

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**Diseño de una red de fibra óptica para atender a los clientes de  
ANDINATEL S.A. en los edificios ubicados en el sector de la  
Avenida República del Salvador pertenecientes a la Central de  
Iñaquito**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN  
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**LORENA GISELA BARBA MOLINA**

**DIRECTOR: ING. PABLO LÓPEZ M.**

**Quito, Septiembre 2007**

## **DECLARACIÓN**

Yo, Lorena Gisela Barba Molina, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Lorena Gisela Barba Molina

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Lorena Gisela Barba Molina, bajo mi supervisión.

Ing. Pablo López M.  
DIRECTOR DE PROYECTO

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento a Dios y a cuantas personas han hecho posible la realización del presente trabajo en especial al Ing. Pablo López director del presente estudio, al Ing. Iván Castro por su valiosa colaboración y a mi hermano y amigo, Hernán, por la paciencia que tuvo y el cariño que me demostró durante la realización del presente proyecto.

*A mis padres, a mi esposo, a mi hermano y a mis hijos, quienes con su apoyo incondicional, paciencia y esfuerzo han hecho posible la realización de este trabajo.*

<b>CONTENIDO GENERAL</b> _____	<b>I</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> _____	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> _____	<b>IX</b>
<b>RESUMEN</b> _____	<b>X</b>
<b>PRESENTACIÓN</b> _____	<b>XII</b>

## **CAPÍTULO I**

### **Redes de acceso**

<b>1.1. Generalidades</b> _____	<b>1</b>
<b>1.2. Redes de acceso guiado</b> _____	<b>2</b>
1.2.1. Línea de cliente digital _____	2
1.2.2. Tecnologías de acceso xDSL _____	4
1.2.2.1. ADSL ( <i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i> ) _____	5
1.2.2.2. RADSL ( <i>Rate-Adaptive Digital Subscriber Line</i> ) _____	5
1.2.2.3. ADSL G.LITE ó UDSL ( <i>DSL Unidireccional</i> ) _____	5
1.2.2.4. VDSL ( <i>Very High Speed DSL</i> ) _____	6
1.2.2.5. HDSL ( <i>High Date Rate DSL</i> ) _____	6
1.2.2.6. HDSL2 ó SHDSL ( <i>High Bit-rate Digital Subscriber Line 2</i> ) _	7
1.2.2.7. SDSL ( <i>Symmetric Digital Subscriber Line</i> ) _____	7
1.2.2.8. MDSL ( <i>Multirate Digital Subscriber Line</i> ) _____	8
1.2.2.9. IDSL ó ISDN-BA ( <i>ISDN Digital Subscriber Line</i> ) _____	8
1.2.2.10. G.SHDSL ( <i>Symmetric High-Speed DSL</i> ) _____	9
1.2.3. ADSL: Fundamentos tecnológicos y arquitectura de red _____	9
1.2.3.1. Problemas que presenta ADSL _____	16
1.2.3.2. Beneficios aportados por ADSL _____	17
1.2.4. Redes de acceso basadas en cable coaxial y fibra óptica _____	18

## CONTENIDO GENERAL

---

1.2.4.1.	Definición de las redes de acceso de fibra óptica _____	19
1.2.4.1.1.	Fibra hasta el punto de terminación _____	21
1.2.4.2.	Clasificación de las redes de acceso de fibra óptica _____	21
1.2.4.3.	Redes de fibra óptica para servicios de banda estrecha _____	22
1.2.4.4.	Redes de fibra óptica para servicios interactivos de banda ancha _____	24
1.2.4.4.1.	Acceso ATM punto a punto _____	24
1.2.4.4.2.	Redes ATM-PON _____	25
1.2.4.4.3.	Redes <i>Gigabit Ethernet</i> _____	26
1.2.4.5.	Redes de fibra para servicios de distribución _____	27
<b>1.3.</b>	<b>Redes de acceso no guiado _____</b>	<b>31</b>
1.3.1.	Acceso inalámbrico _____	31
1.3.1.1.	Clasificación de los sistemas WLL _____	32
1.3.1.2.	LMDS (Servicio de Distribución Local Multipunto) _____	32
1.3.1.3.	MMDS (Servicio de Distribución Multipunto Multicanal) _____	34
1.3.1.4.	<i>Wireless IP</i> (IP Inalámbrico) _____	35
1.3.1.5.	Comunicaciones ópticas inalámbricas _____	37
1.3.1.5.1.	Comunicación óptica en el espacio libre _____	38
1.3.1.6.	Soluciones WLAN ( <i>Wireless LAN</i> ) _____	40
1.3.2.	Acceso por satélite _____	41
1.3.2.1.	Características de las comunicaciones por satélite _____	42
1.3.3.	Acceso por red eléctrica _____	44
1.3.4.	Comunicaciones PLC en el interior de los hogares _____	46

## CAPÍTULO II

### Tecnologías de acceso óptico

<b>2.1.</b>	<b>Generalidades _____</b>	<b>48</b>
2.1.1.	<i>Passive Optical Networks</i> (PONs) _____	50

## CONTENIDO GENERAL

---

2.1.1.1.	BPON y GPON _____	51
2.1.1.2.	EPON ( <i>Ethernet PON</i> ) _____	52
2.1.1.3.	WDM-PON ( <i>Wavelength Division Multiplexing PON</i> ) _____	52
2.1.1.4.	Híbridas TDM/WDM-PONs _____	52
2.1.1.4.1.	SUCCESS-HPON _____	53
<b>2.2.</b>	<b>Ethernet para redes de acceso de suscriptores _____</b>	<b>55</b>
2.2.1.	Subcapas P2P _____	57
2.2.2.	Subcapas P2MP _____	57
2.2.2.1.	Protocolo de Control de Acceso al Medio Multipunto (MPCP)	57
2.2.2.2.	Subcapa de Reconciliación (RS) e interfaces independientes del medio _____	58
2.2.2.3.	Sistemas de señalización de capa física _____	58
2.2.2.4.	Administración _____	60
2.2.2.5.	Transmisión unidireccional _____	61
2.2.3.	Operación, Administración y Mantenimiento (OAM) _____	61
2.2.3.1.	Posicionamiento de OAM dentro de la arquitectura IEEE 802.3 _____	61
2.2.3.2.	Consideraciones de compatibilidad _____	62
2.2.3.2.1.	Aplicación _____	62
2.2.3.2.2.	Interoperabilidad entre OAM y DTEs _____	62
2.2.4.	Control MAC Multipunto _____	62
2.2.4.1.	Operación del control MAC Multipunto _____	66
2.2.4.1.1.	Fundamentos del control MAC Multipunto _____	68
2.2.4.1.2.	Control de transmisión multipunto, Control Parser y Control Multiplexer _____	72
2.2.4.2.	Protocolo de Control MultiPunto (MPCP) _____	74
2.2.4.2.1.	Fundamentos del Protocolo de Control MultiPunto _____	74
2.2.4.2.2.	Consideraciones de compatibilidad _____	76
2.2.4.2.3.	Proceso de descubrimiento _____	77
2.2.4.2.4.	Proceso de reporte _____	81



## CONTENIDO GENERAL

---

2.2.4.2.5.	Proceso de portal _____	82
------------	-------------------------	----

### CAPÍTULO III

#### Red de acceso óptico para la Avenida República del Salvador en la central de Iñaquito de ANDINATEL S.A.

<b>3.1.</b>	<b>Antecedentes y generalidades _____</b>	<b>84</b>
<b>3.2.</b>	<b>Situación actual de la red de acceso de ANDINATEL S.A. _____</b>	<b>86</b>
3.2.1.	Servicios que ofrece ANDINATEL S.A. _____	86
3.2.1.1.	Telefonía fija _____	87
3.2.1.2.	Telefonía internacional _____	87
3.2.1.3.	Telefonía pública _____	88
3.2.1.4.	Transmisión de datos _____	88
3.2.1.4.1.	TDM ( <i>Clear Channel</i> ) _____	88
3.2.1.4.2.	<i>Frame Relay</i> _____	88
3.2.1.4.3.	xDSL _____	89
3.2.1.4.4.	ISDN – RDSI _____	89
3.2.1.5.	Internet _____	89
3.2.2.	Servicios en demanda _____	90
3.2.3.	Situación física _____	90
<b>3.3.</b>	<b>Red de acceso óptico _____</b>	<b>94</b>
3.3.1.	Generalidades _____	94
3.3.2.	Demanda _____	96
3.3.2.1.	Clientes antiguos _____	96
3.3.2.2.	Clientes nuevos _____	96
3.3.2.3.	Demanda futura _____	98
3.3.3.	Descripción de la red de acceso óptico _____	100
3.3.3.1.	Implementación del diseño utilizando únicamente equipos ONU _____	102
3.3.3.1.1.	Equipamiento y costos referenciales _____	106

## CONTENIDO GENERAL

---

3.3.3.2.	Implementación del diseño utilizando IP DSLAMs _____	107
3.3.3.2.1.	Equipamiento y costos referenciales _____	109

## CAPÍTULO IV

### Conclusiones y Recomendaciones

4.1.	Conclusiones _____	110
4.2.	Recomendaciones _____	112
	Lista de acrónimos _____	114

## ANEXO A

### Clasificación de las redes

A.1.	Red primaria _____	117
A.2.	Red secundaria _____	118
A.3.	Red de dispersión o red de abonados _____	119

## ANEXO B

### *SOFTSWITCH*

B.1.	Características _____	121
B.2.	Beneficios _____	122
B.3.	Ventajas _____	123
B.4.	Arquitectura de servicios del <i>Softswitch</i> _____	124
B.4.1.	Arquitectura funcional _____	124
B.4.1.1.	<i>Gateway Controller</i> _____	124
B.4.1.2.	<i>Signalling Gateway</i> _____	124
B.4.1.3.	<i>Media Gateway</i> _____	125

## **CONTENIDO GENERAL**

---

B.4.1.4. <i>Media Server</i> _____	125
B.4.1.5. <i>Feature Server</i> _____	125
B.4.2. <i>Arquitectura de servicio</i> _____	125
B.4.2.1. <i>Services Targeted</i> _____	125
B.4.2.2. <i>Service Interface</i> _____	125

## **ANEXO C**

### **Planos**

<b>C.1. Implementación con ONUs</b> _____	<b>126</b>
<b>C.2. Implementación con ONU – IP DSLAMs</b> _____	<b>127</b>

## **ANEXO D**

### **Especificaciones técnicas de equipos**

<b>AN 5116 – 02 GEAPON Platform Chasis Module OLT</b> _____	<b>128</b>
<b>AN 5006 – 06 GEAPON Equipment 1U PIZZA BOX ONU</b> _____	<b>130</b>
<b>AN 2200 – 06 Middle Scale Carrier-Class IP DSLAM</b> _____	<b>132</b>
<b>Referencias bibliográficas</b> _____	<b>134</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

<b>Figura 1.1.</b> Acceso geográfico vs. Acceso técnico _____	1
<b>Figura 1.2.</b> Elementos que intervienen en la comunicación ADSL _____	10
<b>Figura 1.3.</b> Nombres de la interfaces y elementos de red _____	10
<b>Figura 1.4.</b> Procesamiento separado de voz y datos utilizando DSL _____	12
<b>Figura 1.5.</b> Modo de operación del divisor o <i>splitter</i> _____	13
<b>Figura 1.6.</b> Módem en el lado de la central _____	15
<b>Figura 1.7.</b> Tipos de diafonía: <i>near-end</i> y <i>far-end crosstalk</i> _____	16
<b>Figura 1.8.</b> Esquema de una red tradicional de cable para la difusión de televisión _	19
<b>Figura 1.9.</b> Red de acceso de fibra óptica _____	20
<b>Figura 1.10.</b> Red de acceso ATM punto a punto _____	24
<b>Figura 1.11.</b> Red de acceso <i>Gigabit Ethernet</i> _____	27
<b>Figura 1.12.</b> Red de acceso HFC (Híbrida Fibra Coaxial) _____	28
<b>Figura 1.13.</b> Canalización de televisión por cable _____	29
<b>Figura 1.14.</b> Arquitectura de una red <i>Wireless IP</i> _____	36
<b>Figura 1.15.</b> Arquitectura de red en <i>Free-space optics</i> _____	38
<b>Figura 1.16.</b> Elementos del enlace por satélite _____	43
<b>Figura 1.17.</b> Estructura de 3 capas _____	45
<b>Figura 1.18.</b> Red de distribución _____	46
<b>Figura 1.19.</b> Diagrama de red doméstica PLC _____	47
<b>Figura 2.1.</b> Costos relativos vs. Ancho de banda de las PONs _____	53
<b>Figura 2.2.</b> Arquitectura SUCCESS-HPON _____	54
<b>Figura 2.3.</b> EFM para tecnologías punto a punto _____	56
<b>Figura 2.4.</b> EFM para tecnologías punto a multipunto _____	56
<b>Figura 2.5.</b> Relación de OAM dentro del modelo ISO/OSI _____	62
<b>Figura 2.6.</b> Ejemplo de topología PON _____	64
<b>Figura 2.7.</b> Relación del control MAC multipunto y la pila de protocolos OSI ____	66
<b>Figura 2.8.</b> Diagrama de bloques funcional del control MAC multipunto _____	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

