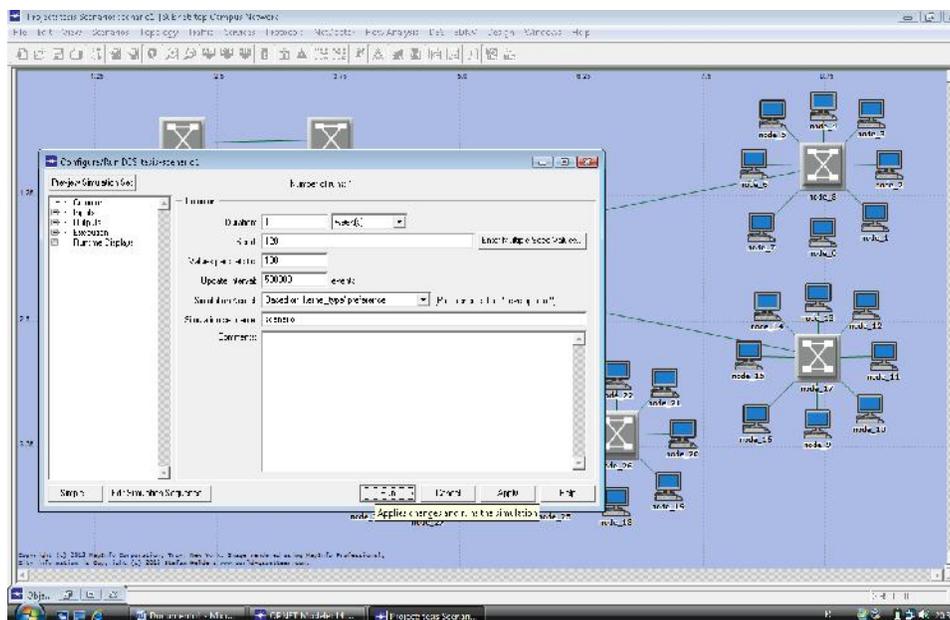


Figura 3.39: Configuración del tiempo de simulación <sup>158</sup>

- Indicado el tiempo para la simulación se procede a presionar el botón Run, a lo cual posteriormente se desplegará una ventana con información sobre la simulación.

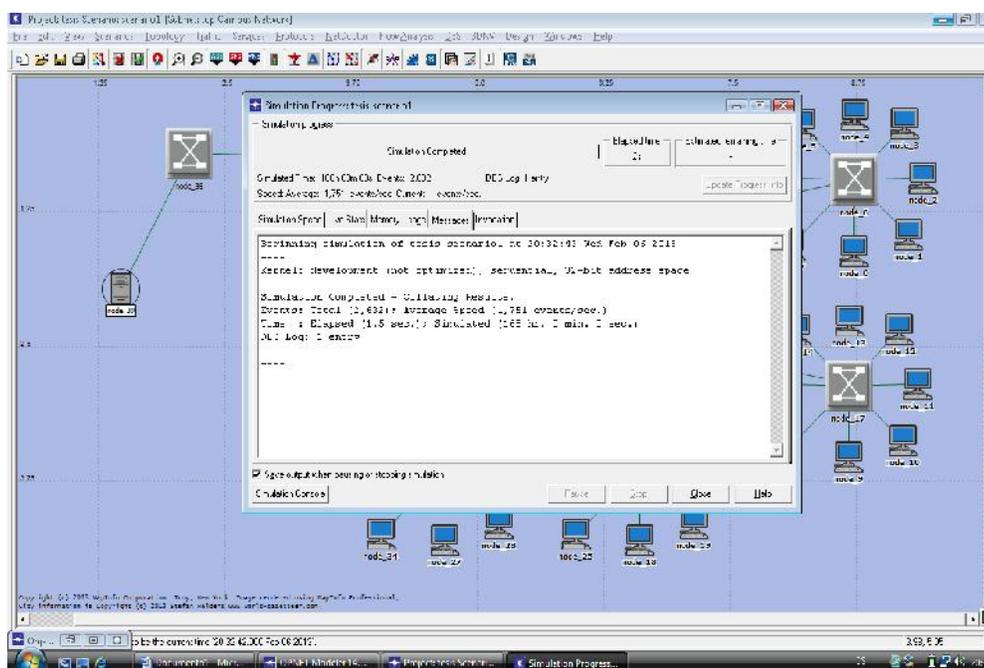


Figura 3.40: Configuración del tiempo de simulación <sup>159</sup>

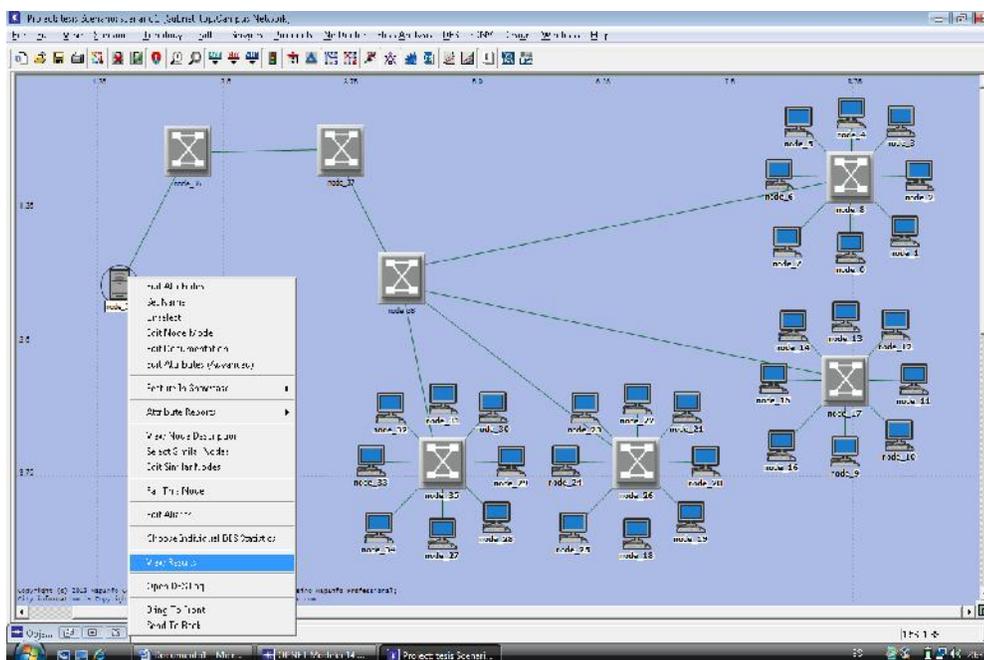
<sup>158</sup> Fuente: Autores de la Investigación

Una vez finalizada la simulación se pulsa el botón Close y salva el proyecto para que se guarden los resultados.

### 3.6.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez efectuada la simulación, es necesario comprobar el funcionamiento de la red. La fase de análisis es la más complicada e interesante de todo el proceso e iniciará verificando la carga del servidor, para lo cual se deben seguir estos pasos:

1. Se presiona el botón derecho del mouse sobre el nodo servidor y del menú de configuraciones desplegado se elige el item View Results, como se indica en la figura 3.41.



**Figura 3.41:** Visualización de Resultados de la simulación<sup>160</sup>

2. Una vez seleccionada la opción de View Results, aparecerá una ventana para escoger las gráficas que se desea mostrar, este proceso se lo observa en la figura 3.42.

<sup>159</sup> Fuente: Autores de la Investigación

<sup>160</sup> Fuente: Autores de la Investigación

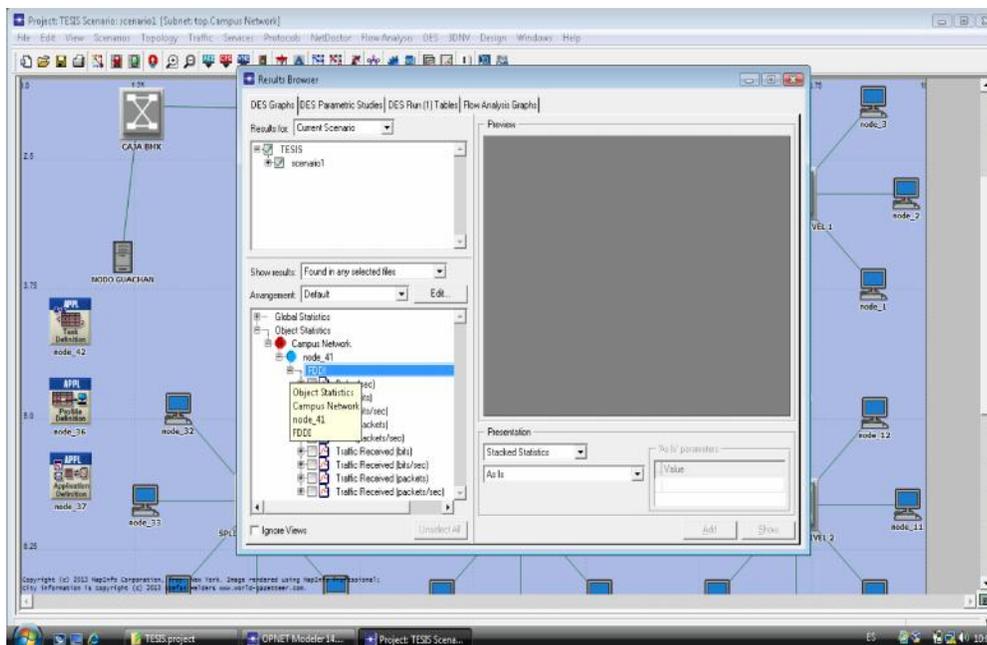


Figura 3.42: Ventana de resultados<sup>161</sup>

- Para mostrar las gráficas a ser analizadas, en la sección izquierda de la ventana de resultados (Global Statistics) se debe elegir el ítem a visualizarse como se muestra en la figura 3.43.

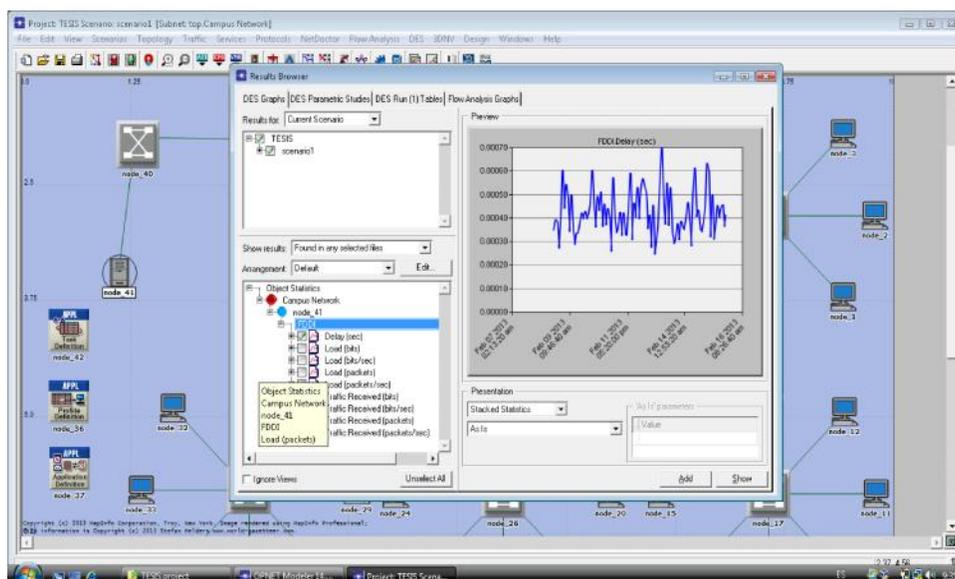
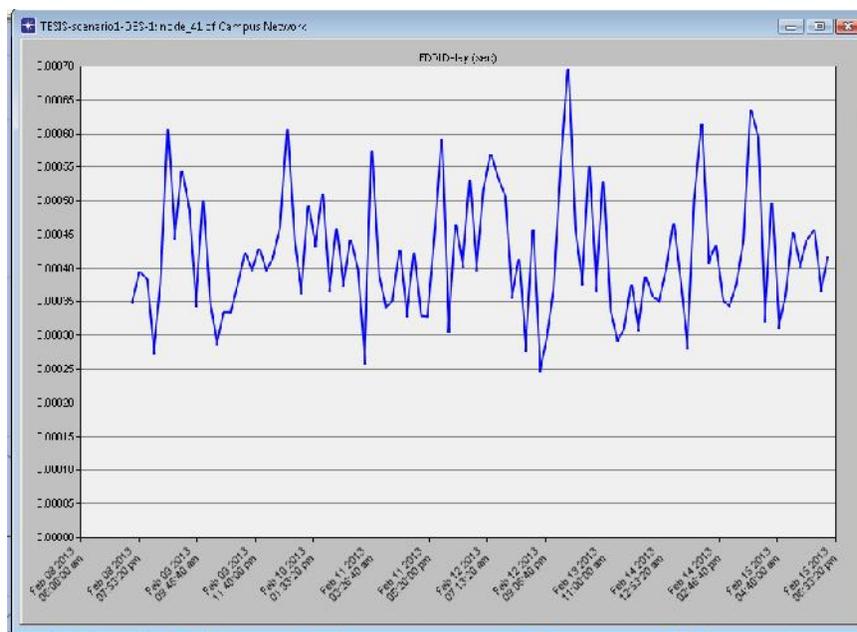


Figura 3.43: Opciones de visualización de resultados<sup>162</sup>

<sup>161</sup> Fuente: Autores de la Investigación

La primera gráfica a analizar es el retardo de los paquetes dentro de la red el cual se encuentra en un rango de 0.00025 segundos que es el pico inferior hasta 0.00070 segundos como el pico mayor, tomando estos datos se concluye que se encuentra en un rango operativo dentro de lo que es red FTTH.