<b>Figura 2.9.</b> Cálculo del tiempo de viaje RTT _____	71
<b>Figura 2.10.</b> Interfaces del servicio de control de transmisión multipunto _____	72
<b>Figura 2.11.</b> Interfaces de servicio de <i>Control Parser</i> _____	72
<b>Figura 2.12.</b> Interfaces de servicio de <i>Control Multiplexer</i> _____	73
<b>Figura 2.13.</b> Intercambio de mensajes <i>handshake</i> de descubrimiento _____	79
<b>Figura 2.14.</b> Interfaces de servicio del proceso de descubrimiento (OLT, instancia de <i>Broadcast</i> ) _____	80
<b>Figura 2.15.</b> Interfaces de servicio del proceso de descubrimiento (OLT, instancia <i>unicast</i> ) _____	80
<b>Figura 2.16.</b> Interfaces de servicio del proceso de descubrimiento (ONU) _____	81
<b>Figura 2.17.</b> Interfaces de servicio del proceso de reporte _____	82
<b>Figura 2.18.</b> Interfaces de servicio del proceso de portal _____	83
<b>Figura 3.1.</b> Ubicación geográfica avenida República del Salvador _____	85
<b>Figura 3.2.</b> Topología telefónica tradicional _____	91
<b>Figura 3.3.</b> Topología basada en nodos de acceso y celdas _____	92
<b>Figura 3.4.</b> Red de nodos de acceso – Norte de Quito _____	93
<b>Figura 3.5.</b> Esquema general de la actual red operativa _____	93
<b>Figura 3.6.</b> Ubicación de edificio en la Av. República del Salvador _____	95
<b>Figura 3.7.</b> Topologías de implementación de la red de acceso óptico. a) Implementación utilizando únicamente equipos ONU. b) Implementación con IP DSLAMs _____	101
<b>Figura 3.8.</b> Esquema de anillos SDH _____	102
<b>Figura A.1.</b> Red primaria _____	117
<b>Figura A.2.</b> Red secundaria _____	119
<b>Figura A.3.</b> Red de abonados _____	120

## ÍNDICE DE TABLAS

---

<b>Tabla 1.1.</b> Tecnologías xDSL _____	4
<b>Tabla 2.1.</b> Comparación PON _____	51
<b>Tabla 2.2.</b> Resumen de sistemas de señalización de capa física de EFM _____	60
<b>Tabla 3.1.</b> Resumen de líneas telefónicas por armario _____	97
<b>Tabla 3.2.</b> Ambientes por inmueble _____	98
<b>Tabla 3.3.</b> Demanda actual para clientes antiguos _____	103
<b>Tabla 3.4.</b> Demanda inicial para clientes nuevos _____	104
<b>Tabla 3.5.</b> Distribución de <i>splitters</i> _____	105
<b>Tabla 3.6.</b> Presupuesto referencial de implementación del proyecto (1ra. Opción) __	106
<b>Tabla 3.7.</b> Detalle de <i>splitters</i> SO1 y SO2 _____	108
<b>Tabla 3.8.</b> Presupuesto referencial de implementación del proyecto (2da. Opción) _	109

## RESUMEN

---

Debido a la gran demanda de nuevos servicios de telecomunicaciones, se ve la necesidad de implementar redes creadas con el fin de aceptar las nuevas tecnologías que se adapten a dichos servicios, este sería el caso de las redes denominadas redes de acceso óptico.

Las redes de cobre de ANDINATEL S.A. y específicamente en el área comprendida en la Avenida República del Salvador, están alcanzando la saturación, ya que en el mencionado sector se concentran grandes clientes comerciales consumidores de las nuevas tendencias tecnológicas.

La tendencia mundial para la utilización de redes de acceso óptico, no solo solucionaría el problema de la saturación de las redes de cobre, sino que además sobre ellas se pueden brindar nuevos y mejores servicios, con el afán de ofrecer al cliente un producto de calidad. De esta manera se recuperaría la red de cobre y se la utilizaría para brindar servicios de telefonía fija a pequeños clientes que en la actualidad no pueden acceder a este servicio básico debido a la saturación antes mencionada.

Para la consecución de los objetivos planteados en este proyecto, se abordarán primeramente conceptos generales relacionados a las redes de acceso, describiéndolas y clasificándolas de acuerdo a sus características. Se da énfasis en aquellas cuya infraestructura se basa en fibra óptica con elementos de red pasivos.

Posteriormente se realiza un estudio de la tecnología FTTH mediante la descripción del estándar IEEE 802.3ah, el cual detalla a *Ethernet* como opción de acceso de última milla. Se destaca aquellos conceptos relevantes para el completo entendimiento de esta nueva tendencia tecnológica, y así tener una mejor percepción del diseño de red planteado.

Seguidamente se realiza el diseño de la red de acceso óptico para los edificios ubicados en la Avenida República del Salvador, presentando dos opciones de

## **RESUMEN**

---

implementación, basadas en las necesidades de ANDINATEL S.A. de brindar nuevos y mejores servicios a sus clientes.

Finalmente se detallan los presupuestos referenciales para cada una de las opciones planteadas con el fin de tener una mejor percepción del costo de implementación del proyecto.



# PRESENTACIÓN

---

El presente proyecto describe una nueva tecnología en las redes de acceso, y la implementación de ésta, en los edificios ubicados en la Avenida República del Salvador pertenecientes a la Central de Lñaquito de la ciudad de Quito.

Se ha dado una visión global de las redes antes mencionadas, en especial aquellas denominadas ópticas y el detalle de su concepción dentro de las normas internacionales planteadas para la adecuada implementación de las mismas.

La valiosa información recopilada y resumida presente en los diversos capítulos, servirá como fuente de consulta e información en futuros trabajos de investigación.

Además se presenta una serie de conclusiones y recomendaciones al lector, las cuales darán lugar a nuevos trabajos y proyectos en el Ecuador.

# **CAPÍTULO I**

## **REDES DE ACCESO**

# CAPÍTULO I

## REDES DE ACCESO

En este capítulo se describe las redes de acceso a través de sus generalidades, uso, clasificación e importancia en las telecomunicaciones.

Primeramente se definirá a las redes de acceso, para luego enmarcarlas dentro de una clasificación y así identificar cada una de ellas mediante su descripción, enfatizando en aquellas de mayor interés para el presente trabajo.

### 1.1. GENERALIDADES

Una red de acceso en telecomunicaciones se define como el conjunto de elementos que soportan los enlaces de telecomunicaciones entre los usuarios finales y la empresa suministradora del servicio. Sus principales componentes son: los medios de transmisión y los elementos que realizan la adecuación de la señal a los mismos [1].

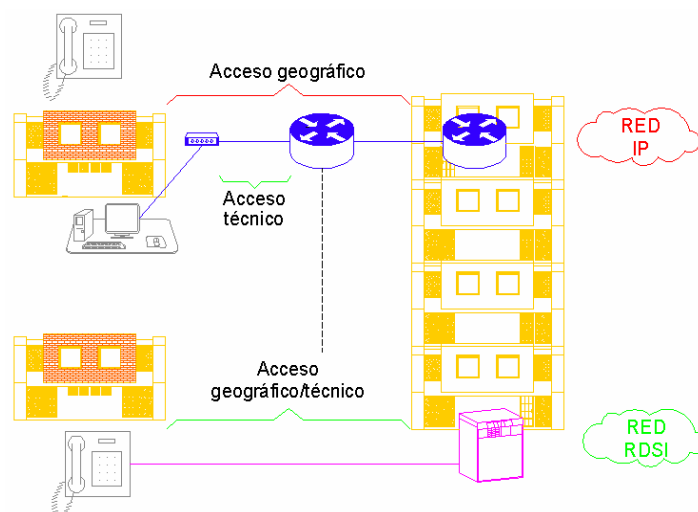


Figura 1.1. Acceso geográfico vs. Acceso técnico. [2]

La red de acceso se puede considerar desde dos puntos de vista (figura 1.1.):

- **Geográfico:** Cuando se refiere a aquella infraestructura de comunicaciones que existe entre el domicilio del cliente y la central de conmutación.
- **Técnico:** Cuando hace referencia a toda la infraestructura de comunicaciones existente entre el punto de conexión del terminal de usuario en el domicilio del cliente y el primer equipo que procesa la información.

Se puede hacer una primera distinción entre las tecnologías de acceso clasificándolas en redes de acceso guiado y redes de acceso no guiado.

### **1.2. REDES DE ACCESO GUIADO [2]**

Las redes de acceso guiado precisan de la existencia de un medio físico de transmisión que transporte en su interior la información entre el usuario y la central, o entre el usuario y el primer punto donde se reenvíe a la red troncal o *backbone*.

#### **1.2.1. LÍNEA DE CLIENTE DIGITAL**

La arquitectura de red de comunicaciones más ampliamente difundida para proporcionar acceso a los servicios de telecomunicaciones es aquella que se basa en el uso del par de cobre. Inicialmente concebida para ofrecer el servicio de voz analógico, con el tiempo ha ido evolucionando para poder ofrecer más servicios a los usuarios.

En este modelo, la infraestructura consiste en un par de cobre que une el terminal del cliente, es decir, el teléfono, con la central de conmutación, punto a partir del cual se procesan las órdenes necesarias para proporcionar conectividad extremo a extremo entre los dos usuarios del sistema: el llamante y el llamado.

Puesto que en sus orígenes fue concebida para la transmisión de tráfico de voz, se optó por filtrar parte de la información enviada, limitando el ancho de banda del canal vocal telefónico en torno a los 4 kHz. En concreto, sólo se transmiten las señales analógicas comprendidas entre los 100 Hz y los 3 700 Hz

Los objetivos que se consiguen con esta restricción son, entre otros, la disminución de las interferencias de señales (ruidos) de alta frecuencia y la limitación del ancho de banda necesario para transmitir digitalmente los distintos canales de voz entre las centrales.

Con la llegada al cliente residencial de las comunicaciones de datos surgió la necesidad de proporcionar a los usuarios los dispositivos que les permitieran intercambiar información digital. Apareció el módem (equipo terminal MODulador-DEModulador), cuya misión básica es la de transmitir datos digitales a través de una red optimizada para cursar señales analógicas.

En transmisión actúa como modulador recibiendo una secuencia de *bits* y convirtiéndola en una señal analógica, asociando a cada *bit*, o a un conjunto de éstos, un tono (frecuencia) diferente. En recepción el proceso es el inverso, es decir, el módem actúa como demodulador y la operación que realiza es la conversión de los tonos recibidos en las secuencias de *bits* originales.

Gracias a estos dispositivos, los operadores de telecomunicaciones consiguen ofrecer a sus clientes comunicaciones de datos reutilizando las infraestructuras existentes. Los mayores inconvenientes son que cuando se establecen comunicaciones de datos no se pueden hacer ni recibir llamadas telefónicas, y que la velocidad de transmisión está limitada por el filtrado antes descrito. Con los módems actuales se consiguen aproximadamente 56 kbps.

Una alternativa para alimentar estas prestaciones la constituye la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), que permite digitalizar la red. Mediante esta tecnología ya no se transmiten señales analógicas sino digitales, desde el

terminal del cliente, haciendo innecesario el uso de un módem para la transmisión de datos.

El objetivo final es disponer de una red típica en la que se puedan ofrecer de manera integrada todos los servicios de comunicación de voz y de datos demandados por los clientes, evitando la necesidad de disponer de una red de comunicaciones distinta para cada servicio.

La solución RDSI aumenta la velocidad y la calidad de las comunicaciones. Sin embargo, aspectos relacionados con los modelos de negocio (como el lento despliegue, los altos precios, etc.) han hecho que tecnologías más recientes permitan ofrecer “lo mismo a mejor precio”. Dichas tecnologías son las soluciones xDSL (*x Digital Subscriber Line* – Línea Digital de Abonado) descritas a continuación.

### 1.2.2. TECNOLOGÍAS DE ACCESO xDSL [3]

Tecnología Xdsl	Descripción
ADSL	Línea de cliente digital asimétrica
RADSL	Línea de cliente digital de velocidad adaptable
ADSL G.LITE ó UDSL	Línea de cliente digital pequeña
VDSL	Línea de cliente digital de velocidad muy alta
HDSL	Línea de cliente digital de alto índice de datos
HDSL2 ó SHDSL	Línea de cliente digital de alto índice de datos 2
SDSL	Línea de cliente digital simétrica
MDSL	Línea de cliente digital simétrica multivelocidad
IDSL ó ISDN-BA	Línea de cliente digital ISDN
G.SHDSL	Estándar UIT

**Tabla 1.1.** Tecnologías xDSL.

Hay varias tecnologías xDSL, cada diseño especifica fines y necesidades de venta de mercado. Algunas formas de xDSL son propietarias, otras son

simplemente modelos teóricos y otras son usadas como estándar. La tabla 1.1., muestra las diferentes tecnologías xDSL.

### **1.2.2.1. ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*)**

Es una tecnología de módem que transforma las líneas telefónicas o el par de cobre del abonado en líneas de alta velocidad permanentemente establecidas. ADSL facilita el acceso a Internet de alta velocidad así como el acceso a redes corporativas para aplicaciones como el teletrabajo y aplicaciones multimedia como juegos *on-line*, *video on demand*, videoconferencia, voz sobre IP, etc.

### **1.2.2.2. RADSL (*Rate-Adaptive Digital Subscriber Line*)**

Se ajusta a la velocidad de acceso de acuerdo a las condiciones de la línea. Funciona en los mismos márgenes de velocidad que ADSL, pero tiene la ventaja de ajustarse de forma dinámica a las condiciones de la línea y su longitud.

La velocidad final de conexión utilizando esta variante de ADSL puede seleccionarse cuando la línea se sincroniza, durante la conexión o como resultado de una señal procedente de la central telefónica. Esta variante entrega de 640 kbps a 2,2 Mbps *downstream* y de 272 kbps a 1088 Mbps *upstream* sobre una línea existente.

### **1.2.2.3. ADSL G.LITE ó UDSL (*DSL Unidireccional*)**

G.LITE es también conocido como *DSL Lite*, *splitter-less ADSL* (sin filtro voz/datos), y ADSL Universal. Hasta la llegada del estándar, el UAWG (*Universal ADSL Work Group*, Grupo de trabajo de ADSL) llamaba a la tecnología G.LITE, *Universal ADSL*.

En Junio de 1999, G.992.2 fue adoptado por la UIT como el estándar que recogía esta tecnología. Desgraciadamente para los consumidores, G.LITE es más lento

que ADSL. Ofrece velocidades de 1,3 Mbps (*downstream*) y de 512 kbps (*upstream*).

### **1.2.2.4. VDSL (*Very High Speed DSL*)**

La modalidad VDSL es la más rápida de las tecnologías xDSL, ya que puede alcanzar una velocidad de entre 13 y 52 Mbps desde la central hasta el abonado y de 1,5 a 2,3 Mbps en sentido contrario, por lo que se trata de un tipo de conexión también asimétrica.

La máxima distancia que puede haber entre los dos módems VDSL no puede superar los 1371 metros. Es la tecnología idónea para suministrar señales de TV de alta definición.

VDSL está destinado a proveer el enlace final entre una red de fibra óptica y el usuario final. El medio físico utilizado es independiente de VDSL, una posibilidad es utilizar una infraestructura existente de cableado local.

### **1.2.2.5. HDSL (*High Date Rate DSL*)**

La tecnología HDSL es simétrica y bidireccional, por lo que la velocidad desde la central al usuario y viceversa será la misma.

Se implementa principalmente en las PBX. Esta es la tecnología más avanzada de todas, ya que se encuentra implementada en grandes fábricas donde existen grandes redes de datos y es necesario transportar información a muy alta velocidad de un punto a otro.

La velocidad que puede llegar a alcanzar es de 2,048 Mbps (*full-duplex*) utilizando dos pares de cobre, a una distancia de 4500 metros, y modulación por amplitud de pulso 2B1Q.



Las compañías telefónicas han encontrado en esta modalidad una sustitución a las líneas T1/E1 (líneas de alta velocidad) sobre otro tipo de medio - fibra óptica, utilizadas en Norteamérica y en Europa y, Latino América, respectivamente.

HDSL está enfocado principalmente hacia usos empresariales (interconexión de nodos proveedores de Internet, redes privadas de datos, enlaces entre pequeñas centrales, etc.) más que hacia el usuario (cuyas necesidades se verán mejor cubiertas por las tecnologías ADSL y SDSL).

Una de las principales aplicaciones de HDSL es el acceso de última milla a costo razonable comparadas con las redes de transporte digital para RDI (Red Digital Integrada), redes satelitales y del tipo *Frame Relay*.

La tecnología HDSL tiene cabida en las comunicaciones de redes públicas y privadas también. Cada empresa puede tener requerimientos diferentes, orientados al uso de líneas privadas de fácil acceso y obtención para que con productos de tecnología HDSL se puedan obtener soluciones de bajo costo y alta efectividad.

### **1.2.2.6. HDSL2 ó SHDSL (*High Bit-rate Digital Subscriber Line 2*)**

Está diseñada para transportar señales T1 a 1,544 Mbps sobre un par simple de cobre. HDSL2 usa: *Overlapped Phase Trellis-code Interlocked Spectrum* (OPTIS - Espectro de interbloqueo de código Trellis de fases solapadas).

Ofrece los mismos 2,048 Mbps de ancho de banda como solución a los tradicionales 4 cables de HDSL, con la ventaja de requerir solamente un par simple de cobre.

### **1.2.2.7. SDSL (*Symmetric Digital Subscriber Line*)**

Es muy similar a la tecnología HDSL, ya que soporta transmisiones simétricas, pero con dos particularidades: utiliza un solo par de cobre y tiene un alcance

máximo de 3048 metros. Dentro de esta distancia será posible mantener una velocidad similar a HDSL.

Esta tecnología provee el mismo ancho de banda en ambas direcciones, tanto para subir y bajar datos; es decir que independientemente de que se esté cargando o descargando información de la Web, se tiene el mismo rendimiento de excelente calidad.

SDSL brinda velocidades de transmisión entre un rango de T1/E1, de hasta 1,5 Mbps. Este tipo de conexión es ideal para las empresas pequeñas y medianas que necesitan un medio eficaz para subir y bajar archivos a la Web.

### **1.2.2.8. MDSL (*Multirate Digital Subscriber Line*)**

Más allá de los 144 kbps de ancho de banda de IDSL (*ISDN Digital Subscriber Line*), hay nuevas tecnologías que ofrecen rangos entre 128 kbps y 2,048 Mbps.

Para una aplicación simétrica, *Multirate SDSL* (M/SDSL) ha surgido como una tecnología valorada en los servicios TDM (Multiplexación por División de Tiempo) sobre una base ubicua.

Construida sobre un par simple de la tecnología SDSL, M/SDSL soporta cambios operacionales en la tasa del *transceiver* y distancias con respecto al mismo.

Con una habilidad de auto-tasa (similar a RADSL), las aplicaciones simétricas pueden ser universalmente desarrolladas.

### **1.2.2.9. IDSL ó ISDN-BA (*ISDN Digital Subscriber Line*)**

Esta tecnología es simétrica, similar a SDSL, pero opera a velocidades más bajas y a distancias más cortas. ISDN se basa el desarrollo DSL de *Ascend Communications*.

IDSL se implementa sobre una línea de ISDN y actualmente se emplea como conexión al Internet para la transferencia de datos. El servicio de IDSL permite velocidades de 128 kbps o 144 kbps.

### **1.2.2.10. G.SHDSL (*Symmetric High-Speed DSL*)**

G.SHDSL es un estándar de la UIT el cual ofrece un conjunto de características muy ricas (por ejemplo, velocidades adaptables) y ofrece mayores distancias que cualquier estándar actual.

Este método ofrece anchos de bandas simétricos comprendidos entre 192 kbps y 2,3 Mbps, con un 30% más de longitud del cable que SDSL y presenta cierta compatibilidad con otras variantes DSL. Espera aplicarse en todo el mundo.

G.SHDSL también puede negociar el número de tramas del protocolo incluyendo ATM, T1, E1, ISDN e IP.

Esta solicitado para empezar a reemplazar las tecnologías T1, E1, HDSL, SDSL HDSL2, ISDN e IDSL.

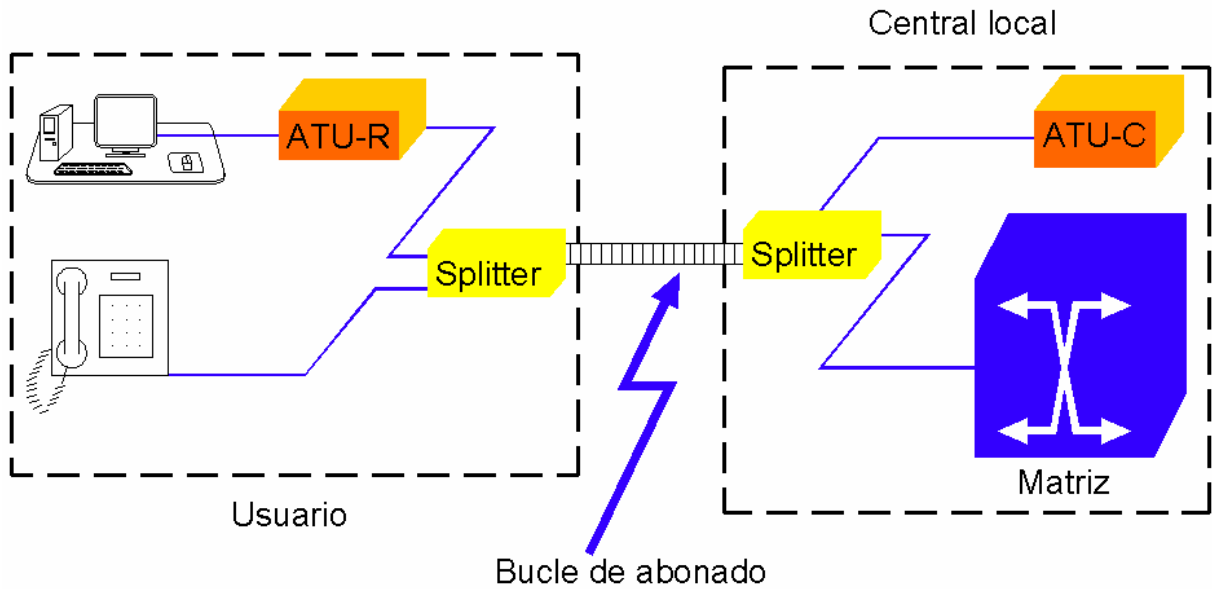
### **1.2.3. ADSL: FUNDAMENTOS TECNOLÓGICOS Y ARQUITECTURA DE RED**

La línea de cliente digital asimétrica ADSL es una de las múltiples variantes que intervienen dentro de las tecnologías xDSL. Permite proveer un acceso de alta velocidad de datos, manteniendo la línea de voz operativa, a través de los elementos que intervienen en la arquitectura del sistema (figura 1.2. y figura 1.3.), que son los siguientes:

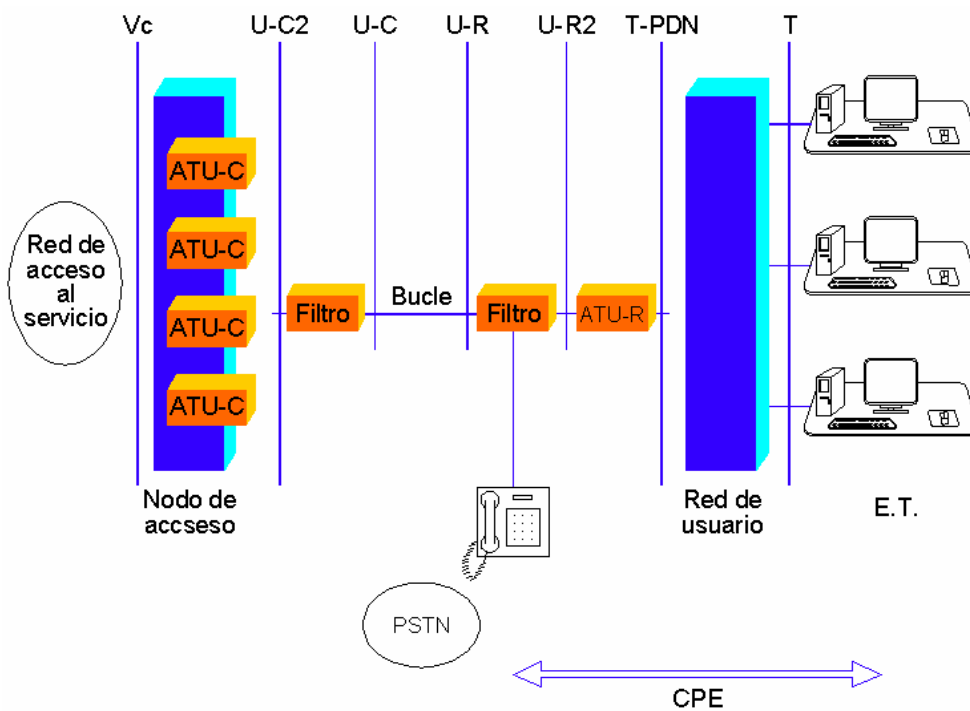
- El par de cobre o bucle de abonado.
- El *splitter* o divisor, para separar los distintos canales.

## CAPÍTULO I – Redes de acceso

- El módem del lado del usuario (ATU-R, ADSL *Terminal Unit Remote*).
- El módem del lado de la central (ATU-C, ADSL *Terminal Unit Central*).



**Figura 1.2.** Elementos que intervienen en la comunicación ADSL.



**Figura 1.3.** Nombres de las interfaces y elementos de red.

ADSL ofrece acceso asimétrico, con mayor capacidad en el enlace central-cliente (también conocido como *downstream*) que en el inverso (*upstream*).

La base sobre la que se fundamenta la tecnología ADSL está íntimamente relacionada con el medio de transmisión que debe emplear, el par de cobre, así como con la utilidad que debe ofrecer tanto al usuario como al operador de telecomunicaciones.