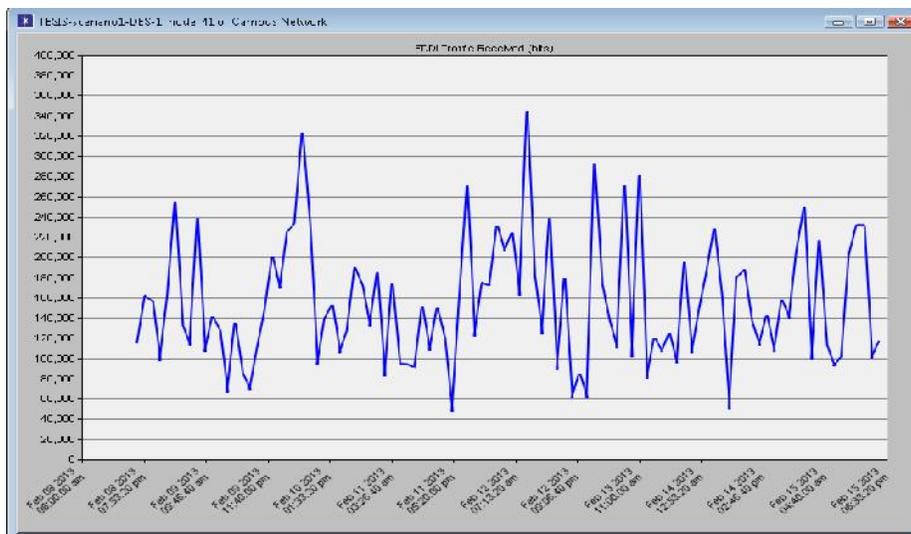


**Figura 3.44:** Retardo de paquetes en la red<sup>163</sup>

El tráfico en bits se encuentra dentro del rango de 50.000 bits hasta 350.000 bits que es el servicio proporcionado en una semana, la gráfica 3.45 detalla el tráfico en bits.

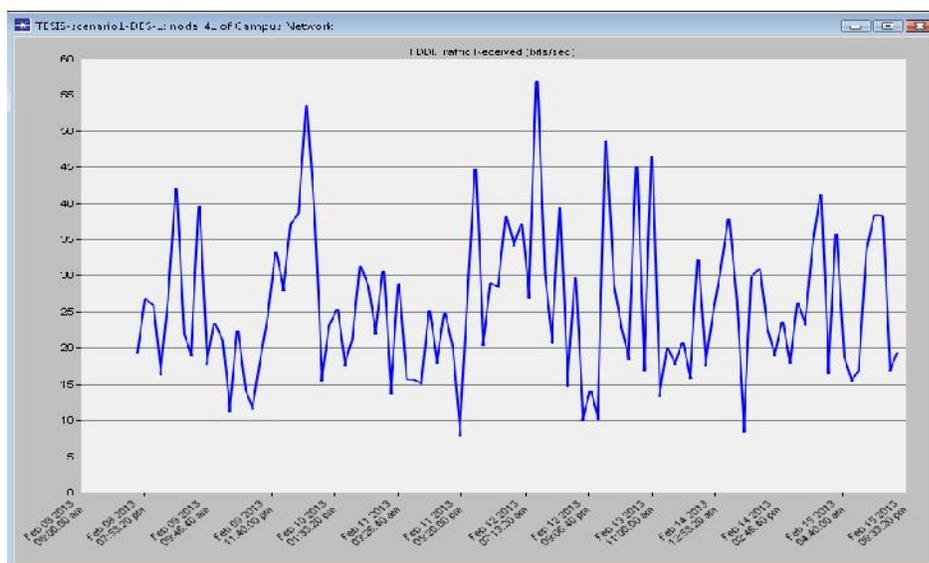
<sup>162</sup> Fuente: Autores de la Investigación

<sup>163</sup> Fuente: Autores de la Investigación



**Figura 3.45:** Tráfico de bits recibidos <sup>164</sup>

La velocidad de los paquetes enviados a través de la red (bits por segundo) tiene un pico menor de 8 bits/seg y tienen un pico mayor a 57 bits/seg, la gráfica 3.46 muestra la medición realizada en una semana.

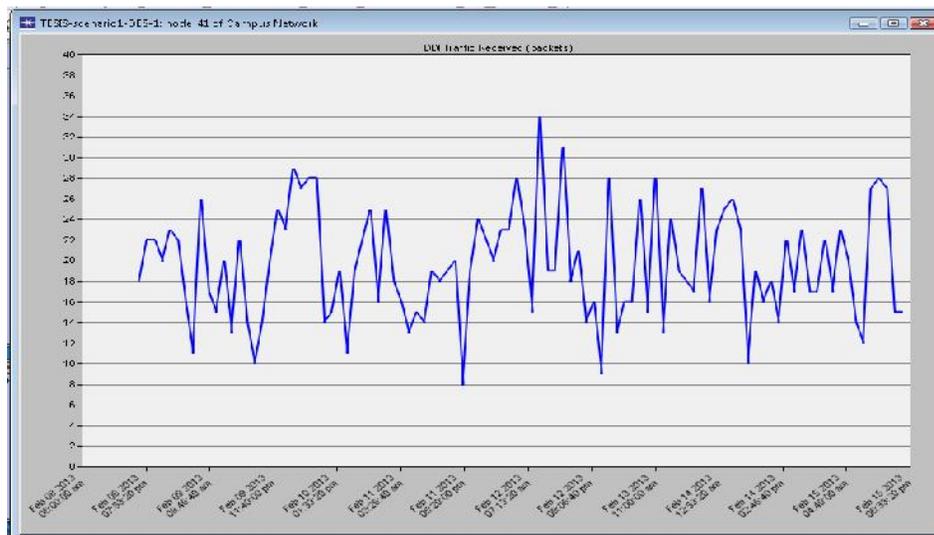


**Figura 3.46:** Bits por segundo recibidos <sup>165</sup>

<sup>164</sup> Fuente: Autores de la Investigación

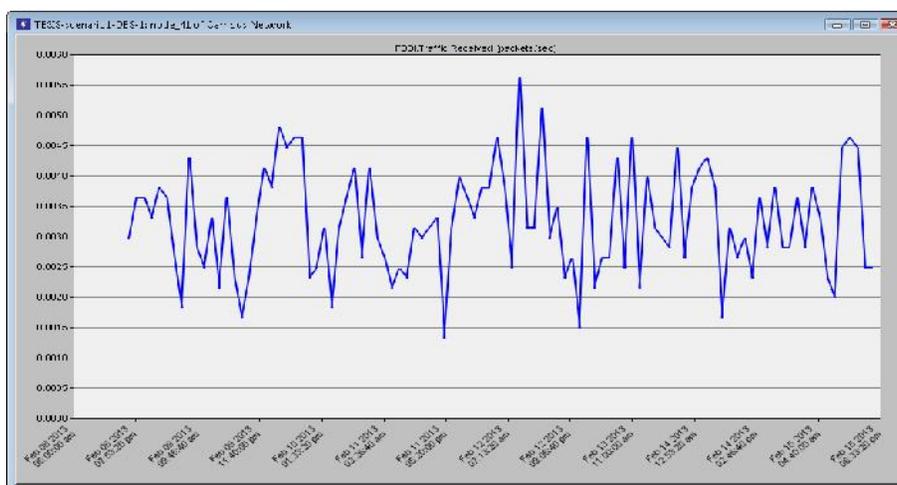
<sup>165</sup> Fuente: Autores de la Investigación

La estadística que muestra la figura 3.47 se encuentra dentro del rango de tráfico de paquetes que nos indica la red FTTH GPON, dando así a un pico no más de los 34 paquetes perdidos, y un mínimo de 8 por la simulación correspondiente a una semana.



**Figura 3.47:** Total de paquetes perdidos correspondientes a una semana <sup>166</sup>

Los paquetes por segundo se encuentran dentro del rango de 0.0013 a 0.0057 milisegundos, donde no existe mayor pérdida de paquetes en más de un segundo, estos resultados se observan en la figura 3.48.



**Figura 3.48:** Paquetes perdidos por segundo <sup>167</sup>

<sup>166</sup> Fuente: Autores de la Investigación

<sup>167</sup> Fuente: Autores de la Investigación

## CAPÍTULO IV ANÁLISIS ECONÓMICO

### 4.1 SERVICIOS DE CONECTIVIDAD EN EL ECUADOR<sup>168</sup>

Antes de empezar este capítulo correspondiente al Análisis Económico se tomará en cuenta algunos aspectos importantes referente al sector de las Telecomunicaciones, los mismos que se encuentran dirigidos por entidades que velan por la parte regulatoria dando control y monitoreo de los servicios que otorgan, como son servicio Portador, Valor Agregado, Telefonía, TV por cable entre otros los mismos que serán explicados. A continuación tenemos:

El **Consejo Nacional de Telecomunicaciones** o CONATEL, fue creado como el ente que administra y regula al sector en el país, la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones o SENATEL, se establece como la encargada de la ejecución e implementación de las políticas del sector de las telecomunicaciones.

La **Superintendencia de Telecomunicaciones** o SUPTTEL creado como el organismo que controla y monitorea el espectro radioeléctrico, es además la encargada de la supervisión y control de las operadoras a nivel nacional y de gestionar las denuncias de los usuarios.

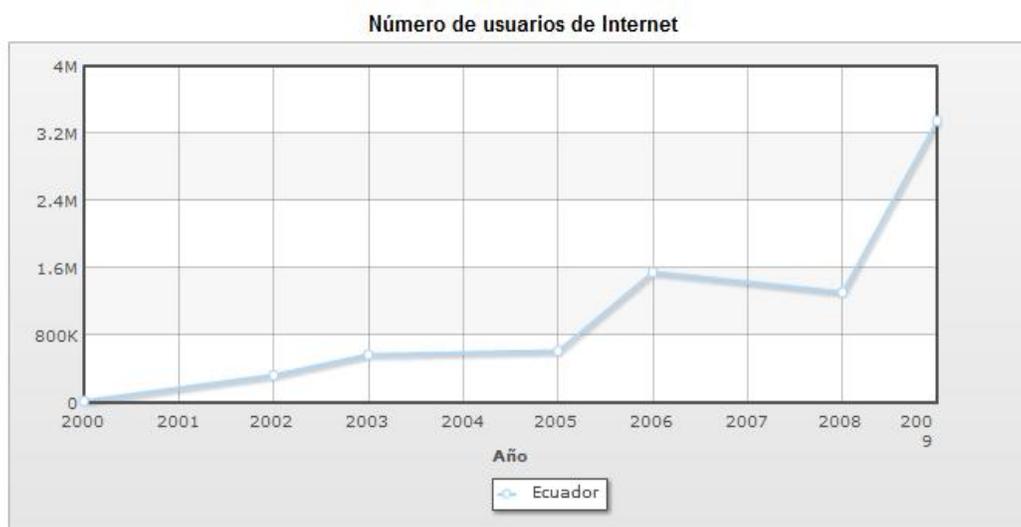


Figura 4.1: Nuevas herramientas de Internet<sup>169</sup>

<sup>168</sup> <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2072/1/CD-2875.pdf>

#### 4.1.1 SERVICIOS DE VALOR AGREGADO INTERNET

Se define al servicio de valor agregado como aquel que utiliza servicios finales de telecomunicaciones e incorpora aplicaciones que permiten transformar el contenido de la información transmitida. En la actualidad nuestro país presenta una tendencia creciente de la demanda de acceso de Internet que se ha incrementado; es decir una penetración del 441%. En la figura 4.2 se muestra el crecimiento en los últimos 10 años.



**Figura 4.2:** Usuarios de Internet a Nivel Nacional<sup>170</sup>

#### 4.1.2 SERVICIOS DE TELEVISIÓN POR CABLE

El servicio de televisión por cable se refiere a la transmisión de señales de audio, video y datos a través de un cable físico destinado a cierto grupo particular de suscriptores que cuentan con los equipos receptores de estas señales. De acuerdo a datos estadísticos de la SUPERTEL se tiene que la penetración del servicio de televisión por cable se ha incrementado en 567% en usuarios y un 350% enlaces. En la figura 4.3 se muestra el crecimiento del servicio de portadores a nivel nacional, correspondiente al año 2012 en el periodo del 7 al 10 de diciembre.