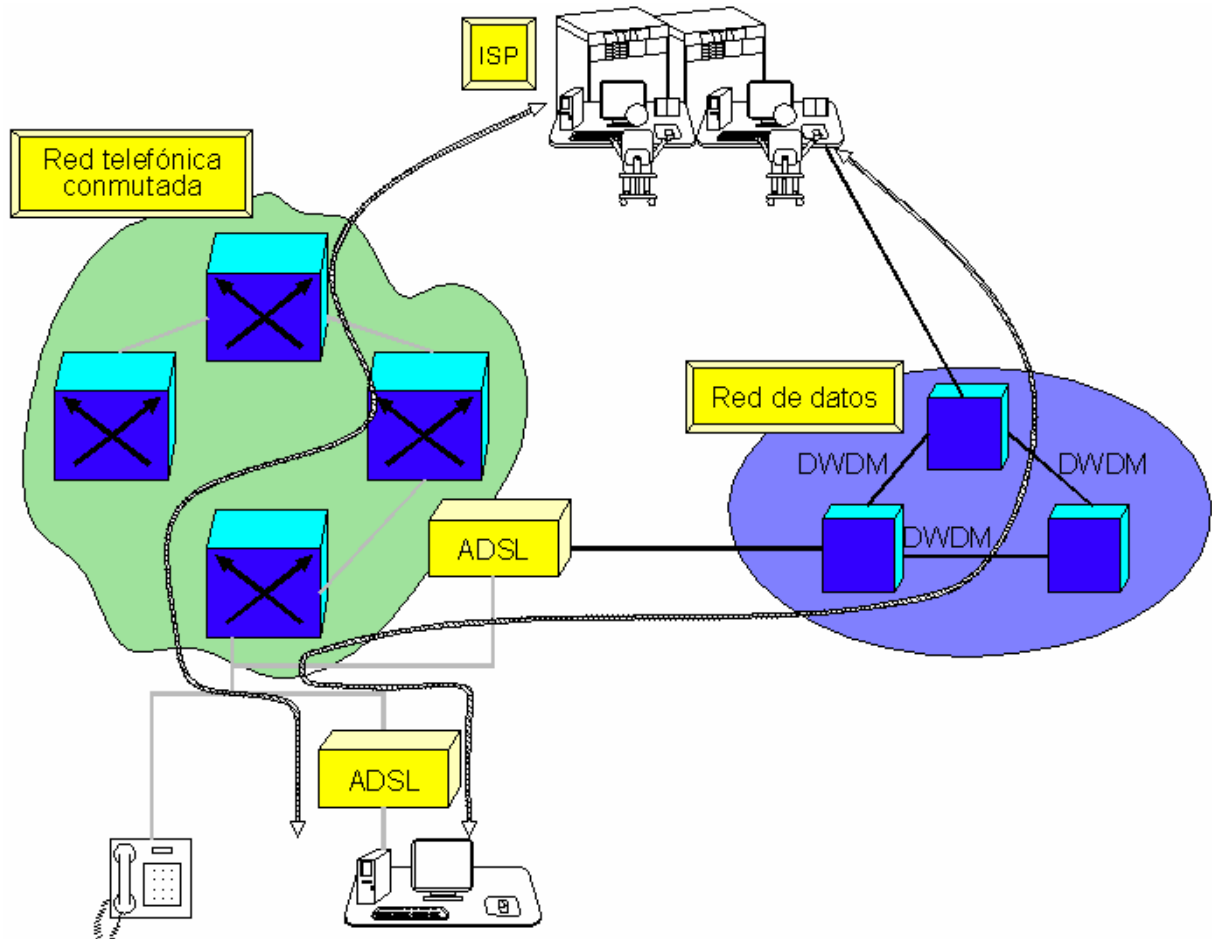
Debe posibilitar el acceso de banda ancha a Internet, con conexión permanente y sin perder la opción de utilizar simultáneamente la línea de voz; y al mismo tiempo debe permitir que se pueda redirigir la comunicación de datos a una red que los procese más eficientemente, permitiendo ofrecer nuevos servicios reutilizando la infraestructura existente.

La solución propuesta se basa en la utilización de todo el ancho de banda disponible en el par de cobre (aproximadamente 1 MHz). Para aprovechar mejor este medio se optó por dividir el espectro frecuencial, permitiendo el uso simétrico o asimétrico del mismo.

Una de las principales aportaciones al negocio de los operadores de telecomunicación de las tecnologías DSL consiste en que permiten manejar la voz y los datos de forma separada. De este modo, la voz sigue su camino tradicional, es decir, es procesada por una red de conmutación de circuitos, diseñada y dimensionada para tal efecto, mientras que los datos son encaminados a una red específica de conmutación de paquetes que permite procesar la información de manera más eficiente.

Para poder realizar esta separación entre el tráfico de voz y el de datos es necesario incorporar nuevos elementos en la arquitectura de red, los denominados divisores o *splitters*.

En la figura 1.4., se representa cómo se redirigen los datos provenientes del PC del cliente hacia el ISP (*Internet Service Provider* - Proveedor de Servicios de Internet), a través del divisor.



**Figura 1.4.** Procesamiento separado de voz y datos utilizando DSL.

Un aspecto a resaltar es que esta red de datos actualmente emplea ATM (*Asynchronous Transfer Mode* – Modo de Transferencia Asíncrono), ya que en el momento de la definición de la norma era la opción que más futuro tenía. Además, era necesario disponer de un protocolo que permitiese garantizar la calidad de servicio de la comunicación. Este hecho impacta en la construcción de los módems, que deben procesar la información en formato ATM.

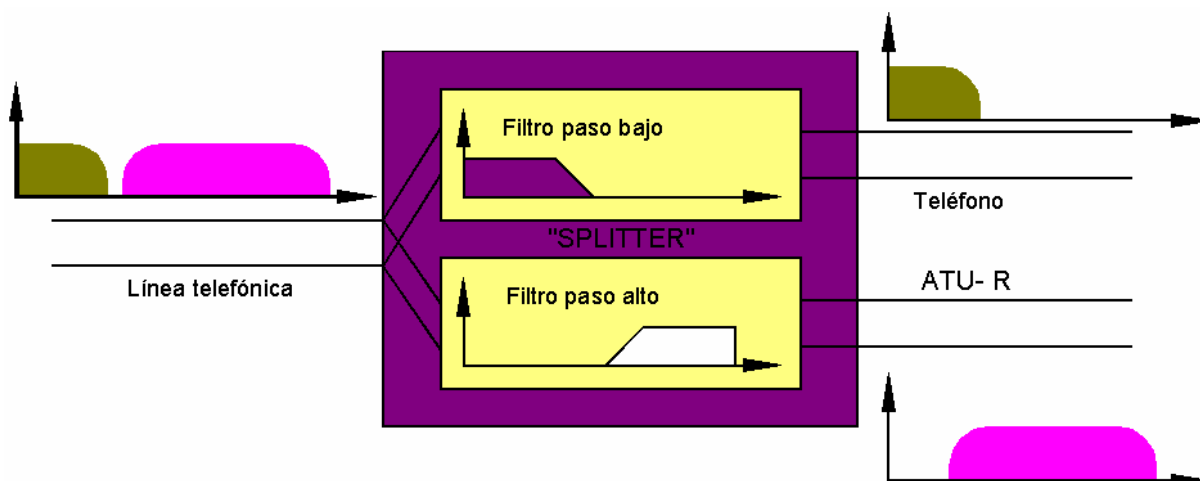
Las velocidades inicialmente definidas para ADSL son:

- 1,5 Mbps para el sentido ascendente o *upstream* (usuario  $\Rightarrow$  red).
- 8 Mbps para el sentido descendente o *downstream* (red  $\Rightarrow$  usuario).

Aunque no todos los usuarios podrán tener acceso a esa capacidad, la gran mayoría podrá conectarse a velocidades de, al menos, 2 Mbps en sentido descendente.

La misión del divisor o *splitter* es simple (figura 1.5.), en el lado del usuario, separar las comunicaciones de voz, que se encaminarán al teléfono, de las comunicaciones de datos, que se enviarán al módem ADSL (ATU-R).

En la central el funcionamiento es similar, aunque los destinos diferentes. Las señales de voz se procesan en la central de conmutación pertinente, mientras que los datos se envían directamente a una red que procesa de manera nativa esta información.



**Figura 1.5.** Modo de operación del divisor o *splitter*.

## CAPÍTULO I – Redes de acceso

---

Una de las ventajas que proporciona, tanto para el operador en términos económicos, como para el usuario en términos de facilidades de uso, es que la línea telefónica tradicional continúa completamente operativa.

Uno de los principales inconvenientes que presentan estos dispositivos es que requieren la presencia de personal del operador de telecomunicaciones en casa del cliente para realizar la instalación.

Por este motivo, han surgido variantes de ADSL, en concreto ADSL G.LITE, que permite evitar la instalación del filtro en las dependencias del cliente pero, como contrapartida, se produce una disminución de las prestaciones (512 kbps de subida y 1,5 Mbps de bajada).

El ATU-R (*ADSL Terminal Unit Remote*) es el módem ADSL que se instala en las dependencias del cliente. Las funcionalidades asociadas a este dispositivo son:

- La evaluación de las características del par de cobre para el reparto del flujo de datos entre las distintas portadoras.
- La provisión de una interfaz de acceso a los equipo del cliente. Normalmente esta interfaz es *Ethernet* (10BaseT), pero se pueden disponer de otras más como USB (*Universal Serial Bus* – Bus Serial Universal), ATM, etc.
- El funcionamiento en modalidad de *bridge* (conmutando tramas de nivel 2 OSI) o de *router* (trabajando en el nivel de red con posibilidad de encaminamiento).
- La conversión en celdas ATM de la información a transmitir, y la evaluación de la calidad de servicio en la información que se transmite.

Lógicamente, el precio del equipo de usuario se incrementa a medida que éste incorpora más funcionalidades.

---



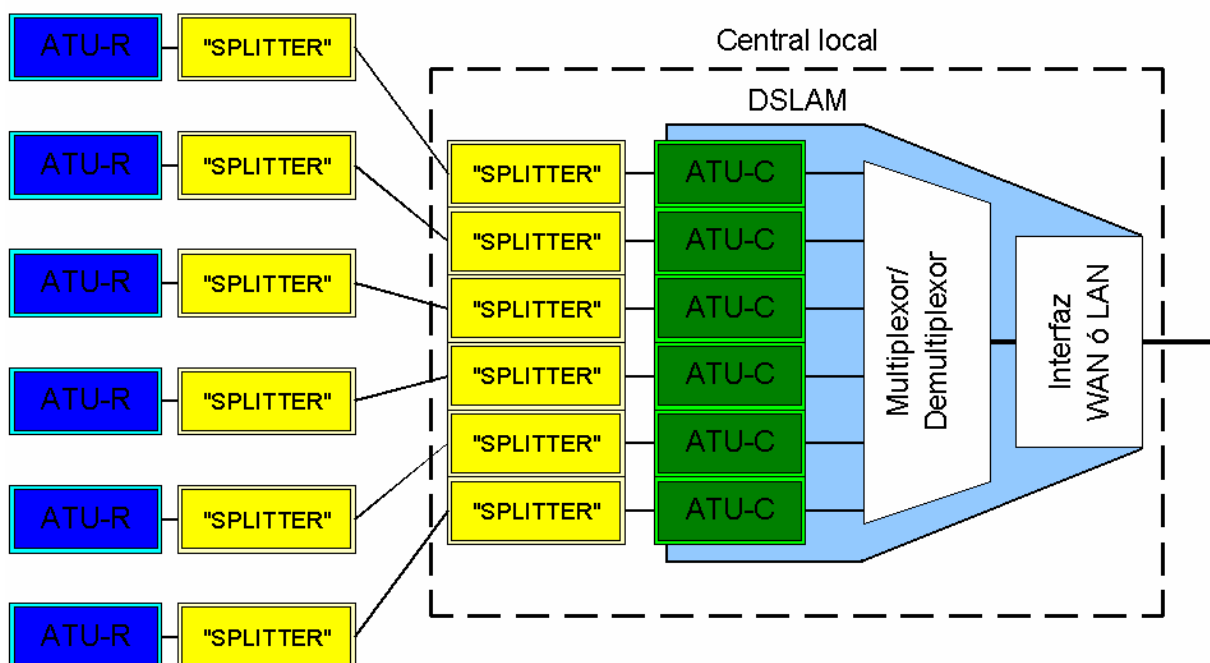
## CAPÍTULO I – Redes de acceso

Para finalizar la conexión en la central se instala otro módem, el ATU-C (*ADSL Terminal Unit Central*), que recibe los datos una vez que han sido redirigidos por el divisor instalado en la central.

Las tareas que realiza este equipo son similares a las del ATU-R, con la salvedad de que en funcionamiento asimétrico precisa operar con un mayor número de subportadoras.

El equipo instalado en la central se conoce normalmente como DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*).

Con el objetivo de alcanzar la mayor reducción posible de costos, se apreció que lo mejor sería integrar un cierto número de ATU-C en un mismo chasis, compartiendo entre todos una misma matriz de conmutación ATM, que será la que finalmente redirija la información a través del CVP (Circuito Virtual Permanente) correspondiente a la red de datos externa (figura 1.6.).