<sup>169</sup> Fuente: <http://www.slideshare.net/agenciavertice/ecuador-en-internet-a-diciembre-2011>

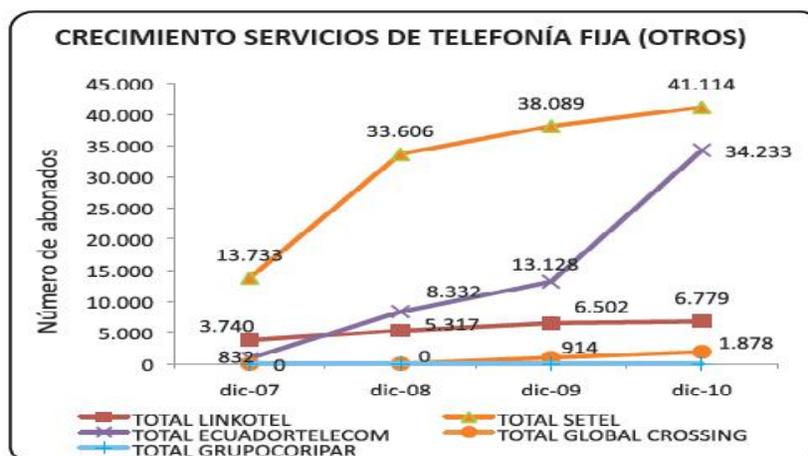
<sup>170</sup> Fuente: <http://www.slideshare.net/gonzalomoreano/201112-mercadointernetecuador2011>



**Figura 4.3:** Crecimiento de Servicios Portadores<sup>171</sup>

#### 4.1.3 SERVICIOS DE TELEFONÍA FIJA

En nuestro país actualmente se presta el servicio de telefonía fija a través de varias operadoras a nivel nacional, en la provincia de Pichincha opera con Linkotel, Etapatelecom, Setel, CNT. La figura 4.4, representa el avance de telefonía fija en el periodo del 7 al 10 de diciembre del 2012.



**Figura 4.4:** Operadoras del servicio de telefonía fija<sup>172</sup>

<sup>171</sup> Fuente: [http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista9\\_supertel.pdf](http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista9_supertel.pdf)

<sup>172</sup> Fuente: [http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista9\\_supertel.pdf](http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista9_supertel.pdf)

#### **4.1.4 EMPRESAS QUE OFRECEN SERVICIOS DE INTERNET, TELEVISIÓN Y TELEFONÍA FIJA EN LA CIUDAD DE QUITO**

Las empresas que ofrecen actualmente servicios de valor agregado Internet, televisión por cable y telefonía fija con tecnología GPON en la ciudad de Quito son:

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

## **4.2 ANÁLISIS DE MERCADO**

Teniendo en cuenta los requerimientos de comunicación, la infraestructura de la que disponen y el valor que estarían dispuestos a pagar, se divide al sector de Cumbayá en tres sectores: comercial, educativo y residencial.<sup>173</sup>

### **4.2.1 TAMAÑO DEL MERCADO<sup>174</sup>**

Se escogió para el diseño la zona residencial, de la cual se decidió tomar el número total de habitantes dando un total de 512, los datos se obtuvieron de de la información publicada en la página del Municipio del DMQ<sup>175</sup>.

Se contabilizaron todos los centros educativos y comercios registrados en la Superintendencia de Compañías ubicados en este sector determinando que 30 son establecimientos comerciales, 42 educativos y un número aproximado de 440 hogares.

---

<sup>173</sup> <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2072/1/CD-2875.pdf>

<sup>174</sup> <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2072/1/CD-2875.pdf>

<sup>175</sup> Anexo A: Información Catastro del Distrito Metropolitano de Quito Fuente: <http://www.patronato.quito.gob.ec/enlaces-de-interes/17-municipio-de-quito.html>

#### 4.2.2 CÁLCULO DE LA MUESTRA

Se utilizó el método de Muestreo Aleatorio Estratificado apropiado cuando es necesario clasificar la muestra en relación a estratos o categorías que se presentan en la población.

Para determinar el tamaño de la muestra, se emplean como valores de cálculo el número total y una relación entre la varianza de la muestra y el error esperado. Para el total de 512 habitantes del sector de Cumbayá, y teniendo en cuenta que se desea tener una información adecuada, con error estándar menor a 0.01 al 95% de confiabilidad, resulta un total de 440 encuestas; pero el utilizar este tipo de muestreo implica el cálculo de la fracción del estrato para tomar una muestra similar en cada uno de los sectores, la fracción del estrato será 0.1029. El número total de encuestas realizadas se menciona en la tabla 4.1; debido al tamaño de la población del sector de Cumbayá se consideró necesario el realizar las encuestas a la totalidad del segmento, con esto se espera tener datos más reales sobre sus requerimientos.

SEGMENTO	RESIDENCIAL	COMERCIAL	EDUCATIVO
POBLACION	440	30	42
MUESTRA	200	10	20

**Tabla 4.1:** Número de encuestas a realizarse en el sector de Cumbayá<sup>176</sup>



**Figura 4.5:** Estadísticas de las encuestas realizadas<sup>177</sup>

<sup>176</sup> Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2072/1/CD-2875.pdf>

<sup>177</sup> Fuente: Autores de la investigación

La figura 4.4. muestra el diagrama de pastel con los porcentajes de encuestas del sector de Cumbayá.

#### 4.2.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

De acuerdo con las encuestas<sup>178</sup> realizadas, se determinó el porcentaje de aceptación del paquete de multiservicios, obteniendo los siguientes resultados:

Para el segmento residencial se tiene un porcentaje de aceptación del 88%. Para los segmentos comercial y educativo se trató de realizar la encuesta a la persona encargada quien muy favorablemente aceptó. Con respecto a la aceptación del paquete por parte del sector comercial, las encuestas indican un porcentaje del 52%, en tanto que para el sector educativo el porcentaje de aceptación es del 62%. A continuación en la tabla 4.2, se muestra los resultados obtenidos mediante las encuestas y en las figuras 4.5 y 4.6 reflejan gráficamente el nivel de aceptación de los encuestados.<sup>179</sup>

MULTISERVICIOS	RESIDENCIAL	COMERCIAL	EDUCATIVO	TOTAL
SI	220	80	86	386
NO	50	20	16	130

**Tabla 4.2:** Resumen los resultados obtenidos de las encuestas<sup>180</sup>

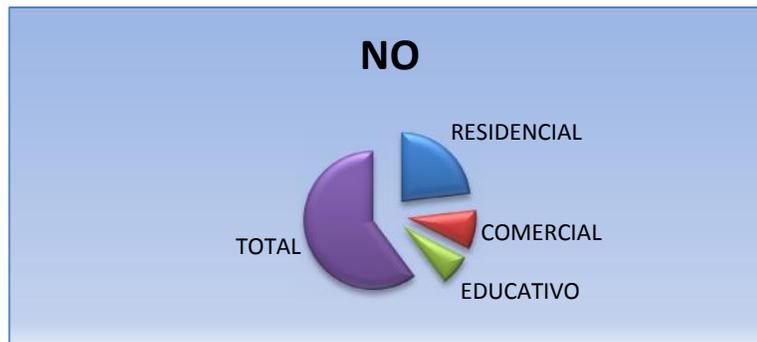


**Figura 4.6:** Muestra los resultados obtenidos de aceptación de multiservicios<sup>181</sup>

<sup>178</sup> Anexo B: Formato de Encuestas

<sup>179</sup> <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2072/1/CD-2875.pdf>

<sup>180</sup> Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2072/1/CD-2875.pdf>



**Figura 4.7:** Muestra los resultados obtenidos de aceptación de multiservicios<sup>182</sup>

## 4.3 ANÁLISIS DE COSTOS

### 4.3.1 COSTOS DE INFRAESTRUCTURA DE LA RED GPON

En la red de acceso planteada, se contrastarán los requerimientos de los equipos y las características que ofrecen las diferentes marcas, aunque el precio de los equipos también hubiera sido un aspecto importante a considerar, pero para el presente estudio no ha sido factible obtener precios oficiales, especialmente por políticas de las diferentes empresas proveedoras de equipos de fibra óptica, por lo que para el análisis de los costos se emplearán valores referenciales.<sup>183</sup>

Para la selección de los equipos, se han tomado como referencia a conocidas empresas que ofrecen soluciones para FTTH, como son Cisco, Tellion y otras marcas como Telnet, Altala, LSCable y Trednet. En la tabla 4.3 se observa una comparación de precios entre los proveedores más reconocidos en equipos para redes GPON.

<sup>181</sup> Fuente: Autores de la investigación

<sup>182</sup> Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2072/1/CD-2875.pdf>

<sup>183</sup> <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2072/1/CD-2875.pdf>

CUADRO COMPARATIVO DE EQUIPOS PARA LA RED GPON			
EQUIPOS	PROVEEDOR 1	PROVEEDOR 2	PROVEEDOR 3
OLT EP 3116	Alltopic	Tellion	Telnet
19 Inch Rack Mountable Pizza Box,IPv4/IPv6 Dual Mode Supported L3 Switch,Customer Side: 8 PON Link/Card, Max 2 Cards, Network Side: 4x1000Base-X, Dimension: 483mm[19"](W) x 275mm(D) x 2RU(H)	\$5436 + IVA	\$5277 + IVA	\$5540 + IVA
SPLITTER 1X8 PLC SC	Altala	LSCable	Telnet
Un solo modo 1 x N Splitter tiene una entrada portuarias y puertos de salida para dividir una señal óptica, No hay necesidad de manejar o módulo divisor de fibra óptica porque todos los componentes están dentro del marco, Incluye un divisor en el interior del rack. (4 canales, 8 canales, 16 canales, 32CH disponible)	\$46,64 + IVA	\$44.85 + IVA	\$47,64 + IVA
ONT EP3204	Alltopic	Tellion	Telnet
Desktop type terminal, LAN Side: 4-port 100Base-Tx,WAN Side: E-PON Link,L2 Based QoS processor (Switch) Embedded,Dimension: 179mm(W) x 134mm(D) x 40mm(H)	\$82,63 + IVA	\$76,51+IVA	\$81,10 + IVA
MODEM WIRELESS INTERNET HN4404 AP	Cisco	Tellion	Trendnet
802.11b/g/n Based Home Gateway,Switching capabilities: 6 x 6 FE,LAN Side: 2x2 RF, 4 x RJ 45(100Base-Tx),WAN Side: 100Base-Tx,Dimension: 165mm(W) x 53mm(D) x 200mm(H)	-	\$30,00 + IVA	-
Costo de la FibraOptica	Precio (m)	Costos	
Tendido de la fibra óptica realizado por Telconet, incluye Sujeción a postes y manguera	\$ 1,20	\$37325	

**Tabla 4.3:** Cuadro comparativo entre proveedores<sup>184</sup>

### 4.3.2 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA EN EQUIPOS

Se realizó un estudio comparativo entre los equipos ofrecidos por las diferentes marcas, determinando los más adecuados para la red de acceso:

CUADRO DE EQUIPOS SELECCIONADOS PARA LA RED GPON			
EQUIPO	DETALLE	EMPRESA	COSTO
OLT EP3116	19 Inch Rack Mountable Pizza Box,IPv4/IPv6 Dual Mode Supported L3 Switch,Customer Side: 8 PON Link/Card, Max 2 Cards,Network Side: 4x1000Base-X,Dimension: 483mm[19"](W) x 275mm(D) x 2RU(H)	TELLION	\$5910,24
ONT EP3204	Desktop type terminal, LAN Side: 4-port 100Base-Tx,WAN Side: E-PON Link,L2 Based QoS processor (Switch) Embedded,Dimension: 179mm(W) x 134mm(D) x 40mm(H)	TELLION	\$85,69

<sup>184</sup> Fuente: Autores de la investigación

SPLITTER 1X8 PLC SC	Un solo modo 1 x N Splitter tiene una entrada portuarias y puertos de salida para dividir una señal óptica, No hay necesidad de manejar o módulo divisor de fibra óptica porque todos los componentes están dentro del marco, Incluye un divisor en el interior del rack. (4 canales, 8 canales, 16 canales, 32CH disponible)	LSCABLE	\$50,23
MODEM WIRELESS INTERNET HN4404 AP	802.11b/g/n Based Home Gateway,Switching capabilities: 6 x 6 FE,LAN Side: 2x2 RF, 4 x RJ 45(100Base-Tx),WAN Side: 100Base-Tx,Dimension: 165mm(W) x 53mm(D) x 200mm(H)	TELLION	\$33,60
IMPLEMENTACION DE LA FIBRA	Se va a usar Fibra 2 hilos ADSS G.652puesto que permiten gran ancho de banda en redes de larga distancia las misma será instalada por Telconet desde el nodo hasta el sector elegido, incluye manguera y sujeción a postes.	TELCONET	\$37325

**Tabla 4.4:** Cuadro de Equipos para la Red GPON<sup>185</sup>

- La OLT será de la marca Tellion<sup>186</sup>, ya que proporciona un mejor sistema tanto de administración como de mantenimiento y ofrece mayores prestaciones en caso de ampliar la gama de servicios.
- Los splitters serán de la marca LSCable 1X8<sup>187</sup>, éstos splitters se ajustan a las características necesarias como es el tipo de conector y además presentan pérdidas ligeramente menores a la otra<sup>188</sup> marca analizada.
- Se considera como proveedor de los equipos ONU a la empresa Tellion que puede administrar hasta 64 usuarios en el mismo equipo característica que otras marcas no poseen.
- Por último el módem wireless<sup>189</sup> Internet de la marca Tellion es el adecuado para ubicar en el hogar del usuario, ya que son compatibles con los equipos del nodo y tienen mayores prestaciones en cuanto a los servicios que pueden ofrecer.
- Los costos de los equipos indicados en el presente capítulo, son referenciales y tiene una vigencia de 30 días, si bien estos datos nos

<sup>185</sup> Fuente: Autores de la investigación

<sup>186</sup> Anexo C: Datasheet.

<sup>187</sup> Anexo D: Datasheet

<sup>188</sup> Anexo E: Datasheet

<sup>189</sup> Anexo F: Datasheet

permiten conocer el costo de una posible implementación los mismos pueden variar de acuerdo a las variables del mercado.

### 4.3.3 COSTOS DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

En esta etapa del proyecto se establecen los parámetros referenciales en cuanto a los costos de los materiales, permisos, gastos y mano de obra los cuales se indican en la tabla 4.5. Esto precios son referenciales y si bien nos permiten conocer el costo de una posible implementación los mismos pueden variar de acuerdo a la oferta y demanda del mercado.

<b>COSTOS DE MATERIALES RED GPON</b>			
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
OLT EP3116	1 u	\$5910,24	\$5910,24
ONT EP3204	256 u	\$85,69	\$21936,64
Splitter 1X8 PLC SC	37 u	\$50,23	\$1858,51
Modem Wireless Internet HN4404 AP	256 u	\$33,6	\$8601,6
Instalación red de fibra óptica	3550 m	\$0,5	\$1775
Acometidas de fibra óptica	256 u	\$50	\$12800
Fibra Óptica 48 hilos red principal	3550 m	\$1,5	\$5325
Fibra Óptica 2 hilos clientes	64000 m	\$0,5	\$32000
Herrajes tipo A	25 u	\$4,93	\$123,25
Herrajes tipo b	60 u	\$5,3	\$318
Grilletes	50 u	\$1,25	\$62,5
Cajas BMX	36 u	\$51	\$1836
Amarras plásticas 10 cm	u00 u	\$0,39	\$117
Amarras plásticas 25 cm	500 u	\$2,76	\$1380
Repuestos de estilete	20 u	\$5	\$100
Types	25 u	\$0,4	\$10
Tubos de fusión	473 u	\$1	\$473
ODF 48 hilos	2 u	\$35	\$70
Patchcord de fibra SC	268 u	\$3,61	\$967,48
Cinta Ericban	100 m	\$37	\$3700
Candados	50 u	\$0,75	\$37,5
Canaletas de 13 x 7 cm	500 u	\$1,71	\$855
Paquetes de cinta doble fast	10 u	\$10,9	\$109
Caseteras	40 u	\$12	\$480
Dúplex de fibra	152 u	\$\$0,89	\$135,28
<b>TOTAL</b>			<b>88181</b>

<b>Permisos para la Red GPON</b>			
<b>Alquiler de postes EEQ</b>	85	\$10,5	\$892,5
<b>Gastos de permisos de funcionamiento</b>	-	\$3100	\$ 3100
<b>Gastos de configuración de equipos</b>	-	\$7300	\$ 7300
<b>Gastos de Prueba de la red pasiva</b>	-	\$5000	\$ 5000
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 16292,5</b>
<b>Mano de Obra</b>			
<b>Personal de instalación</b>	1 día	\$ 20	\$20
<b>TOTAL DE LA INVERSION</b>			<b>\$ 104473,5</b>

**Tabla 4.5:** Cuadro de Equipos para la Red GPON<sup>190</sup>

---

<sup>190</sup> Fuente: Autores de la investigación

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Se analizó la factibilidad del área técnica y diseño para una red FTTH que está basada en tecnología GPON que se ha convertido en las mejores opciones para redes de acceso, dando solución a la constante congestión que sufren las redes actuales y, además, habrá la posibilidad de ofrecer nuevos servicios a los clientes a parte de los que ya se han visto, tan solo requieren un gran alto ancho de banda permitiendo brindar un servicio con escalabilidad, disponibilidad y estándares de calidad.
- Para los usuarios es indiferente la infraestructura, lo que requieren son mejores precios con una mayor calidad. Al brindar FTTH con tecnología GPON permite que el usuario pueda recibir varios servicios sobre una misma plataforma sin necesidad de instalar varios equipos los mismos que para este diseño fueron seleccionados basándose en aspectos técnicos como financieros, pero en este caso se prefirió adquirirlos con un sola casa fabricante y que cumplan con los requisitos necesarios para la instalación de la red, lo cual genera ahorro en costos de instalación y que se trabaje con un solo proveedor.
- La simulación respalda la propuesta que se planteo para lo cual se creó una red FTTH GPON tomando en cuenta los elementos activos y pasivos que conlleva la misma. A partir de la creación de esta red se pudo ver el funcionamiento de la nueva red el paso del tráfico que parte de la OLT hacia el splitter el cual maneja el ancho de banda tanto de subida como de bajada para luego distribuirlo a los ONUs que se une al equipo final ubicado en la casa del cliente. Se utilizó el programa de simulación y modelamiento de redes OPNET versión 14.5 su uso es recomendado ya que es uno de pocos más completos y que hacen simulaciones de redes de fibra.

- Al evaluar las condiciones y el ambiente para la red propuesta dentro de un área de 5 Km tomando como referencia una urbanización que está conformada de 300 a 440 viviendas en el sector de Cumbayá se concluye que se puede trabajar con redes de fibra óptica utilizando la misma canalización con la redes de tendido eléctrico convirtiéndose en un ahorro al mismo tiempo también permite llegar con última milla en este caso FTTH GPON a la urbanización, esto significa que la propuesta es viable tanto en la parte técnica y financiera como se menciona en los capítulos 3 y 4.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una implementación ya que con la introducción de nuevas tecnologías se vuelve necesario implementar redes con fibra óptica usando tecnología GPON ya que los costos son muchos más bajos que otras redes de acceso además la calidad de servicio que brinda esta nueva tecnología es superior.
- Se recomienda adquirir los equipos con una sola casa fabricante, ya que la interoperabilidad entre ellos aun no está muy difundida. Solo ciertos fabricantes la aseguran, otros no y sobre todo que sean equipos fáciles de ser homologados en la Supertel, ya que existe la posibilidad que si no tiene el certificado del equipo de parte de los organismos internacionales reconocidos para la homologación de equipos como se menciona en el Artículo 26<sup>191</sup> de la Supertel, el mismo no podrá ser homologado impidiendo que se pueda poner en producción la red.
- Es recomendable para la red de comunicaciones ser utilizada en urbanizaciones o conjuntos habitacionales por el mismo hecho de utilizar los recursos como la compartición de la red eléctrica y la red de tendido de fibra por la misma canalización quedando como beneficio la reducción de costos de inversión en instalación y mantenimiento de la red.

---

<sup>191</sup> Anexo G: Reglamento para homologación de equipos

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### LIBROS Y MANUALES:

- [L1] Mukherjee, Biswanath, Optical networking & WDM, 2006, XLIV, 956 p. 353 illus.
- [L2] Prat, Josep (Ed.), Next Generation FTTH Passive Optical Network, 2008, XLII, 190 p.
- [L3] Portocarrero, Marissa, GPON, marzo 2009.
- [L4] Sotomayor, Arturo, Manual de Diseño e Inspección de Redes FFTX – PON, mayo 2009.
- [L5] Dussaubat, Sergio, Implementación de Redes FTTH, noviembre 2008.

### RECOMENDACIONES ITU

- [R1] ITU–T Estándar G.984.1: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales, <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/es>
- [R2] ITU–T Estándar G.984.2: Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos, <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.2/es>
- [R3] ITU–T Estándar G.984.3: Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa de convergencia de transmisión, <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.3/es>
- [R4] ITU–T Estándar G.984.4: Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la interfaz de control y gestión de la terminación de red óptica, <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.4/es>
- [R5] ITU–T Estándar G.984.5: Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Banda de ampliación, <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.5/es>

**PÁGINAS WEB:**

[1] AVALOS Pedro, Estructura y funcionamiento de una red PON, documento digital disponible en:

<http://es.scribd.com/doc/46041461/GPON>

[2] FIBER TO THE BUSINESS – FTTB, documento digital disponible en:

<http://www.simbanet.co.tz/products-services/data-internet/fttb>

[3] GUADALINFO.ES – Qué es IPTV, documento digital disponible en:

[http://www.edukanda.es/mediatecaweb/data/zip/1303/page\\_04.htm](http://www.edukanda.es/mediatecaweb/data/zip/1303/page_04.htm)

[4] IMAGINAR.ORG – Integracion\_NGN, documento digital disponible en:

[http://www.imaginar.org/ngn/manuales/Integracion\\_NGN.pdf](http://www.imaginar.org/ngn/manuales/Integracion_NGN.pdf)

[5] INFORMATICAHOY – Que es VOIP, documento digital disponible en:

<http://www.informatica-hoy.com.ar/voz-ip-voip/Que-es-VOIP.php>

[6] SCHMIDBERG Eduardo, MetroEthernet, documento digital disponible

en: <http://www.ieee.org.ar/downloads/metroethernet.pdf>

[7] FUENTES Alfredo y MARTINEZ Marco, Redes GPON, documento digital disponible en:

[http://www.slideshare.net/quinho\\_martinez/tecnologa-gpon](http://www.slideshare.net/quinho_martinez/tecnologa-gpon)

[8] TODOTECNOLOGIA.NET, Tecnología de redes PON (APON, BPON, GPON, GEAPON, EPON), documento digital disponible en:

<http://www.todotecnologia.net/tecnologia-de-redes-pon-apon-bpon-gpon-gepon-epon.htm>

[9] HUAWEI TECHNOLOGIES, GPON–Fundamentals, documento digital disponible en:

[http://www.slideshare.net/mansoor\\_gr8/gpon-fundamentals](http://www.slideshare.net/mansoor_gr8/gpon-fundamentals)

[10] WIKITEL, UA-Redes PON GPON derivados, documento digital disponible en:

[http://wikitel.info/wiki/UA-Redes\\_PON\\_GPON\\_derivados](http://wikitel.info/wiki/UA-Redes_PON_GPON_derivados)

[11] SALIHOVIC Aida, Gigabit Passive Optical Network, documento digital disponible en:

<http://es.scribd.com/doc/97190804/12-GPON-InformationTechnology-Interfaces-2007-ITI-2007-29th-International-Conference-On>

[12] GORSHE Steve, Introduction to Passive Optical Networks (PON), documento digital disponible en:

<http://es.scribd.com/doc/71542648/33/GPON-Encapsulation-Method-GEM>

[13] TELNET, Curso de Fibra Óptica-Conceptos Básicos, documento digital disponible en:

<http://www.scribd.com/doc/52927655/CursoFO-1-Conceptos>

[14] OPTRAL, Conectores para fibra óptica, documento digital disponible en:

<http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/optral/cap2/fibra-7.htm>

[15] SUPERTEL, Revista09\_Supertel, documento digital disponible en:

[http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista9\\_supertel.pdf](http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista9_supertel.pdf)

[16] Ramón Jesús, GPON (Gigabit Passive Optical Network), Publicado en BIT n° 166, COIT & AEIT, 2007, documento digital disponible en:

<http://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php>

[17] Lattanzi Miguel, Redes FTTX (Conceptos y Aplicaciones), documento digital disponible en:

<http://es.scribd.com/doc/52110212/TUTORIAL-9-Lattanzi-y-Graf-IEEE>

## PROYECTOS DE TITULACIÓN

[T1] Quishpe Alejandra, Vinueza, Nuvia, “Estudio de factibilidad de una red de acceso para servicios triple play en el sector central de la ciudad de Ibarra, mediante la combinación de las tecnologías FTTX (FIBER TO THE X)”. Mayo 2010, documento digital disponible en:

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2072/1/CD-2875.pdf>

[T2] Pabón Diana Patricia, Taco, “Diseño de una red de acceso GPON para proveer servicios Triple Play (TV, Internet y Telefonía) en el sector de la Carolina a través de la red del grupo TvCable”. Enero 2009, documento digital disponible en:

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2072/1/CD-2875.pdf>

[T3] Gómez Bruno, Nieves William, Pedroza Leonardo, “Gigabit Passive Optical Network (GPON)”, Septiembre 2010, Caracas, documento digital disponible en:

<http://es.scribd.com/doc/43775815/REDES-GPON>

# ANEXOS

## ANEXO A: CATASTRO DEL DMQ

Parroquias suburbanas	Población 2001	Tasa de crecimiento anual (1990-2001)
Calderón	84 873	7,72
Checa	7 397	5,97
El Quinche	12 919	5,87
Yaruquí	13 774	5,47
Guayllabamba	12 227	5,43
Conocoto	52 908	5,42
Puembo	10 927	5,23
Tumbaco	38.554	5,14
Cumbayá	21.108	4,85
Nayón	9 666	4,70
La Merced	6 163	4,56
Pifo	12.388	4,25
San Antonio de Pichincha	19 862	4,23
Alangasí	17 248	4,04
Pomasqui	20 520	3,65
Amaguaña	23 568	3,09
Llano Chico	6 141	3,06
Guangopolo	2 278	2,82
Tababela	2 300	2,21
Pintag	14 461	2,10
Zámbiza	2 834	1,91
Nono	1 753	1,69
Perucho	750	1,08
Pacto	4 806	0,80
Nanegalito	2 462	0,77
Llota	1 428	0,46
Puéllaro	5 693	0,34
Calacalí	3 631	0,32
Gualea	2 123	0,19
San José de Minas	7 511	-0,07
Chavezpampa	864	-0,66
Atahualpa	1 865	-0,88
Nanegal	2 504	-1,46

Parroquias de Quito	Población 2001	Tasa de crecimiento anual (1990-2001)
Turubamba	31 737	13,39
Qurtumbe	39 566	12,76
El Condado	56 049	10,28
La Ecuatoriana	41 921	9,43
Guamaní	35 983	9,05
San Isidro del Inca	30.218	8,35
Puengasí	48.160	7,97
Chillogallo	41.934	6,57
Comité del Pueblo	39.201	5,19
Carcelén	39.295	4,85
La Mena	36 463	4,59
Cochapamba	44 999	4,46
La Argelia	46 792	4,18
Solanda	78 248	3,43
Ponceano	52 257	2,18
Cotacollao	32 422	1,23
San Bartolo	60 418	1,13
Chitibulo	46 954	0,96
Jipijapa	34 844	0,83
Iñaquito	44 072	0,76
Rumipamba	31 136	0,74
Kennedy	70 333	0,40
Belisario Quevedo	46 725	0,03
La Ferroviaria	65 383	0,02
La Magdalena	32 184	-0,70
Concepción	37 001	-0,86
La Libertad	29 320	-0,94
San Juan	60 157	-0,99
Chimbacalle	44 600	-1,15
Centro Histórico	50 839	-1,24
Mariscal Sucre	16 206	-1,35
Itchimba	34 534	-1,94

Fuente: Censo INEC 1990 y 2001

**Tabla A.1:** Efectivos de la población de las parroquias del Distrito Metropolitano de Quito.<sup>192</sup>

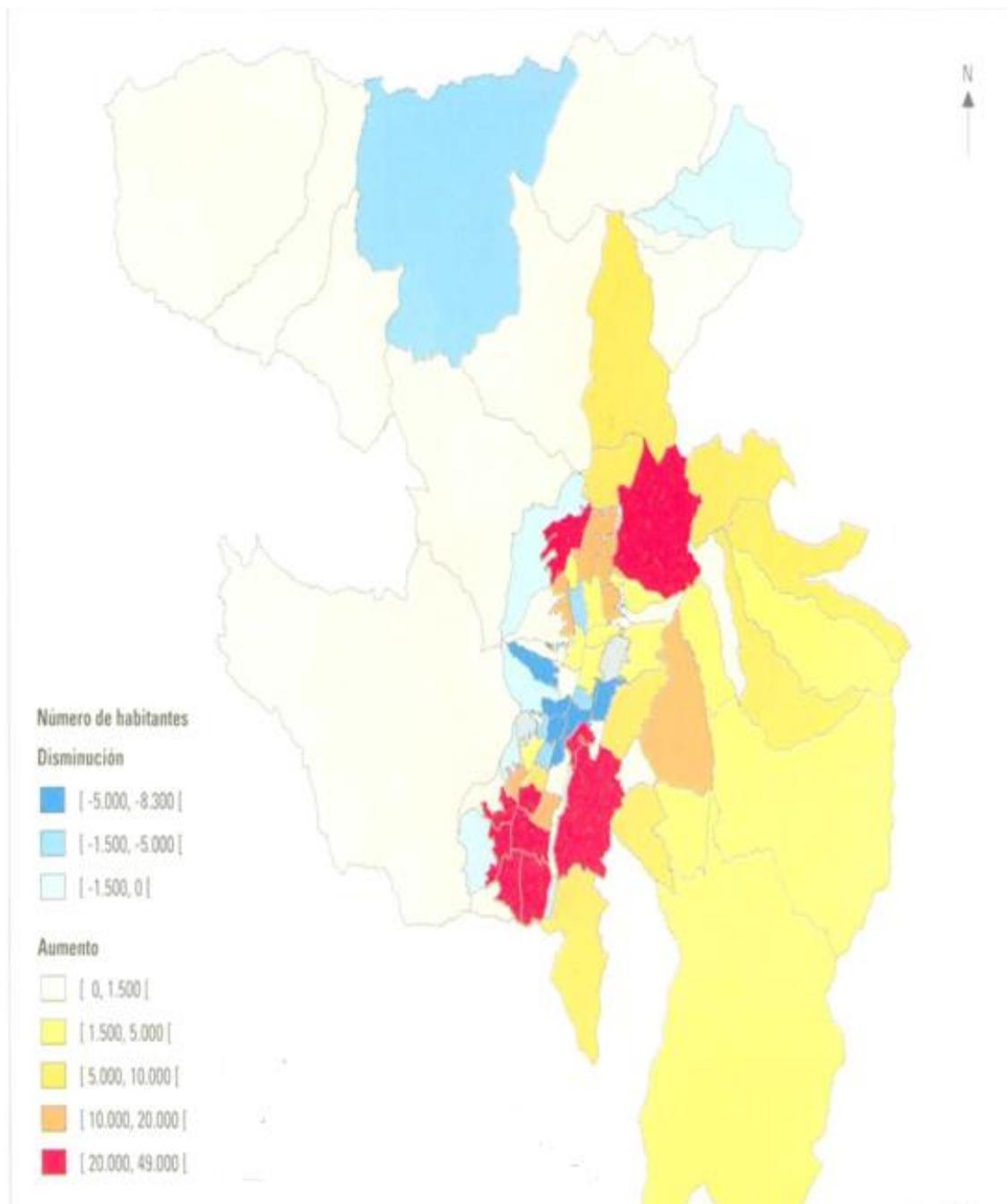
<sup>192</sup> Fuente: <http://www.cridlac.org/digitalizacion/pdf/spa/doc16543/doc16543.htm>

Variables utilizadas para la investigación	Personas consideradas	Metodología de obtención de los datos*	Lógica de valoración
<b>Lugares de concentración de población</b>			
Hospitales y clínicas	Pacientes internos, de consulta externa, visitantes personal médico y administrativo	Base de datos de la Dirección Metropolitana de Territorio y Vivienda, Entrevistas en los diferentes establecimientos de salud	Cantidad de personas en las horas de mayor afluencia de pacientes de consulta externa y de vistas a los pacientes
Escuelas y colegios	Alumnos, profesores, directores	Base de datos «educación» de la Dirección Metropolitana de Territorio y Vivienda (1998)	Número de alumnos y profesores durante la mañana
Universidades	Estudiantes, profesores personal administrativo, visitantes en las bibliotecas	Base de datos de la Dirección Metropolitana de Territorio y Vivienda (1998); entrevistas en las principales universidades	Personas que se concentran en las universidades en las horas pico
Mercados	Feriantes, compradores	Datos de la Dirección de Mercados (2000), de la Dirección Metropolitana de Territorio y Vivienda, estudio de la Empresa del Centro Histórico sobre la reorganización de los mercados del CHQ, Censos	Personas que se concentran en los mercados en las horas pico
Centros comerciales	Compradores visitantes personal	Entrevistas a la administración de los principales centros comerciales	Número de personas por hora que se encuentran en un centro comercial en días regulares
Cuarteles	Conscriptos y personal militar	Entrevistas en varios cuarteles	Personas que se concentran diariamente en los cuarteles
Conventos	Religiosos novicios trabajadores	Datos de la Curia Arzobispal Metropolitana, entrevistas telefónicas, entrevista en la Cancillería Arzobispal	Personas que se concentran diariamente en los conventos
Cárceles	Prisioneros, personal administrativo y de vigilancia	Entrevistas en la Dirección Nacional de Prisiones, la Cárcel de Mujeres y el Penal García Moreno	Número de personas que se concentran durante el día
Parques y plazas	Personas que se encuentran en los parques y plazas	Censos en diferentes plazas y parques. Entrevistas a personas que viven cerca de los parques y plazas más concurridos de la ciudad	Promedio de personas que transitan y se reúnen diariamente (en la semana) en las horas pico
Lugares de espera de transporte colectivo público	Personas que se concentran para tomar el transporte colectivo público	Censos realizados en los principales lugares de espera	Promedio de personas contabilizadas entre las 12 y 14 00 horas
Aeropuerto	Pasajeros, familiares y amigos que los despiden, personal	Entrevista telefónica con la Jefatura del Aeropuerto Mariscal Sucre	Promedio de personas presentes durante las horas pico del aeropuerto
<b>Lugares de empleo</b>			
Principales empresas	Personal de las empresas	Base de datos del IESS (1999) Encuesta en 83 empresas para evaluar la proporción de empleados que trabaja en la oficina administrativa	Personas que trabajan durante el día en las empresas
Administraciones públicas	Personal de las instituciones públicas	Base de datos del IESS (1999) Encuesta a 11 instituciones públicas para evaluar la proporción de empleados que trabajan realmente en la oficina administrativa, o que trabajan en dependencias	Personas que trabajan durante el día en las instituciones públicas
Pequeños comerciantes, artesanos, productores	Patronos, empleados	Base de datos de la Dirección de Rentas Municipales	Personas que trabajan durante el día en pequeñas empresas
Actividad informal	Vendedores ambulantes	Base de datos de «comercio informal» de la administración Centro del MDNQ (1999)	Población inscrita por asociación y que trabaja durante el día
<b>Hogares</b>			
Amas de casa	Amas de casa	Censo INEC 1990 y proyecciones	Personas consideradas como que permanecen en su casa durante una gran parte del día
Niños no escolarizados	Niños menores a 4 años		
Personas mayores	Personas mayores de 65 años		

\* Salvo indicación contraria los datos corresponden al 2001

**Tabla A.2: Cuadro de actividades generadas en el Distrito Metropolitano de Quito.**<sup>193</sup>

<sup>193</sup> Fuente: <http://www.cridlac.org/digitalizacion/pdf/spa/doc16543/doc16543.htm>



**Figura A.1:** Evolución de la población por parroquias del Distrito Metropolitano de Quito.<sup>194</sup>

<sup>194</sup> Fuente: <http://www.cridlac.org/digitalizacion/pdf/spa/doc16543/doc16543.htm>



Costo del servicio:      Menos de \$10 por mes      \$10 a \$30 por mes  
                                  Mas de \$30 por mes      No gasta

Cuántas Personas utilizan Internet desde su computador en su casa?

Ninguno (no tiene Internet)          Solo yo        
 Dos personas            Tres o más personas     

Cuando utiliza Internet se encuentra con los siguientes Inconvenientes:

Dificultad al conectarse            Descarga lenta de programas        
 Lentitud al abrir páginas            No puede ver videos secuencialmente        
 Recibe E-mail que no quiere            No puede abrir más de una página a la vez        
 Dificultad para ver su correo            Se desconecta sin motivo        
 Requiere de una línea telefónica para conectarse a Internet        
 No hay suficiente ancho de banda para realizar una videoconferencia        
 Otro     

Te gustaría tener una conexión a Internet mucho más rápida en descargas, entretenimiento, consultas, videoconferencias u otros?

Si      
 No   

Si pudieras cambiar o adquirir el servicio de Internet por un paquete que tiene varios servicios a la vez llegando a la comodidad de tu hogar lo harías?

Si      
 No   

Si existiera un plan de multiservicios o Triple Play con un gran ancho de banda y que fácil de adquirir a un bajo costo lo contrataría?

Si      
 No   

Y porque?

---

Comentarios:

---



---

GRACIAS POR SU COLABORACION.....