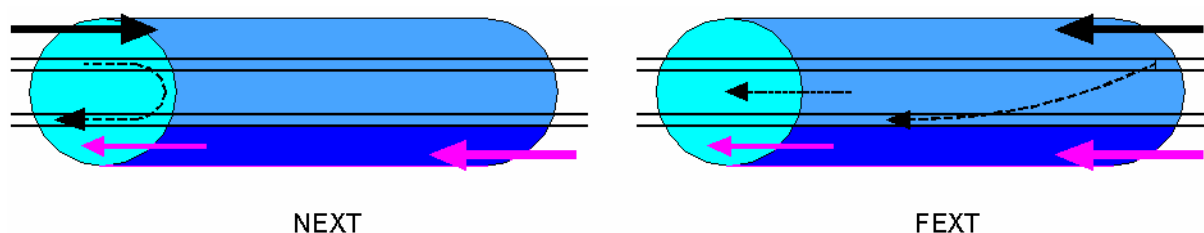


**Figura 1.6.** Módem en el lado de la central.

### 1.2.3.1. Problemas que presenta ADSL

Un primer problema, es el relativo a los costos de instalación, al requerirse la presencia de personal del operador en las dependencias del cliente. Existen, además, otros problemas:

- No todos los pares están a una distancia tal que se puedan ofrecer las prestaciones máximas. Recuérdese que la velocidad es función de la longitud del bucle.
- El estado de los pares de cobre es diverso, encontrándose pares de diferentes calibres (diámetros), empalmes, ramas multipladas (pares que se duplican para acceder con el mismo a dos ubicaciones distintas), etc.
- El ruido influye notablemente en la calidad de la comunicación.
- Es posible la aparición de diafonía en los cables multipares, presentándose dos variantes: *Near-End Crosstalk* (NEXT) y *Far-End Crosstalk* (FEXT) (figura 1.7.).



**Figura 1.7.** Tipos de diafonía: *near-end* y *far-end crosstalk*.

- Los pares de cobre van agrupados por grupos. En consecuencia, en zonas de alta demanda puede que muchos usuarios compartan el mismo grupo de pares, provocando un gran aumento de las interferencias. En ocasiones esto hace inviable la provisión del servicio, siendo necesario instalar nuevos pares.

- Cambios en la distribución de tráfico. Debido a que en ocasiones se suele asignar una dirección IP estática al usuario, éste puede cambiar su comportamiento en cuanto al uso de la red y ofrecer también sus propios contenidos, actuando como servidor y pasando de un comportamiento asimétrico de los datos a un comportamiento más simétrico.

### **1.2.3.2. Beneficios aportados por ADSL**

Las ventajas que aporta esta tecnología, pueden dividirse en dos grandes categorías:

- *Beneficios para el operador de telecomunicaciones.* En primer lugar destaca la opción de que dispone el operador de telecomunicaciones para poder ofrecer acceso de banda ancha reutilizando la infraestructura existente. De esta manera tiene una opción viable para ofrecer nuevos servicios (videoconferencia, *video broadcast*, etc.).

Otro aspecto muy importante es que mediante esta tecnología se libera a la red telefónica conmutada del tráfico de datos, permitiendo al operador hacer un uso más eficiente de sus redes de comunicaciones (circuitos y paquetes).

Finalmente, aspectos como el aumento de la competencia, permitiendo la entrada de nuevos actores en el mercado, son positivos para el sector.

- *Beneficios para los usuarios.* El principal es el de disponer de banda ancha en casa manteniendo las comunicaciones de voz, con una única línea telefónica.

Un aspecto relevante aquí es el tema de los precios. Aún hay que determinar si lo que se ofrece es barato o caro, aunque todavía hay que sensibilizar al usuario de que Internet no es gratis, y menos aun los servicios que recibe (esta problemática es similar a la de la Televisión por cable).

### **1.2.4. REDES DE ACCESO BASADAS EN CABLE COAXIAL Y FIBRA ÓPTICA**

Hasta mediados de la década de los 90 había una diferenciación clara entre las redes basadas en fibra óptica y las basadas en cable coaxial.

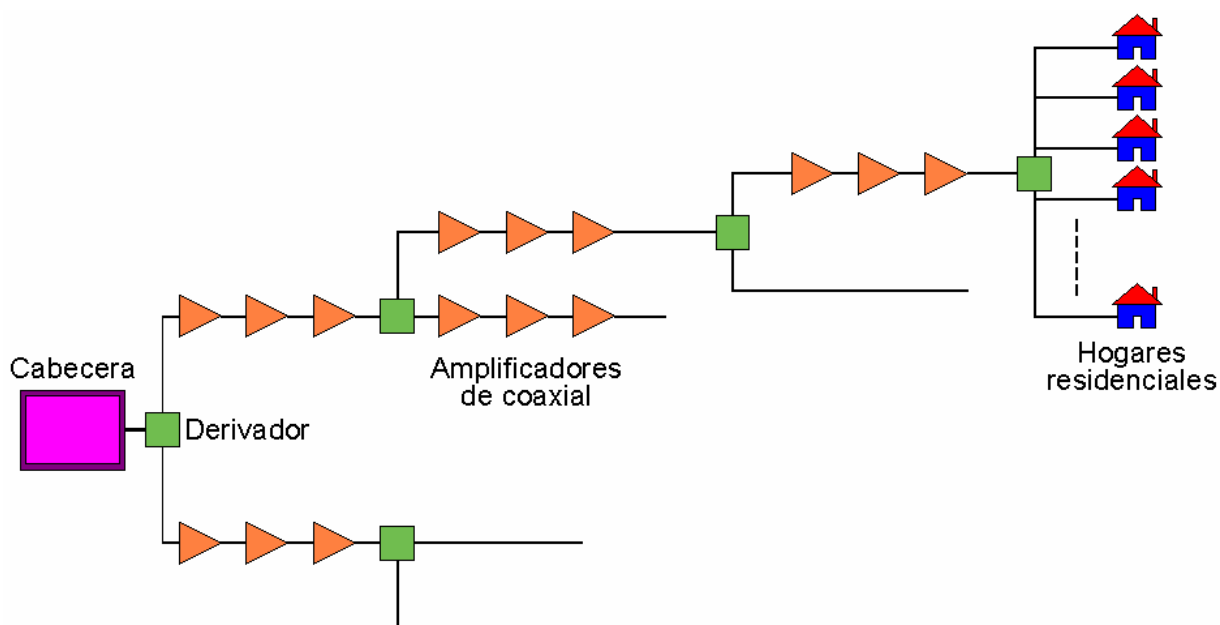
En las primeras, el operador tradicional de telefonía tenía la posibilidad de tender una infraestructura de fibra óptica entre el edificio de la central y un punto próximo a los terminales de los usuarios, donde instalaba un equipo terminal. El terminal realizaba la conversión opto-electrónica y se conectaba con los terminales de los usuarios a través de la acometida convencional de cobre.

En las segundas, los operadores de cable, diferentes de los operadores tradicionales de telefonía, distribuían canales de televisión a través de un tendido de cable coaxial. Sin embargo, mientras los operadores de telefonía apenas desplegaban fibra en lo definido como acceso, debido al elevado costo de sus equipos terminales, los de cable disponían ya de una verdadera red de banda ancha, aunque limitada a servicios de difusión de televisión.

En la figura 1.8., se puede ver un esquema de las redes tradicionales de cable. Desde una cabecera se inyectaban un conjunto de canales de televisión a diferentes cables coaxiales. A lo largo de los cables se iban colocando amplificadores, que compensaban las pérdidas de transmisión, y derivadores, que llevaban las señales primero a barrios diferentes, luego a manzanas de casas y finalmente a hogares individuales.

A partir de 1990, los operadores de cable comenzaron a mejorar la calidad de la transmisión y a aumentar la capacidad de sus redes mediante la sustitución de tendidos enteros de coaxial, junto con sus amplificadores, por enlaces de fibra óptica.

La sustitución fue gradual en sus comienzos y generalizada al final, de forma que en la actualidad únicamente la acometida es coaxial. Por este motivo, y a pesar de sus diferentes orígenes, las redes de acceso de cable y fibra son similares.



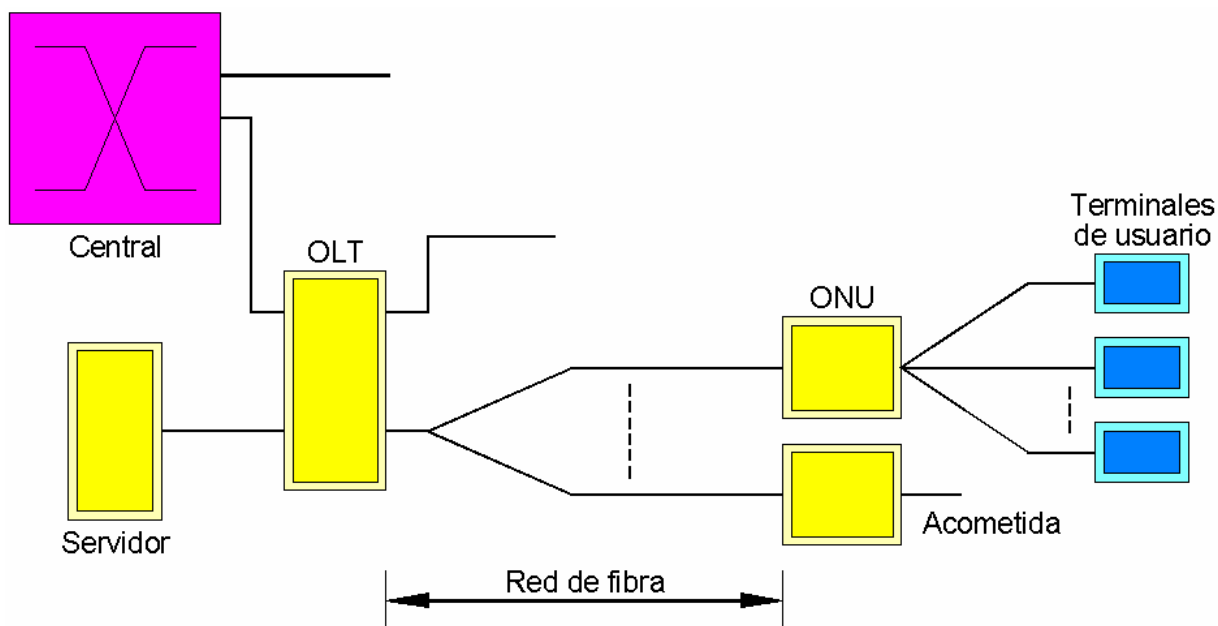
**Figura 1.8.** Esquema de una red tradicional de cable para la difusión de televisión.

### 1.2.4.1. Definición de las redes de acceso de fibra óptica

Como marco de referencia, en la figura 1.9., se muestra lo que se entiende por red de acceso de fibra: un conjunto de equipos e instalaciones que conectan los elementos terminales de la red de transporte con los terminales de los usuarios.

En concreto, y avanzando desde la red al usuario, se distinguen las siguientes partes: Terminal de Línea Óptica (OLT), red de distribución de fibra óptica, Unidad de Red Óptica (ONU) y acometida.

En las redes tradicionales de telefonía, la frontera entre la red de transporte y la de acceso está constituida por las centrales de conmutación local. En la actualidad, esta frontera se ha ampliado e incluye también otros tipos de conmutadores: conmutadores ATM, *routers* IP y servidores locales. Esto es, cualquier tipo de concentrador que agrega el tráfico de los clientes finales y lo entrega a la red de transporte.



**Figura 1.9.** Red de acceso de fibra óptica.

El terminal de línea (OLT) es un equipo de transmisión que adapta la interfaz de los conmutadores o servidores al medio portador de la red de acceso. Suele estar co-instalado con estos últimos en el mismo edificio, edificio central, e incluso en la misma sala. Como ejemplo, en el caso de la transmisión mediante ADSL el terminal de línea es un módem, mientras que en el de telefonía convencional el terminal no existe como equipo independiente, al estar su funcionalidad incluida en las tarjetas de línea de la central.

La situación es similar en el acceso de fibra: en algunos casos es un equipo separado, mientras que en otros está incluido en los conmutadores o *routers*. Es evidente que las redes que requieren un terminal de línea como equipo independiente son más caras que aquellas en las que la conmutación local y la transmisión están integradas en un único elemento.

La red de distribución constituye la planta exterior propiamente dicha: un conjunto de cables que salen del edificio de la central y se van ramificando hasta llegar a los denominados equipos terminales de red que, normalmente, pero no siempre, constituyen el final de la red de fibra.

Entre los terminales de red y los de usuario suele existir un tramo adicional de planta, la acometida, generalmente constituida por cables de cobre o coaxiales, aunque en algunos casos puede ser también de fibra o incluso una interfaz de radio. El lugar donde se instala el terminal de red y, en consecuencia, la definición de la acometida, da lugar a una clasificación de las redes de acceso de fibra óptica en función de su punto de terminación.

### *1.2.4.1.1. Fibra hasta el punto de terminación (FTTx)*

Tal como se describió anteriormente, la red de acceso de fibra no siempre está constituida únicamente de fibra óptica. Dependiendo del punto donde acabe la fibra óptica el tipo de red recibe un nombre u otro.

Se pueden citar algunos ejemplos:

- Fibra hasta el hogar, *Fiber To The Home* (FTTH).
- Fibra hasta la acera. *Fiber To The Curb* (FTTC).
- Fibra hasta el edificio, *Fiber o The Building* (FTTB).
- Fibra hasta el escritorio, *Fiber To The Desk* (FTTD).

Para abarcar todas estas situaciones bajo una denominación común se utilizan además otras dos acepciones: *FTTx*, que se puede entender como cualquiera de las anteriores, y fibra en el acceso, *Fiber In The Loop* (FITL). Dependiendo de los interlocutores y los escenarios, se emplean unos términos u otros.

### **1.2.4.2. Clasificación de las redes de acceso de fibra óptica**

Independientemente del nombre que puedan recibir por el lugar donde se encuentra el terminal de red, las redes de acceso de fibra se clasifican, según el tipo de servicios que pueden soportar, en:

- Redes de fibra para servicios de banda estrecha.
- Redes de fibra para servicios interactivos de banda ancha.
- Redes de fibra para servicios de distribución, también conocidas como redes *Híbridas Fibra Coaxial (HFC)*.