## ANEXO C: DATASHEET EQUIPO OLT

## E-PON Optical Line Terminal for Cost-Effective FTTP

## Gigabit Ethernet PON for FTTP

## E-PON OLT : EP-3116

## FEATURES

- Non-blocking high-performance switching platform
- Cost effective competitive service providers
- Multi-layer features for all IP applications
- Modular and expandible architecture
- User-friendly management interface
- Robust performance by utilizing OAM such as link monitoring, loopback and fault indication
- Secure network capabilities for protect various attacks through networks

The Tellion's Gigabit Ethernet PON platform for Single Home and MTU/MDU is comprised of the CO-side concentrator, EP-3116, and the customer-side ONT(Optical Network Terminal), EP-3201N/3204N or ONU (Optical Network Unit), EP-32xx Series. The EP-3116 aggregates traffic from max. 16 PON interfaces and 32 ONTs/ONUs per PON to four gigabit Ethernet ports that connect to the back-office gigabit Ethernet switch or router. With the EP-3116, Ethernet over PON can run up to 20Km at the maximum speed up to 1.25Gbps, which proves to be an emerging revenue generation gear for developers and service providers.

The EP-3116, a 'box' type of CO-side optical line terminal, enables a wide variety of deployment options of FTTP from customer's premises to carrier's office. It guarantees competitive access performance beyond 100Mbps bandwidth per subscriber necessary for multi channel high resolution video delivery as well as high speed data and toll quality voice.

The EP-3116 is a carrier-class Ethernet PON equipment that delivers always-on, high-speed internet data and high resolution video services to subscribers through a compact box that simplifies optical distribution network facilities and reduces the total cost of ownership.

The EP-3116 secures a migration path to fiber to the premises for IP-centric services, such as VLAN, multicasting, link aggregation, multi-layer filtering, rate limiting, class of service (CoS) and quality of service (QoS). Robust and open web-based management system provides easily the capabilities necessary for operation, administration, maintenance and provisioning.

The EP-3116 supports 802.1q Tag VLAN, limitation of number of MAC addresses per port, 2 level priority of IEEE802.1p, 802.1ad link aggregation and IP multicasting for more value generation. It also provides multi-layer features beyond L2 for future proof services, IP converged triple play services.



# E-PON : EP-3116

Future-Proof FTTP Solution

## Mechanical Structure and Dimension

19 inch Rack mountable Pizza Box (2RU Height)  
Box Dimension: 483mm[19"](W) x 255mm(D) x 2RU(H)

## Hardware Configuration

Board Dimension: 203mm(W) x 250mm(D)  
Main Switching Unit : Ethernet Switch & CPU Peripherals  
E-PON Line Unit : 8PON per Board, 2Boards per Box  
Power Distribution Unit : 1+1 Redundancy  
Pluggable FAN Unit

## Switching Performance

24GE + 4x10GE

## Interface

IPv4/IPv6 Dual Mode Supported L3 Switch  
Customer Side: 8 PON Link/Card, Max 2 Cards  
Network Side: 4x1000Base-X

## E-PON Functions

IEEE 802.3ah compliant ODN interface  
Wavelength: Up(1310nm)/Down(1490nm)  
Symmetric Transmission Rates: Max 1Gbps  
Splitting Ratio: Max 1:32(1:64 option)  
System Range: Nominally 10Km, Max 20Km  
Security, 128 AES Encryption  
Ranging, Flexible DBA

## Switching Functions

IEEE 802.1d STP, IEEE 802.1w RSTP, MSTP  
IEEE 802.1q VLAN, IEEE 802.3x Flow Control  
IEEE 802.1p Priority, IEEE 802.3ad Link Aggregation  
MAC Address Limiting  
Port based ACL Filtering, Port Redirection / Mirroring  
WRED, SPQ, WRR, WFQ, SPQ+WRR, SPQ+WFQ, DWRR  
NetBEUI, NetBIOS, NBT  
Broadcast/Multicast Storm Control  
Port based ACL Filtering  
Port Redirection / Port Mirroring  
DHCP Server, Snoop & Relay (option 82)  
IGMPv1 v2 v3 (Snoop & Proxy supported)  
PIM-SM  
Static Routing

## OAM Functions

SNMPv1 v2 v3 for embedded agent  
Auto Rebooting  
Auto CLI

## Quality of Service

ACL Function Supported  
Max.8 COS queue/port supported  
WRED Function supported  
SPQ, WRR, WFQ, SPQ+WRR, SPQ+WFQ Function supported

## Filtering

Netbios / Netbeui Packet Filtering Function supported  
DHCP packet filtering Function supported

## Operation, Administration and Maintenance

Craft Interface : RJ-45, RS-232  
EMS supporting Java based GUI and CLI  
Remote Process Monitoring  
System management  
    . Security and Configuration  
Configuration management  
    . Configuration setting  
    . Configuration status retrieval  
    . Software upgrade and download  
    . Default configuration  
Fault management  
    . Automatic alarm and status report/notification  
    . Alarm and event history  
    . LED indication and acoustic alarm  
Performance management  
    . Downlink performance retrieval  
    . Uplink performance retrieval

## Operating System

Embedded Linux

## Power Consumption

90 VAC~250 VAC,50Hz~60Hz or -48+/-10% Vdc

## Environmental Conditions

Temperature : 0°C ~ +50°C, Humidity: 5% ~ 45%

Tellion, Inc.  
8<sup>th</sup> Fl. Leaders Tower,  
60-15, Gasan-Dong, Geumcheon-Gu,  
Seoul, 153-801, Korea  
Tel: +82-70-7730-9300  
Fax: +82-2-2026-7100

For more information, email a message to the corresponding address below:

product@tellion.com for all product inquiries  
partners@tellion.com for all partnership inquiries  
support@tellion.com for customer support inquiries

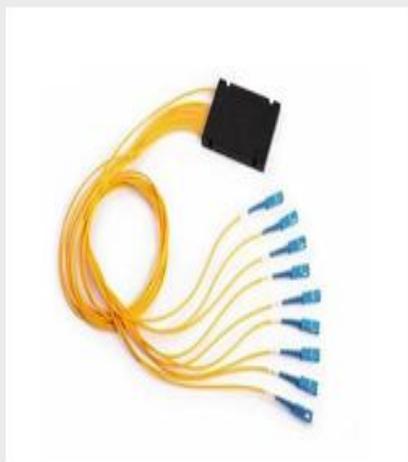
*Tellion is a leading supplier of optical access solutions. Based on the needs of customers, Tellion provides the seamless solutions to converge multiple services and break the last mile barriers. Selected major products are access network equipments capable of providing high-speed internet access effectively via xDSL/FTTL(Fiber in The Loop), IP-based access and multi-service access platform. More information about Tellion can be found on the web at [www.tellion.com](http://www.tellion.com)*

**Tellion**  
[www.tellion.com](http://www.tellion.com)

## ANEXO D: DATASHEET EQUIPO SPLITTER

### 1x8 PLC SC Splitter

FO offer/supply several types of high-quality splitters. 1x8 PLC SC Fiber Optic Splitter is designed for long-term reliability, superior performance, and a wide range of uses in fiber optics including optical transmission, long haul, subscriber loop, and fiber to the home, telecommunications, CATV, test equipment, optical fiber sensors, data communications and wide-area network.



#### Description

1x8 PLC SC Fiber Optic Splitter Planar lightwave circuit (PLC) splitter is a type of optical power management device that is fabricated using silica optical waveguide technology. It features small size, high reliability, wide operating wavelength range and good channel-to-channel uniformity, and is widely used in PON networks to realize optical signal power splitting. YOUXIN provides whole series of 1xN and 2xN splitter products that are tailored for specific applications. All products meet GR-1209-CORE-2001 and GR-1221-CORE-1999 requirements. 1x8 PLC SC Fiber Optic Splitter Features: Good uniformity and low insertion loss Low Polarization Dependent Loss Excellent Environmental Stability Excellent Mechanical Stability Telecordia GR-1221 and GR-1209 Components through TLC-Certified, Conform to YD1117-2001 Item Specification

Operating Wavelength (nm) 1260 ~ 1650 Type 1x2 1x4 1x8 1x16 1x32 2x4 2x8 2x16 2x32 1x64 Insertion Loss (dB) Max. (P/A)\* 3.8/4.1 7.1/7.3 10.5/10.8 13.5/14.0 16.5/17.0 7.8 11 14.5 17.8 20.5 Uniformity (dB) Max.\* 0.6 0.8 1.0 1.5 1.5 1.0 1.5 1.5 2.0 2.5 PDL(dB)Max.\* 0.2 0.2 0.2 0.3 0.3 0.3 0.3 0.4 0.4 0.3 Directivity (dB) Min \* 55 Return Loss (dB) Min \* 55(50) Operating Temperature (°C) -40~ +85 Storage Temperature (°C) -40 ~ +85 Fiber length 1m or custom length Fiber Type FC/LC/SC/ST Connector Type Custom specified Power Handling 300

## ANEXO E: DATASHEET EQUIPO ONT

## Multi-Port Optical Network Terminal for Gigabit Ethernet PON GE-PON ONT EP-3204N

### FEATURES

- Gigabit access device for single home and MTU/MDU user
- User-friendly and cost-effective remote management interface
- High performance L2 switch embedded for 4-port 10/100Base-Tx, enabling to secure quality of services for various applications like IPTV, VoIP, etc.
- Robust performance as utilizing Ethernet OAM for link monitoring, loopback and fault indication with SNMP.
- Secure network capabilities for protect various attacks through networks
- Modular chassis structure for easy assembling resulting in reduction of installation cost

The Tellion's Gigabit Ethernet PON platform for the fiber to the premises is comprised of the Optical Line Terminal (OLT), and the customer-side ONT (Optical Network Terminal), EP-3204N. The EP-3204N aggregates traffic from 4 10/100Mbps Ethernet interfaces into a gigabit Ethernet PON interface that connect to the OLT. EP-3204N is an in-premises gateway device that provides multi-user access services delivered over a PON link connected to an GE-PON OLT. The services delivered from the concentrator are distributed to end users by plugging in-home device by 10/100Mbps Ethernet.

The EP-3204N can be used to deliver cost-effective services to FTTH users due to multi-port access over single fiber core, resulting in reducing capital expenditure and operating expenditure. With the EP-3204N, service providers set service level agreement options securing precise QoS performance parameters.

The EP-3204N secures a migration path to a broadband convergence network terminal for end-to-end Ethernet access. Robust and open web-based management system provides easily the capabilities necessary for operation, administration, maintenance and provisioning.

The EP-3204N secures a migration path to a broadband convergence network terminal for end-to-end Ethernet access. Robust and open web-based management system provides easily the capabilities necessary for operation, administration, maintenance and provisioning.



# Future-Proof FTTP Solution

## GE-PON ONT EP-3204N

### Specifications

#### Gigabit access for single home and MTU/MDU/MHU

The EP-3204N is an in-premises gear for installing at single home or the multi dwelling environments. Also it supports hotel, office, building owners and BLEC (Building Local Exchange Carriers) to deliver gigabit access services for their guests and tenants by single core fiber.

#### Value-added service provisioning options

The EP-3204N supports 802.1q Tag VLAN, limitation of number of MAC addresses per port, IEEE802.1p CoS and IP multicasting, resulting in value added business creation.

#### Robust security options

The EP-3204N is designed for setting security options in an unsecured service environments to blocking ports from sending or receiving traffic until authorized access has been confirmed. EP-3204N can be also protected by using access control lists offered by embedded switch, which can protect its users from unknown device's access, or to control access to external sites using the MAC address.

#### User-friendly management interface

The EP-3204N provides robust performance as utilizing 802.3ah compliant OAM features for link monitoring, loopback and fault indication with SNMP.

#### Mechanical Structure and Dimension

Desk-Top Box:  
179mm(W) x 134(D)mm x 40mm(H)

#### Interface

WAN Port : IEEE802.3ah GE-PON -  
Wavelength : Up/Down: 1310nm/1490nm  
LAN Port : 4 x RJ45

#### GE-PON ONT Functions

IEEE 802.3ah compliant ODN interface  
Wavelength: Up(1310nm)/Down(1490nm)  
Symmetric Transmission Rates: Max 1Gbps  
Splitting Ratio: Max 1:32  
System Range: Nominally 10Km, Max 20Km  
Security, 128 AES Encryption  
Ranging, Flexible DBA  
Dying Gasp H/W Support  
IEEE802.3ah MPCP  
Reach up to 10Km(optional 20Km)  
IEEE802.3ah OAM  
Remote statistics query capability  
Remote configuration: Telnet, HTTP, TFTP, SNMP  
Local configuration: RS-232c

#### L2 Switching

L2 Based QoS processor [Switch] Embedded  
IEEE 802.3x Flow control  
IEEE 802.3p(128KB Queuing with 8 classes)  
IEEE 802.3q(VLAN)  
MAC address filtering  
IGMP snooping

#### Power Consumption

100~240VAC, 50~60Hz, DC 12V/2A

#### Environmental Conditions

Temperature : 0°C ~ +50°C, Max 10~80%Humidity

Tellion, Inc.  
8<sup>th</sup> Fl. Leaders Tower,  
60-15, Gasan-Dong, Geumcheon-Gu,  
Seoul, 153-801, Korea  
Tel: +82-2-2026-7000  
Fax: +82-2-2026-7100

For more information, email a message to the corresponding address below:

product@tellion.com for all product inquiries  
partners@tellion.com for all partnership inquiries  
support@tellion.com for customer support inquiries



Tellion is a leading supplier of optical access solutions. Based on the needs of customers, Tellion provides the seamless solutions to converge multiple services and break the last mile barriers. Selected major products are access network equipments capable of providing high-speed internet access effectively via xDSL/FITL(Fiber in The Loop), IP-based access and multi service access platform. More information about Tellion can be found on the web at [www.tellion.com](http://www.tellion.com)

## ANEXO F: DATASHEET EQUIPO HN – 4404AP

High Performance Home Gateway Integrating Wired & Wireless LAN

## RGW : HN-4404AP

### FEATURES

- All-in-one networking through high-speed Wi-Fi, switching, management and security.
- 802.11n wireless and 4-port Ethernet wire-line convergence on single gateway platform
- Cost-effective architecture based Integrated MAC switch with physical layer and transceiver for 10/100Base-TX
- The wire-speed throughput eliminates bottleneck of Internet access
- Wireless security, encryption, and MAC address filtering
- Auto-MDI/MDIX feature on Ethernet WAN and LAN ports detect and correct cable error.

Tellion's wireless access point, HN-4404AP, incorporates 802.11b/g/n technology to deliver throughput rivaling Fast Ethernet to provide high speed internet services satisfying predictable performance across challenging environments. Advanced MIMO signal processing, frame aggregation, and 40-MHz-wide channels let the HN-4404AP support high bandwidth and real-time wireless applications while maintaining seamless connections for voice, video and data clients.

With the built-in layer 2/3/4 switching architecture, the HN-4404AP provides wire-speed performance for not only layer 2 switching, but also IP and NAT switching. It also provides the wire-line access capabilities for home networking, enabling to offer quadruple pay services like Wi-Fi internet, IPTV, VoIP and High-speed Internet access, and other applications like home automation and room-to-room communications.

The **HN-4404AP** is an all-in-one residential gateway solution, adding 802.11b/g/n functions to wire-line residential gateway in order to provide wireless VoIP application through Wi-Fi Phone as well as QoS guaranteed applications such as IPTV, wire-line VoIP and high-speed Internet access. .



# RGW : HN-4404AP

Future-Proof FTTP Solution

## Mechanical Structure and Dimension

Dimension: 165mm(W) x 53mm(D) x 200mm(H)

## Ethernet Switch & Controller

Switching Capability: 6 x 6 FE

## Interface

LAN Port : 4 x RJ 45(100Base-Tx)

WAN Port : 100Base-Tx

IEEE 802.11b/g/n

## RGW Functions & Software 1

Layer 2 Switching

Hardware-switched NAT for IP protocol

IEEE 802.3x Flow Control

IEEE 802.1q Tagged VLAN

IEEE 802.1p QoS

IGMP v1/v2/v3 Snooping & Proxy

IGMP v2 Fast Leave

DHCP Server/Proxy/Relay/Option 60,77,43

Port Redirection & Port Mirroring

Multicast/Mac Control

Scheduling with SPQ, WFQ, SPQ+WFQ

Mac/IP Filtering : Ethernet Type, IP/MAC/Port,  
Protocol, VLAN ID

ALG(Application Level Gateway)

. FTP, TFTP, SIP, H.323, IRC, PpP, L2TP, IPsec

. BattleNet

DMZ on LAN port

Broadcast/Multicast Storm Control

Port & Flow Based Rate Limiting

SNMP v1, v2

Web UI

CLI

TR069

DNS Client

RFC 854 Telnet Server

Remote Backup & Upgrade

Upgrade Fail Recovery

## RGW Functions & Software 2

Packet Classification for QoS: 2-level QoS based on port

. Layer 2: Src/Dest Mac, VLAN ID, COS

. Layer 3: Src/Dest IP, DSCP, TOS, Precedence, Protocol

. Firewall rule, policy-based QoS

IEEE802.11b/g/n Based Wireless LAN

2T2R/1T2R, 2/1 Spatial Stream (300/150Mbps PHY Rate)

Wireless Security, Including

WPA/WPA2.0/WEP/CCx4/WMM/802.1x

## Operating System

Embedded Linux 2.6

## Power Consumption

5Vdc / 1.2A

## Environmental Conditions

Temperature : 0°C ~ +50°C

**Tellion, Inc.**  
**8<sup>th</sup> Fl. Leaders Tower,**  
**60-15, Gasan-Dong, Geumcheon-Gu,**  
**Seoul, 153-801, Korea**  
 Tel: +82-2-2026-7000  
 Fax: +82-2-2026-7100

For more information, email a message to the corresponding address below:  
 product@tellion.com for all product inquiries  
 partners@tellion.com for all partnership inquiries  
 support@tellion.com for customer support inquiries

*Tellion is a leading supplier of optical access solutions. Based on the needs of customers, Tellion provides the seamless solutions to converge multiple services and break the last mile barriers. Selected major products are access network equipments capable of providing high-speed internet access effectively via xDSL/FITL(Fiber in The Loop), IP-based access and multi-service access platform. More information about Tellion can be found on the web at [www.tellion.com](http://www.tellion.com)*

**Tellion**  
[www.tellion.com](http://www.tellion.com)

**ANEXO G: RESOLUCIÓN 452-29-CONATEL-2007<sup>195</sup>****CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CONATEL****CONSIDERANDO:**

Que el Consejo Nacional de Telecomunicaciones es el ente de administración y regulación de las telecomunicaciones en el país.

Que el artículo 5 de la Ley Especial de Telecomunicaciones y sus reformas establece que el Estado formulará, dictará y promulgará reglamentos de normalización de uso de frecuencias, explotación de servicios, industrialización de equipos y comercialización de servicios, en el área de telecomunicaciones, así como normas de homologación de equipos terminales y otros equipos que se considere conveniente acorde con los avances tecnológicos, que aseguren la interconexión entre las redes y el desarrollo armónico de los servicios de telecomunicaciones.

Que de conformidad con el literal b) del artículo 88 del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, es atribución del CONATEL, regular la prestación de los servicios de telecomunicaciones y el uso del espectro radioeléctrico.

Que de acuerdo con el literal i) del artículo 88 del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, es atribución del CONATEL, aprobar las normas de homologación de equipos terminales de telecomunicaciones.

Que el artículo 146 del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada establece que los equipos terminales de telecomunicaciones usados dentro del país, deberán estar homologados y normalizados, para promover el desarrollo armónico de los servicios de telecomunicaciones.

Que el artículo 147 del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada establece que los usuarios de servicios de telecomunicaciones no podrán usar ningún tipo de equipo terminal que pueda impedir o interrumpir el servicio, degradar su calidad, causar daño a otros usuarios o a otras redes públicas o privadas, ni a empleados de las operadoras de dichas redes. El suministro, instalación, mantenimiento y reparación de los equipos terminales serán responsabilidad del propietario del equipo.

---

<sup>195</sup> Fuente: <http://www.supertel.gob.ec>

En ejercicio de sus atribuciones legales,

**RESUELVE:**

**Expedir el siguiente “REGLAMENTO PARA HOMOLOGACIÓN DE EQUIPOS TERMINALES DE TELECOMUNICACIONES”**

**Capítulo I DISPOSICIONES GENERALES**

**Artículo 1.- Objeto.-** El presente Reglamento establece el procedimiento a seguirse para la homologación de los equipos terminales de telecomunicaciones así como los requisitos genéricos mínimos que debe cumplirse para obtener dicha homologación, a fin de : prevenir daño a las redes de telecomunicaciones, evitar la perturbación técnica a los servicios de telecomunicaciones o su deterioro, evitar interferencia perjudicial al espectro radioeléctrico y contribuir con una óptima calidad en la prestación de los servicios de telecomunicaciones.

**Artículo 2.- Ámbito.-** La aplicación del presente Reglamento comprende a los equipos terminales de telecomunicaciones, conforme lo definido en el presente Reglamento, que utilizan espectro radioeléctrico por clase, marca y modelo y que utilicen niveles de potencia superiores a 50 mW.

**Artículo 3.- Definiciones.-** Las definiciones de los términos técnicos de telecomunicaciones para el presente Reglamento serán las establecidas en la Ley Especial de Telecomunicaciones y sus reformas, en el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones reformada, en el Glosario de Términos del presente Reglamento y las que se encuentren definidas por la UIT, la CITEL y la CAN.

**Artículo 4.- Homologación.-** Es el proceso por el que un equipo terminal de telecomunicaciones de una clase, marca y modelo es sometido a verificación técnica para determinar si es adecuado para operar en una red de telecomunicaciones específica.

**Artículo 5.- Principios para la homologación de equipos de telecomunicaciones.-** El presente Reglamento y su aplicación asegurarán que el procedimiento de homologación de los equipos terminales de telecomunicaciones por cada clase, marca y modelo sea transparente y no discriminatorio y que las solicitudes que se presenten para el efecto se tramiten de manera expedita.

**Capítulo II CERTIFICADO DE HOMOLOGACIÓN**

**Artículo 6.- Certificado.-** La SUPTTEL emitirá el certificado de homologación, el cual será genérico por cada clase, marca y modelo de equipo de telecomunicaciones. El certificado contendrá las especificaciones técnicas mínimas de operación de los equipos.

**Artículo 7.- Cantidad de homologaciones.-** Un equipo terminal de

telecomunicaciones por cada clase, marca y modelo se homologará por una sola vez.

**Artículo 8.- Derechos por Homologación.-** La persona natural o jurídica que solicite la homologación de un equipo terminal de telecomunicaciones de una clase, marca y modelo, cancelará los derechos por la emisión del certificado y registro a la SUPTEL.

Los derechos por la emisión y registro del certificado serán determinados por el CONATEL en el último trimestre de cada año, sobre la base del presupuesto de homologación elaborado con los costos directos incurridos por el Área Técnica de Homologación de la SUPTEL dividido para la media del número de trámites realizados en los dos años previos a dicho ejercicio. La información antes descrita será proporcionada por el organismo de control para cada ejercicio anual inmediatamente posterior al año en curso. La fecha máxima de presentación de esta información será el 30 de noviembre de cada año y de no ser presentada, el CONATEL nombrará una comisión para la determinación de este derecho, Comisión que deberá cumplir su mandato hasta el 31 de diciembre de cada año.

El valor de este derecho entrará en vigencia el 01 de enero de cada año y se mantendrá hasta el 31 de diciembre de ese mismo año.

Para efectos de la elaboración del presupuesto de homologación, en el cálculo aquí establecido se considerarán como costos directos únicamente aquellos estrictamente necesarios e indispensables para cubrir los gastos administrativos por emisión y registro, debidamente justificados por la SUPTEL.

**Artículo 9.- Registro.-** La SUPTEL llevará un registro de los certificados de homologación que se emitan, el cual será público, de fácil y de libre acceso a través de su página Web.

La SUPTEL entregará copia del certificado correspondiente a cualquier persona natural o jurídica que lo solicite.

**Artículo 10.- Publicación.-** La SUPTEL publicará y actualizará mensualmente en su página Web, las clases, marcas y modelos de los equipos de telecomunicaciones homologados.

**Artículo 11.- Comercialización.-** Para la comercialización u operación en el país de los equipos terminales de telecomunicaciones referidos en el presente Reglamento, éstos deberán estar previamente homologados.

### **Capítulo III DE LOS REQUISITOS PARA LA HOMOLOGACIÓN**

**Artículo 12.- Requisitos.-** Para homologar un equipo terminal de telecomunicaciones por cada clase, marca y modelo, el solicitante presentará a la SUPTEL, los siguientes documentos:

a) Para equipos de telecomunicaciones fabricados o ensamblados fuera del Ecuador:

- Solicitud escrita dirigida al Superintendente de Telecomunicaciones.
- Manuales técnicos.
- Características de funcionamiento.
- Un certificado o un documento de características técnicas de los equipos cuya clase, marca y modelo se quiere homologar, emitido por un organismo internacional reconocido.

b) Para equipos de telecomunicaciones fabricados o ensamblados en el Ecuador:

- Solicitud escrita dirigida al Superintendente de Telecomunicaciones.
- Manuales técnicos.
- Características de funcionamiento.
- Un certificado o un documento de características técnicas emitido por un laboratorio calificado por el CONATEL u organismo internacional de que los equipos cuya clase, marca y modelo se solicita homologar cumplen con las especificaciones de la norma técnica correspondiente.

Para la calificación de un laboratorio nacional, el CONATEL emitirá la normativa necesaria.

**Artículo 13.- Organismos Internacionales y laboratorios.-** La SUPTEL remitirá para consideración y aprobación del CONATEL los informes relativos a los organismos internacionales o laboratorios internacionales de los cuales el CONATEL podrá reconocer como válida la emisión de un certificado o documento de características técnicas como requisito para los fines de homologación comprendidos en el presente Reglamento.