### 1.2.4.3. Redes de fibra óptica para servicios de banda estrecha

Por servicios de banda estrecha se entienden en este contexto aquellos cuyo ancho de banda es inferior a 2 Mbps. Incluye la telefonía convencional, acceso básico RDSI, líneas conmutadas de  $nx64$  kbps., conexiones ADSL, en las que el usuario recibe una señal tipo ADSL aunque parte de la red de acceso sea de fibra, etc.

El esquema de la red es el general de la figura 1.9., con dos particularidades principales: la red de fibra es pasiva (PON – *Passive Optical Network*), con topología en árbol, y la interfaz del OLT (*Optical Line Terminal*) con la central es de 2 Mbps., o  $nx2$  Mbps.

Por topología en árbol se entiende que cada fibra que sale del OLT se conecta con otras  $k$  varias a través de un acoplador pasivo, introduciendo en cada sentido de transmisión  $10 \cdot \log(k)$  dB de atenuación.

A este respecto cabe precisar que si en el sentido descendente, de la central al cliente, la fibra de entrada se divide en  $k$  fibras, y por tanto la potencia de la señal óptica también, en sentido ascendente, del cliente a la central, la potencia de cada una de las  $k$  señales también se divide por  $k$ . El valor máximo de  $k$  suele ser 32 o, lo que es lo mismo, cada interfaz de línea proporciona conectividad hasta 32 ONUs.

El hecho de que el medio de transmisión sea compartido obliga a que en el protocolo de comunicaciones se implemente un mecanismo de acceso al medio



(MAC). En sentido descendente, el MAC coincide con el sistema de multiplexación en el tiempo (*TDM*): se transmiten tramas divididas en subtramas, unas destinadas a unos ONUs y otras a otros. En sentido ascendente, por el contrario, el MAC exige un protocolo específico que incluye un procedimiento de medida de distancias ópticas (*ranking*).

El OLT indica a cada uno de los ONUs cuándo debe emitir una ráfaga, en función de sus peticiones de acceso, y para ello debe conocer a que distancia se encuentran. De hecho, no necesita conocer su distancia absoluta, sino la relativa, o diferencia de las distancias entre el OLT y cada uno de los terminales.

Habitualmente el procedimiento de medida se realiza en dos pasos: uno grueso, que se utiliza en el momento de la inicialización, configuración o actualización de red, y otro fino, que opera de forma continua.

Con los niveles de potencia óptica que emiten los láser de los OLTs y ONUs, unos 3 dBm, y con los mecanismos de medida de distancias mencionados anteriormente, se consiguen comercialmente distancias de bucle óptico, absolutas y relativas, de más de 20 y 5 km, respectivamente.

Así como el OLT se instala en el mismo edificio que la central, los ONUs pueden ir en aceras, dentro de armarios similares a los de distribución, o en locales particulares. El primer caso suele corresponder a entornos rurales, mientras que el segundo es más usual en urbanos, en los que suele ser más difícil y caro conseguir un permiso municipal para la instalación de mobiliario en la calle.

Como características técnicas adicionales caben destacar la velocidad de transmisión en línea, típicamente de hasta 155 Mbps, y las interfaces ópticas de una o dos fibras. En el caso de una interfaz de dos fibras se asigna una a cada sentido de transmisión. Cuando sólo hay una, cada sentido emplea una ventana óptica diferente, normalmente la de 1300 nm en sentido descendente y la de 1550 nm en el ascendente.

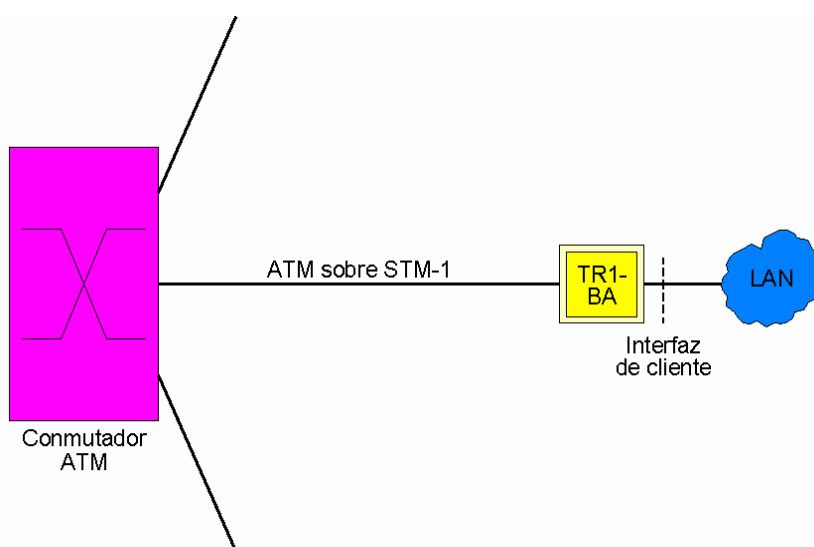
### 1.2.4.4. Redes de fibra óptica para servicios interactivos de banda ancha

De forma quizás algo artificial, se entiende por servicios interactivos de banda ancha aquellos en los que la velocidad de transmisión en sentido ascendente es superior a 2 Mbps. Además, y en contraposición al servicio de alquiler de líneas, el servicio interactivo no requiere una conexión permanente, sino que utiliza líneas conmutadas o, preferentemente, acceso a redes IP de alta velocidad.

Existen diversas implementaciones y propuestas sobre cómo debe ser una red de acceso de banda ancha. De forma representativa se presentan a continuación tres diferentes: las ATM punto a punto, la denominada *ATM-PON* y las *Gigabit Ethernet*.

#### 1.2.4.4.1. Acceso ATM punto a punto

En la figura 1.10., se representa la red de acceso ATM punto a punto. No dispone de un OLT, sino que el terminal de red se conecta directamente con el conmutador ATM por medio de un par de fibras dedicadas.



**Figura 1.10.** Red de acceso ATM punto a punto.

La red ofrece al usuario acceso ATM con velocidad máxima definida por contrato, y que puede ser de varias decenas de Mbps.

A nivel físico, las células ATM se transportan sobre una trama STM-1 (155 Mbps) de la Jerarquía Digital Sincrónica (SDH).

Al terminal de red se le denomina TR1-BA. Implementa algunas funciones de operación y mantenimiento, y entrega al cliente las células con interfaces diversas, como STM-1 sobre fibra monomodo o multimodo, o *Ethernet* sobre cable de pares de cobre. Normalmente, el TR1-BA se conecta a través de estas interfaces a su red de área local (LAN), más que a un terminal de usuario.

Este acceso se puede definir como de gran calidad: el cliente accede directamente al conmutador por un par de fibras en configuración punto a punto, y la velocidad de transferencia ATM puede llegar hasta 140 Mbps que es la carga útil de un STM-1.

El gran inconveniente de este servicio es su precio, derivado del hecho de que la red de fibra no proporciona ninguna concentración: cada cliente ocupa una interfaz del conmutador. En la actualidad, los clientes que utilizan estas redes son corporativos de gran tamaño, cuyo volumen de tráfico es suficientemente elevado como para justificar su contratación.

Para salvar este obstáculo, y ampliar la base de clientes, se ha propuesto la solución *ATM-PON*.

### *1.2.4.4.2. Redes ATM-PON*

Una red ATM-PON es el equivalente en banda ancha a la red de la figura 1.9. Incluye un OLT y varios ONUs de banda ancha, y la red de fibra es pasiva con topología en árbol. El número máximo de ramas es también de 32, y los alcances absolutos y relativos siguen siendo de 20 y 5 km, respectivamente.

La característica principal de esta red consiste en que el tráfico que transporta es del tipo ATM, y en sentido ascendente cada ráfaga de transmisión coincide con una célula. La velocidad de transmisión suele ser de 622 y 155 Mbps. en los sentidos descendente y ascendente, respectivamente. Asimismo, el procedimiento de medida de distancias ópticas es más preciso que en banda estrecha, con hasta tres pasos de ajuste diferentes.

El uso de ATM dota a la red de gran flexibilidad en la asignación dinámica de tráfico, y proporciona mecanismos consolidados de control de la calidad de servicio. Constituye además un valor añadido en los casos en los que el tráfico que se cursa por la red es ATM nativo, porque en ese caso no es necesario realizar funciones de adaptación de enlace (*AAL – ATM Adaptation Layer*), y se puede dotar al OLT de la funcionalidad de conmutador, con lo que de hecho se transforma al OLT en un conmutador ATM con interfaces de acceso incorporadas. Desafortunadamente para esta red, son escasos los clientes residenciales o de pequeñas empresas que generan tráfico ATM nativo.

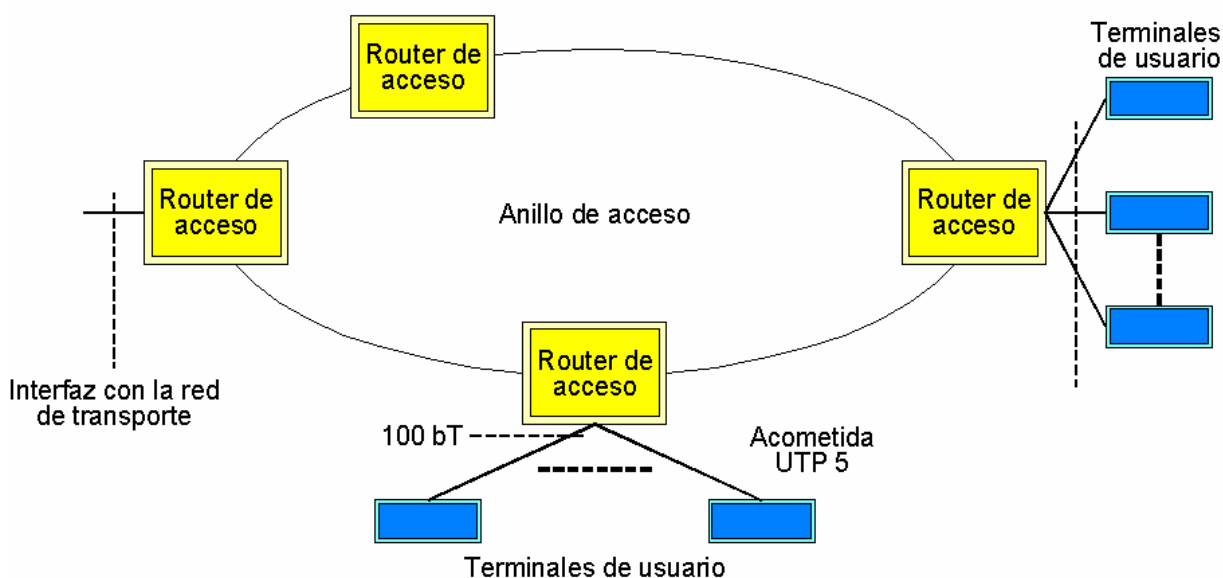
El inconveniente de las ATM-PON, es su precio: en el año 2001 su precio era más de cinco veces superior a lo que permiten los planes de negocio de los operadores.

### *1.2.4.4.3. Redes Gigabit Ethernet*

Lo que se suele entender por red de acceso *Gigabit Ethernet* responde al diagrama de la figura 1.11. La topología de la red de fibra es un anillo por el que el tráfico se propaga en tramas STM16 (2,5 Gbps), y cuyos nodos son *routers* IP.

No existe el OLT y la conexión entre el *router* y los terminales de red se realiza mediante acometidas de cable de pares (tipo UTP 5), una por cada terminal, con una longitud máxima de 100 a 150 metros, por la que se ofrece al cliente una interfaz de 100 Mbps del tipo 100-Base-T.

De las expuestas hasta ahora, considerando únicamente el costo de los equipos, esta red es la más barata de todas: el costo de provisión de un enlace *Ethernet* a 100 Mbps es casi el mismo que el de otro ADSL a 2 Mbps.