El CONATEL resolverá lo pertinente en el plazo de 30 (días). Si el CONATEL no se ha pronunciado en el plazo antes indicado, se entenderá por aceptados los informes y en consecuencia aquellos organismos internacionales o laboratorios internacionales a los que se refieren los informes deberán ser incluidos y publicados como válidos.

**Artículo 14.- Publicación de los Organismos Internacionales y Laboratorios.-** La SUPTEL publicará y actualizará semestralmente en su página Web el listado de los Organismos Internacionales y los laboratorios nacionales e internacionales, reconocidos en el Ecuador para la emisión de certificados o documentos de características técnicas que podrán ser utilizados como requisitos para homologación.

**Artículo 15.- Entidades Certificadoras o Entidades Reconocidas.-** Un laboratorio calificado por el CONATEL o entidad reconocida por el CONATEL podrá emitir el certificado o documento de características técnicas para un equipo terminal de telecomunicaciones, cuando existan dudas respecto del cumplimiento de especificaciones técnicas del equipo que se solicita

a la SUPTEL la homologación.

#### **Capítulo IV DE LA ELABORACIÓN DE NORMAS TÉCNICAS**

**Artículo 16.- Normas técnicas.-** En caso de requerirse la elaboración de normas técnicas para la homologación de equipos terminales de telecomunicaciones u otros, éstas serán elaboradas por la SENATEL para aprobación del CONATEL.

**Artículo 17.- Reconocimiento de normas internacionales.-** Si no se dispone de las normas técnicas, el CONATEL podrá adoptar normas internacionales reconocidas por la UIT y a falta de éstas de otro organismo internacional reconocido por el CONATEL.

#### **Capítulo V RESPONSABILIDADES DEL CONATEL, SENATEL y SUPTEL**

**Artículo 18.- Responsabilidad.-** La homologación representa una certificación de que un equipo de telecomunicaciones puede ser comercializado y operado en el país. El certificado de homologación de un equipo terminal de telecomunicaciones no implica responsabilidad de parte del CONATEL, de la SENATEL o de la SUPTEL referente a defectos: técnicos, de fabricación de los equipos o al mal uso de los mismos.

**Artículo 19.- Exclusión.-** El certificado de homologación de un equipo terminal de telecomunicaciones emitido por la SUPTEL no constituye ni representa título habilitante para el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico o la prestación de servicios de telecomunicaciones o radiocomunicaciones.

**Artículo 20.- Supervisión.-** La SUPTEL será la responsable de la supervisión del cumplimiento de las normas establecidas en el presente Reglamento.

**Artículo 21.- Sanción.-** El Superintendente de Telecomunicaciones juzgará el incumplimiento del presente Reglamento de conformidad con lo establecido en la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada.

#### **Capítulo VI RESPONSABILIDADES DE LAS EMPRESAS OPERADORAS**

**Artículo 22.- Obligación de los operadores.-** Los prestadores de servicios de telecomunicaciones están obligados a operar en sus redes o sistemas, equipos terminales de telecomunicaciones que cuenten con el respectivo certificado de homologación emitido por la SUPTEL; salvo que el prestador demuestre justificadamente que el equipo puede causar daños en su red o deteriorar la calidad del servicio prestado.

**Artículo 23.- Reporte de equipos terminales de telecomunicaciones robados.-** Los Concesionarios de servicios de telecomunicaciones o de sistemas de radiocomunicaciones que presten servicios a terceros;

para efectos de control remitirán mensualmente a la SUPTEL en el transcurso de los quince primeros días del mes siguiente a la terminación del plazo, el listado de equipos terminales de telecomunicaciones por cada clase, marca y modelo que hayan sido reportados como robados, junto con su correspondiente número de serie.

**Artículo 24.- Bloqueo de equipos terminales de telecomunicaciones.-** Los concesionarios de servicios de telecomunicaciones y de los sistemas referidos en el artículo anterior no podrán implementar mecanismos o formas de bloqueo que impidan que los equipos terminales activados en su red puedan ser activados en las redes de otros concesionarios debidamente autorizados.

## **Capítulo VII DERECHOS DE LOS USUARIOS**

**Artículo 25.- Derechos.-** Cualquier persona natural o jurídica que adquiera un equipo terminal de telecomunicaciones, debe exigir al proveedor de éste equipo que se encuentre homologado ante la SUPTEL.

## **Capítulo VIII ORGANISMOS Y ENTIDADES RECONOCIDOS**

**Artículo 26.- Organismos y entidades reconocidos.-** Son válidas las especificaciones técnicas, certificados o documentos de los siguientes organismos: Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), Federal Communications Commission (FCC), European Telecommunications Standard Institute (ETSI), The Certification and Engineering Bureau of Industry of Canada (CEBIC), Telecommunications Industries Association (TIA), Electronic Industries Alliance (EIA), Cellular Telephone Industry Association (CTIA), Unión Europea (UE), Comunidad Económica Europea (CEE), Deutsches Institut für Normung (DIN), British Standards Institution (BSI), Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI), Association Française de Normalisation (AFNOR), International Electrotechnical Commission (IEC), Industrial Standards Committee Pan American Standards Commission (COPANT), The African Organization for Standardization (ARSO), The Arab Industrial Development and Mining Organization (AIDMO), Korean Agency for Technology and Standards (KATS), European Committee for Standardization, Standardization Administration of China, Hermon Laboratories y otros que el CONATEL los reconozca.

## **Capítulo IX GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**Definiciones.-** A efectos del presente Reglamento, se entenderá por:

**CERTIFICADO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:** Es el certificado generado por organismos de reconocida importancia, que contiene las especificaciones técnicas de un determinado equipo de telecomunicaciones.

**CLASE:** Un equipo de telecomunicaciones con una aplicación específica se entenderá como perteneciente a una clase determinada (por ejemplo: teléfonos celulares, beepers, etc.).

**CONATEL:** Consejo Nacional de Telecomunicaciones.

**EQUIPO TERMINAL DE TELECOMUNICACIONES:** Aparato o dispositivo que se conecta a una red de telecomunicaciones para proporcionar al usuario final acceso a uno o más servicios específicos. Para efecto de aplicación del presente Reglamento se incluirán también los equipos que utilicen Modulación Digital de Banda Ancha así como aquellos que el CONATEL considere que deben ser homologados.

**SUPTTEL:** Superintendencia de Telecomunicaciones.

**SENATEL:** Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

### **DISPOSICIÓN TRANSITORIA**

Para el ejercicio del año 2007, el CONATEL determinará la Tasa por Homologación dentro de los treinta días posteriores a la fecha de promulgación del presente Reglamento en el Registro Oficial, debiendo la SUPTTEL proporcionar la información necesaria dentro de los 10 días hábiles siguientes a la fecha de su promulgación. Los derechos aprobados por el CONATEL, en esta ocasión entrarán en vigencia a partir de la fecha de su aprobación. En caso de que la información no fuera proporcionada por la SUPTTEL en el tiempo previsto, el CONATEL dispondrá a la SENATEL que presente un informe con base en una comparación de valores, precios o tasas internacionales (benchmarking) para la homologación de equipos de telecomunicaciones.

### **DISPOSICIONES FINALES**

**PRIMERA.-** Se deroga el Reglamento para homologación de equipos de telecomunicaciones, expedido mediante Resolución 72-02-CONATEL-2005, publicado en el Registro Oficial 551, de 24 de marzo de 2005.

**SEGUNDA.-** El presente Reglamento entrará en vigencia a partir de su publicación en el Registro Oficial.

Dado en Quito, 25 de octubre de 2007.

**ING. JAIME GUERRERO RUIZ**  
PRESIDENTE DEL CONATEL (E)

**AB. ANA MARÍA HIDALGO CONCHA**  
SECRETARIA DEL CONATEL

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**AES** Estándar de criptografía simétrica (advanced encryption standard)

Es un esquema de cifrado por bloques adoptado como un estándar de cifrado.

**ATM** Modo de Transferencia Asíncrona (asynchronous transfer mode)

Es una tecnología de telecomunicación desarrollada para hacer frente a la gran demanda de capacidad de transmisión para servicios y aplicaciones.

**DBA** - Asignación Dinámica de Ancho de Banda (dynamic bandwidth assignment)

Se define como el proceso de proporcionar multiplexación estadística entre ONU's.

**FTTC** - Fibra a la acometida (fiber to the curb)

Servicio de fibra óptica a un nodo conectado por cables a varias casas cercanas, por lo general en un bloque.

**FTTP** - Fibra hasta la instalación (fiber to the premises)

Se refiere a un tipo de tecnología de telecomunicaciones donde se utilizan cables de fibra óptica para conectar el equipo de distribución que se encuentra más cercano al usuario destinatario de la conexión directamente a la red principal de telecomunicaciones.

**FTTH** - Fibra a la vivienda (fiber to the home)

Se basa en la utilización de cables de fibra óptica y sistemas de distribución ópticos adaptados a esta tecnología para la distribución de servicios avanzados, como el Triple Play: telefonía, Internet de banda ancha y televisión, a los hogares y negocios de los abonados.

**FTTB** - Fibra hasta el edificio (fiber to the business)

Permite una gran variedad de usos, desde aplicaciones en tiempo real, aplicaciones basadas en web, la telemedicina, VoIP y vídeo.

**FTTN** - Fibra hasta el nodo (fiber to the node)

Es una arquitectura de telecomunicaciones sobre la base de cables de fibra óptica se ejecutan a un armario que sirve un barrio.

**GPON** - Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (gigabit - capable passive optical network)

Tecnología de acceso mediante fibra óptica no arquitectura punto a multipunto más avanzada en la actualidad puede proporcionar hasta 2.5 Gbps de bajada y 1.2 Gbps de subida y soporta distancias de 20 a 60 Km.

**GEM** - Método de Encapsulación GPON (GPON encapsulation method)

Se trata de un nuevo protocolo definido por la G.984s para utilizarse en GPON.

**HDTV** - Televisión de alta definición (high definition television)

Es uno de los formatos que, junto a la televisión digital, se caracterizan por emitir señales televisivas en una calidad digital superior a los sistemas tradicionales analógicos de televisión en color.

**HIS** - Alta velocidad de internet (high-speed Internet)

Estos servicios de Internet de alta velocidad, llamadas a menudo "banda ancha", tienen algunas características comunes como que están siempre activa, lo que significa que no tiene que marcar cada vez que quiera conectarse; que no interfieran con el uso del teléfono o TVcable, y son significativamente más rápida que dial-up módems, al menos en el sentido descendente.

**ITU** - Unión Internacional de Telecomunicaciones (International Telecommunication Union)

Es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las tecnologías de la información y la comunicación – TIC.

**IPTV** - Televisión sobre el protocolo IP (Internet Protocol Televisión)

Se ha convertido en la denominación más común para los sistemas de distribución por suscripción de señales de televisión o vídeo usando conexiones de banda ancha sobre el protocolo IP.

**NGN** - Red de la próxima generación (next generation networking)

Es un amplio término que se refiere a la evolución de la actual infraestructura de redes de telecomunicación y acceso telefónico con el objetivo de lograr la convergencia de los nuevos servicios multimedia voz, datos, vídeo.

**OAM&P** - Operación Administración y Mantenimiento (operation administration and maintenance)

Son los procesos, actividades, herramientas, etc., estándares involucrados con la explotación, administración, gestión y mantenimiento de cualquier sistema. Esto comúnmente se aplica a las redes de ordenadores o equipos informáticos.

**ODF** - Repartidor óptico (optical distribution frame)

Es una ubicación dentro de una sala de aparato mediante el cual todas las señal es audio, vídeo, o datos pasan, con la capacidad de conectarse arbitrariamente ruta y las fuentes y destinos entre estudios y otros puntos internos y externos.

**ODN** - Red de distribución óptica (optical distribution network)

Es una red de distribución óptica de la fibra física y dispositivos ópticos que distribuyen las señales a usuarios en un FTTx red.

**OLT** - Terminación de línea óptica (optical Line Termination)

Es un dispositivo que sirve como el extremo de proveedor de servicio de una red óptica pasiva , cuenta con dos funciones principales como realizar la conversión entre las señales eléctricas utilizadas por el equipo del proveedor de servicios y los de fibra óptica de señales utilizadas por la red óptica pasiva

y coordinar la multiplexación entre los dispositivos de conversión en el otro extremo de dicha red.

**ONT** - Terminación de red óptica (optical Network Termination)

Es el elemento situado en casa del usuario que termina la fibra óptica y ofrece las interfaces de usuario.

**PON** - Red óptica pasiva (passive optical network)

Esta red permite eliminar todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente introduciendo en su lugar componentes ópticos pasivos guiando el tráfico por la red. La utilización de estos sistemas pasivos reduce considerablemente los costos que son utilizados en las redes FTTH.

**T-CONT** - Línea de abonado digital asimétrica universal (universal asymmetric digital subscriber line)

Es la nueva tecnología módem que nos permitirá movernos a través de Internet a unas velocidades de vértigo.