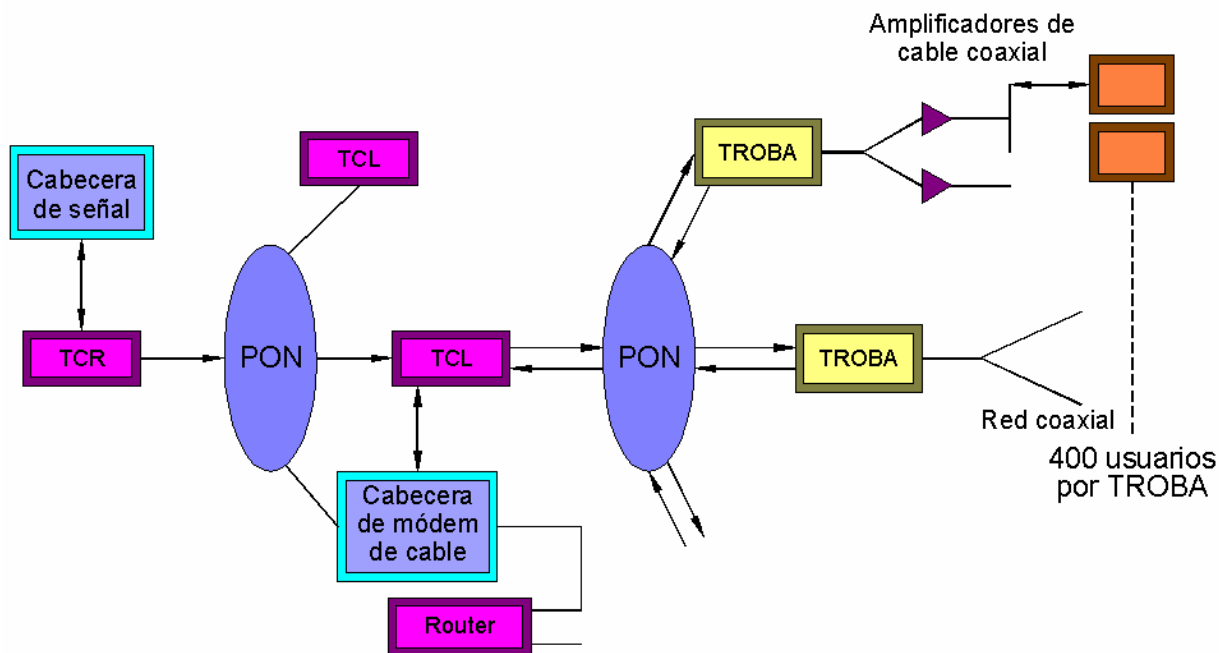
**Figura 1.11.** Red de acceso *Gigabit Ethernet*.

### 1.2.4.5. Redes de fibra para servicios de distribución

La característica que define a estas redes es su transmisión predominantemente unidireccional: desde una cabecera se difunden los canales de televisión y el tráfico IP de alta velocidad a decenas de miles de usuarios. Al contrario que las anteriores, han encontrado acogida en el mercado desde hace varios años, principalmente porque han surgido como evolución gradual de las redes de distribución de televisión por cable, que han ido mejorando su calidad al sustituir tiradas completas de cable coaxial, con amplificadores intermedios, por fibras ópticas sin ningún tipo de repetidor.

En la figura 1.12., se muestra el esquema general de estas redes, que también reciben el nombre de Híbridas Fibra Coaxial (*HFC*), ya que la acometida se realiza con cable coaxial.

En la red HFC, moviéndose en sentido hacia el usuario, se distinguen los siguientes elementos:



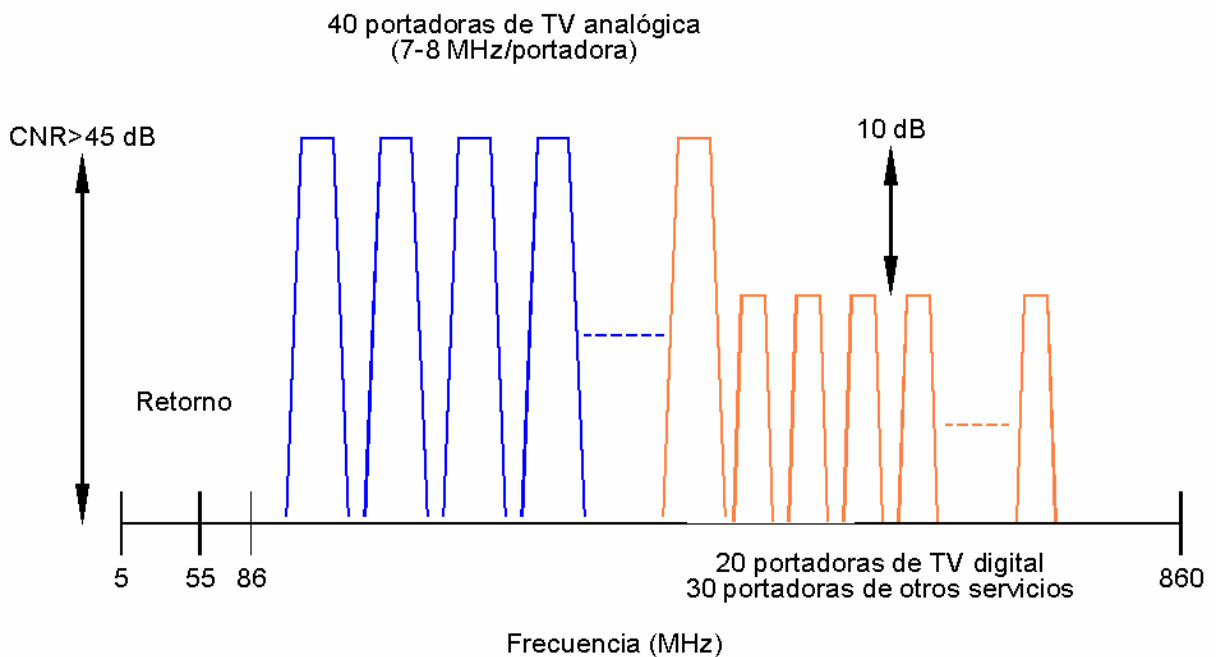
**Figura 1.12.** Red de acceso HFC (Híbrida Fibra Coaxial).

- *Cabecera de red con Terminal de Central Remoto (TCR)*

La cabecera de red es el servidor de información: concentra el tráfico que se difunde a los usuarios y lo entrega para su transmisión a un elemento denominado Terminal de Central Remoto (TCR).

La información llega al TCR como un conjunto de portadoras eléctricas, cada una de ellas en frecuencias diferentes. Un subconjunto de ellas, hasta 40, está modulado por canales de televisión analógicos, un canal por portadora: otro, hasta 20, por canales de televisión digitales, entre 5 y 6 canales por portadora, o incluso más, dependiendo de la velocidad de codificación MPEG-2 de cada canal. Por último, queda un tercer grupo, con hasta 30 portadoras, reservado para tráfico IP descendente.

En la figura 1.13., se representa la distribución espectral de las portadoras en función de su señal moduladora.



**Figura 1.13.** Canalización de televisión por cable.

En el TCR el conjunto de las portadoras se suma eléctricamente, y la señal resultante se utiliza para modular en intensidad un transmisor láser lineal. La salida óptica del transmisor se distribuye por la red hasta llegar a un elemento fotodetector que recupera la señal moduladora, es decir, el múltiplex original de portadoras.

Con un único TCR se cubre una población. En ciudades grandes, pueden instalarse varios TCRs diferentes.

- *Primer nivel PON y Terminales de Central Local (TCL)*

La señal, o señales, que salen del TCR se entregan a una o varias PON en árbol, que acaban en Terminales de Central Local (TCL). Cada TCL vuelve a distribuir la señal a un segundo nivel de PON, de acuerdo con uno de los dos procedimientos siguientes:

- Si la señal óptica que llega del TCR es de segunda ventana, para la que no existen amplificadores ópticos adecuados, en el TCL se

detecta, amplifica e inyecta en otro transmisor óptico, que accede a la entrada del segundo nivel PON.

- Si la señal óptica es de tercera ventana, en el TCL se amplifica directamente por medio de un amplificador óptico, y a continuación se vuelve a distribuir.

- *Segundo nivel PON y Terminales de Red Óptica de Banda Ancha (TROBA)*

La señal de salida de cada TCL se vuelve a distribuir por medio de un segundo nivel PON hasta los terminales de red, que en este caso han recibido el nombre de Terminales de Red Óptica de Banda Ancha (TROBA).

El número máximo de TROBAs por TCL suele ser 64. En cada TROBA la señal óptica se convierte definitivamente en eléctrica y se inyecta en una red de distribución de cable coaxial que puede llegar hasta unos 400 hogares.

El TROBA presenta los mismos problemas de instalación que todos los terminales de red: o se instala en un local privado o, con permiso del municipio local, en un armario exterior o enterrado.

- *Acometida de cable coaxial y terminal de usuario*

La red de acometida presenta una topología que es combinación de la de árbol y la de bus. Por cada TROBA la señal se distribuye hasta un máximo de unos 400 usuarios. La longitud máxima del cable entre un TROBA y cada uno de los clientes es de unos 300 metros.

En algunos casos se insertan en la acometida amplificadores de coaxial alimentados desde el TROBA. Entre el TROBA y un cliente no se suele instalar más de un amplificador. Para los canales de televisión analógica, el



terminal de usuario es el aparato de televisión; para los digitales, un *set top box*.

### **1.3. REDES DE ACCESO NO GUIADO [2]**

Las tecnologías de acceso no guiado emplean como medio de transmisión el aire, por el cual se propagan las ondas electromagnéticas de manera similar a como lo hacen las ondas de radio.

#### **1.3.1. ACCESO INALÁMBRICO**

Las soluciones sin hilos (*Wireless Local Loop – WLL*), conectan a los clientes a la red utilizando transmisores y receptores de radio, es decir, usando el espectro radioeléctrico en lugar del par de cobre (o cualquiera de las otras alternativas).

Esta sustitución presenta una serie de ventajas importantes:

- Reducción de los costos de despliegue. Evidentemente, al no ser necesario cavar zanjas ni disponer de líneas de postes, las soluciones por radio se pueden implantar con mucha rapidez.
- La reducción de las molestias a la comunidad y la facilidad con la que pueden realizarse nuevas instalaciones.
- La componente marginal alta que tienen los costos de implantación. Esto permite que las instalaciones se vayan realizando conforme a las necesidades de los clientes y no sea preciso realizar inversiones iniciales muy elevadas, independientemente del tráfico del cliente. En un sistema de radio, el costo del sistema es, descontando la estación central, directamente proporcional al número de clientes, al contrario de lo que ocurre con un sistema de cobre (o de fibra) en el que es preciso realizar grandes desembolsos para llevar el cable (o la fibra) hasta la zona donde se encuentran los clientes, independientemente de si son solamente unos

pocos o toda la comunidad los que van a permitir rentabilizar estas inversiones.

- Una mayor facilidad para proteger los sistemas de radio ante actos vandálicos y robos.

### **1.3.1.1. Clasificación de los sistemas WLL**

Desde el punto de vista de la movilidad del terminal, los sistemas pueden clasificarse en:

- *Sistemas fijos*. En los que el terminal de cliente está fijo y simplemente se sustituye el cable de cobre o la fibra óptica por el acceso de radio.
- *Sistemas móviles*. En muchos casos, estos sistemas pueden considerarse como una variante de los sistemas celulares. Aquí se consideran aquellos que más que abordar un nuevo negocio, simplemente añaden la movilidad como una característica adicional. Normalmente se los denomina sistemas *cordless*.

Otra posible clasificación dividiría los sistemas sin hilos en:

- Sistemas de banda estrecha (hasta 144 kbps., o 2 Mbps., según el contexto).
- Sistemas de gran ancho de banda.

### **1.3.1.2. LMDS (Servicio de Distribución Local Multipunto)**

En la actualidad, *Local Multipoint Distribution Service* (LMDS) es una tecnología que está acaparando una gran atención por parte de la industria como medio de proporcionar servicios inalámbricos de banda ancha.

El carácter innovador fundamental de la tecnología LMDS consiste en que trabaja en el margen superior del espectro electromagnético, en la banda Ka de 28 GHz, concretamente en el intervalo 27,5 – 29,5 GHz, y en la banda de 31 GHz.

Normalmente las señales de elevada frecuencia se han considerado siempre inadecuadas para las comunicaciones terrestres debido a que experimentan reflexiones cuando encuentran obstáculos (como árboles, edificios o colina) en su camino de propagación, originando lo que se conoce como zonas de sombra a las que no llega la señal; en cambio, como las frecuencias bajas atraviesan fácilmente estos obstáculos, han constituido tradicionalmente las frecuencias elegidas para este tipo de comunicaciones. Sin embargo, las frecuencias altas del espectro ofrecen importantes ventajas en términos de ancho de banda, fundamentalmente, y de bajo nivel de saturación del espectro.

El radio de la célula es de aproximadamente 4 km, pudiendo variar dentro de un intervalo de 2 a 7 km. Este corto alcance se debe principalmente a los problemas de línea de vista directa y a la lluvia.

Al trabajar con las frecuencias más elevadas del espectro, LMDS requiere la existencia de un camino sin obstáculos entre la estación base *hub* y la antena situada en el emplazamiento del usuario o abonado.

Esta exigencia genera inevitablemente la aparición de zonas de sombra, al extremo de que en una zona urbana la sombra puede llegar a afectar a un 40 por ciento de los usuarios que existen en una célula.

Para tratar de optimizar la cobertura se utilizan estrategias basadas en el solapamiento de células, de forma que las zonas resultantes de la intersección de esas células puedan tener acceso a más de una estación base y así disminuir la probabilidad de que se produzcan rupturas de vista directa.

La eficacia de este método viene dada en términos del porcentaje de usuarios de la célula a los que la señal les llega, o la emiten, sin problemas, estimándose en torno a un 85 ó 90 por ciento.

Para resolver el problema que supone la lluvia en tales frecuencias, se puede optar por:

- Aumentar la potencia de transmisión, utilizando normalmente sistemas de potencia variable que alimentan la potencia de transmisión de forma automática cuando se produce la lluvia.
- Reducir el tamaño de la célula. No obstante, los requisitos del tráfico condicionan mucho el tamaño de las células en el caso de zonas con alta densidad de usuarios o grandes consumos de ancho de banda (edificios de empresas), siendo necesario reducir el radio de las celdas (en algunos casos hasta los 500 metros) para garantizar una cierta calidad de servicio.

Mediante el uso de frecuencias distintas o bien, a través del uso de polarizaciones diferentes, es posible utilizar de nuevo el espectro en células suficientemente alejadas, de forma similar a como se realiza en los sistemas de telefonía móvil celular.

Además, dentro de cada célula se emplea sectorización, tanto para alimentar la directividad de las antenas, como para independizar el tráfico de un grupo de usuarios.

### **1.3.1.3. MMDS (Servicio de Distribución Multipunto Multicanal)**

MMDS (*Multichannel Multipoint Distribution Service*; también conocido como *Wireless DSL* por algunos fabricantes u operadores, por la capacidad de proporcionar los mismos servicios que DSL pero de forma inalámbrica) surge para la difusión de canales de TV analógica.

Con la llegada de Internet y las redes de banda ancha, tratan de extender el servicio de TV a un servicio bidireccional, incluyendo servicios de gran ancho de banda. La banda en la que funciona MMDS es de 2 a 4 GHz, ofreciendo soluciones de acceso de banda ancha punto a multipunto.

MMDS proporciona normalmente velocidades de 1 a 10 Mbps., en el enlace de bajada y de 512 kbps en el enlace de subida, siendo por tanto una tecnología asimétrica.

El problema es que MMDS, aunque afectado en menor medida por la lluvia que LMDS (al operar en la banda de 3,5 GHz), sufre una gran atenuación por los edificios, requiriendo en la mayoría de los casos la existencia de visibilidad directa.

Por lo demás, la tecnología MMDS presenta numerosas analogías con LMDS, si bien con un alcance algo mayor, compensado con un menor ancho de banda, compartiendo la forma de realizar la planificación, así como gran parte de sus ventajas e inconvenientes.

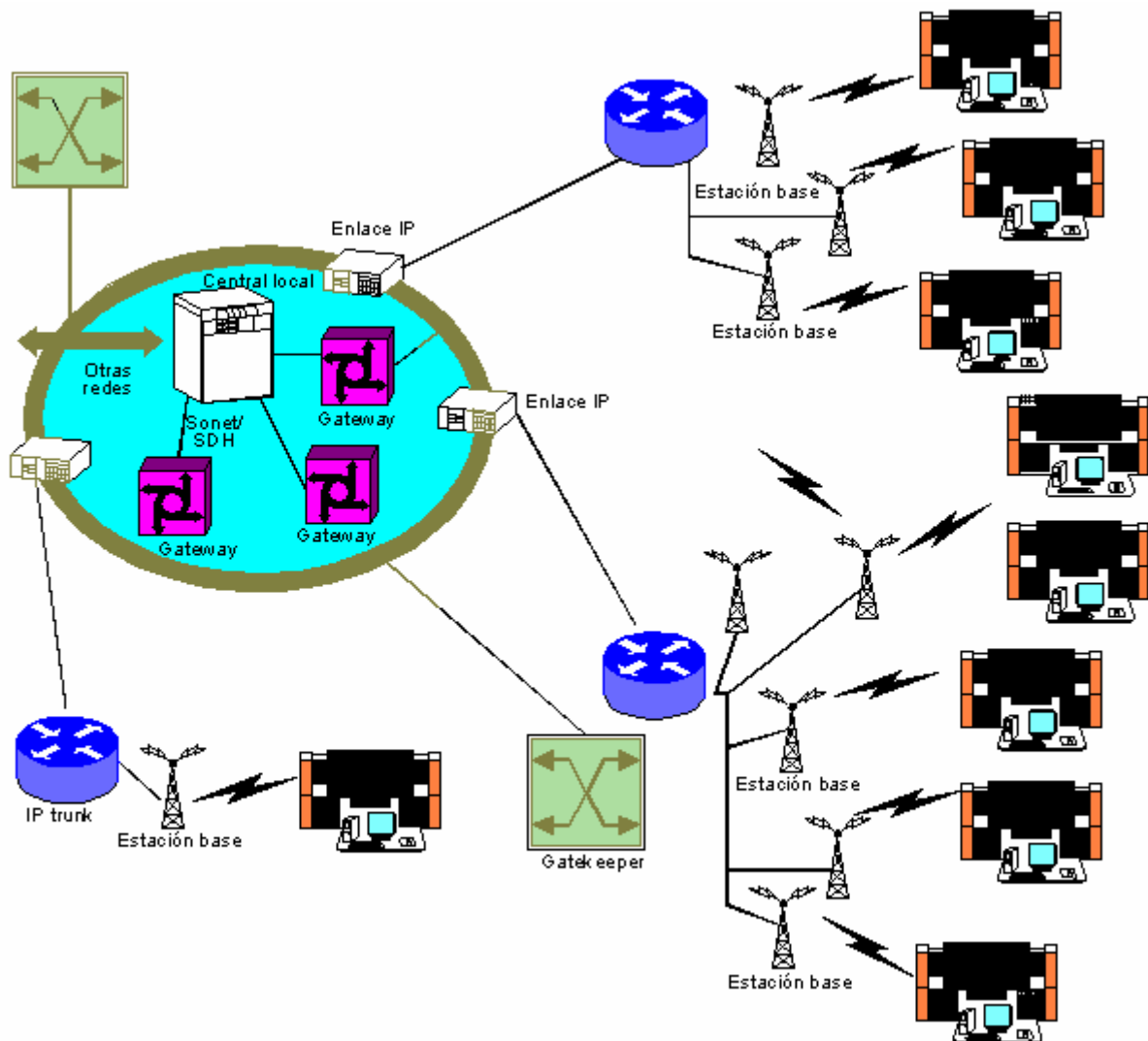
### **1.3.1.4. *Wireless IP (IP inalámbrico)***

Una variante de MMDS es lo que se ha denominado *Wireless IP* (figura 1.14). Es una tecnología que trabaja en la banda de 2,6 a 3,5 GHz, disponiendo de un espectro que puede variar en torno a 10 y 25 MHz, según la licencia de uso de espectro asignada. Al trabajar en dichas frecuencias, permite un alcance mayor que LMDS, llegando incluso hasta 15 km.

Se trata de sistemas diseñados explícitamente para aplicaciones de bucle local inalámbrico (WLL) y no para LAN o WAN inalámbrico. El funcionamiento, al igual que el sistema MMDS desde el cual ha evolucionado, consiste en compartir un ancho de banda disponible, mediante tecnología radio y en configuración punto - multipunto empleando IP (a diferencia de sus predecesores que usaban ATM).

## CAPÍTULO I – Redes de acceso

De esta forma, proporciona servicios integrados en una sola plataforma y con un único protocolo: telefonía, datos y multimedia. Además, y al igual que el resto de sistemas comentados en este capítulo, presenta una estructura modular, adaptándose fácilmente a las nuevas necesidades de ampliación.



**Figura 1.14.** Arquitectura de una red *Wireless IP*.

Las desventajas que presenta esta tecnología son idénticas a las de MMDS, mientras que algunas ventajas adicionales son:

- Los servicios de voz son tratados en tiempo real, pudiendo asegurar una gran calidad.

- Permite conseguir velocidades de hasta 3 Mbps.
- Es fácilmente escalable a partir de una mayor sectorización, pudiendo adaptarse a las demandas de crecimiento que puedan surgir.
- Mediante la fusión de las redes *wireless* y las redes IP es posible conseguir redes de acceso de banda ancha en las que es factible la distribución de todo tipo de servicios IP, VoIP, servicios multimedia y servicios de datos, con un alto nivel de seguridad.

### **1.3.1.5. Comunicaciones ópticas inalámbricas**

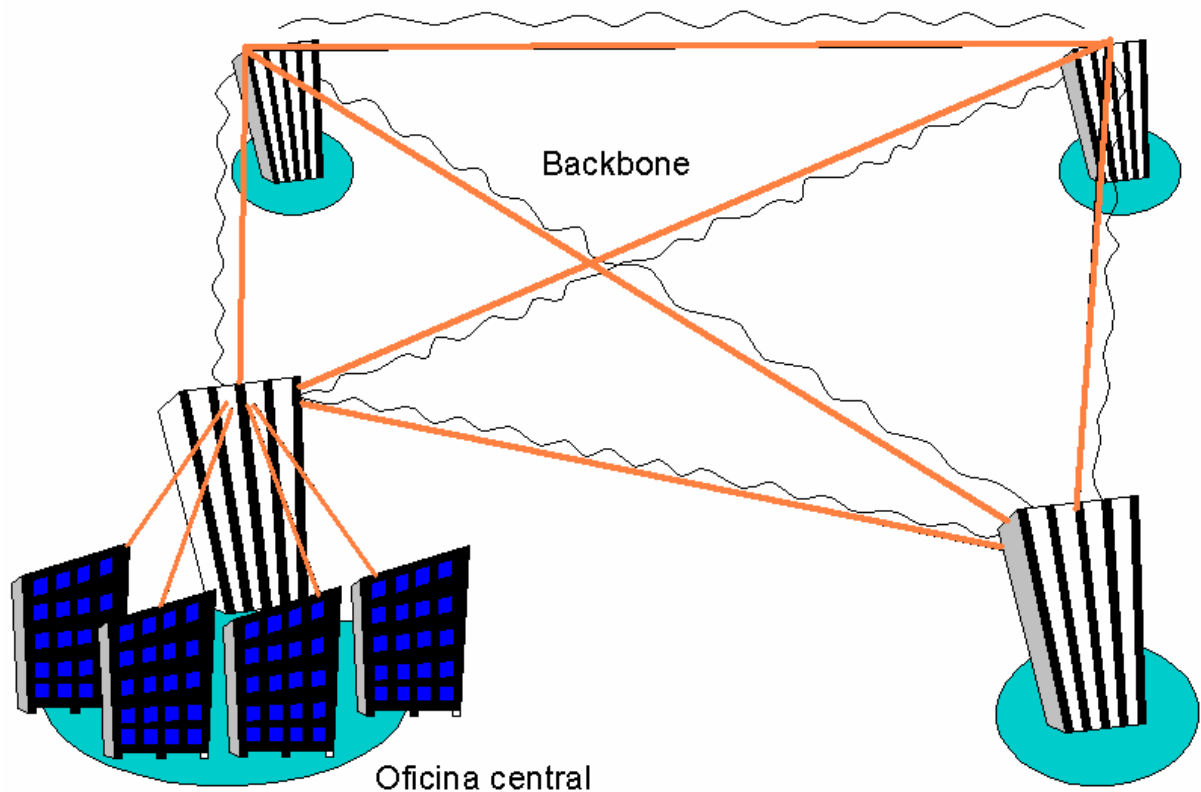
La tecnología óptica inalámbrica se presenta como una alternativa para la interconexión de las redes frente a otras tecnologías vía radio o las líneas dedicadas. Puede aplicarse a soluciones como:

- Conexión de último kilómetro.
- Enlace temporal.
- Ambiente urbano saturado.
- Terreno difícil.

Por tanto, el mercado objetivo de los proveedores de esta tecnología son aquellas corporaciones que precisen de conectividad entre sus centros en zonas urbanas, o los operadores de telecomunicaciones, tanto los establecidos como los nuevos entrantes, que requieran de enlaces de alta capacidad y rápida provisión para conectar sus centrales, etc.

En definitiva, es una tecnología dirigida al ámbito empresarial y, concretando, sus clientes potenciales, son las grandes compañías, los operadores de telecomunicaciones y los proveedores de servicios.

1.3.1.5.1. Comunicación óptica en el espacio libre



**Figura 1.15.** Arquitectura de red en *Free-space optics*.

La transmisión óptica inalámbrica consiste en el procesamiento de la transmisión de señales digitales mediante haces de luz a través de la atmósfera. Estos haces de luz son generados por láser perfectamente enfocados a receptores.

Otro elemento de red en estos sistemas, empleado tanto en la transmisión como en la recepción, es la lente telescópica, que permite un correcto enfoque, así como la recogida, en el lado de la recepción, de la mayor cantidad posible de potencia óptica.

Un inconveniente (grave) que presentan los sistemas, es que la comunicación es interrumpida ante la presencia de cualquier objeto opaco. Debido a ello, la arquitectura de red recomendada para estos sistemas consiste en formar una



mall, en la que un enlace óptico tiene uno o varios enlaces de *backup* (ver la figura 1.15).

Entre las ventajas de esta tecnología se destacan:

- No requiere ningún tipo de licencia.
- No se ve afectada por interferencias radioeléctricas, permitiendo la existencia de varios enlaces en el mismo entorno.
- La seguridad es máxima en la transmisión. Es el método más seguro de transmisión, debido a que utiliza un haz muy estrecho que dificulta su interceptación. En caso de producirse ésta, llevaría consigo una interrupción de la transmisión, con el consiguiente aviso. Además, el haz infrarrojo no puede ser localizado con analizadores de espectro ni con medidores de radiofrecuencia. Por tanto no es necesario utilizar métodos de codificación ni encriptación para proteger la conexión.
- Los costos de instalación y mantenimiento son bajos. El mantenimiento es mínimo, sólo se necesita limpiar las lentes y verificar la alineación de los equipos anualmente.
- El protocolo es transparente.
- Se utilizan haces de luz para transmitir la señal con frecuencias de onda muy elevadas, superiores a las ondas de radio, lo que permite una velocidad de transmisión superior a otras tecnologías.
- Los enlaces pueden ser replanteados fácilmente.
- La instalación se puede realizar en el exterior y en el interior.

Por otro lado presenta una serie de inconvenientes, como son:

1. *El efecto de la climatología* sobre la calidad del enlace, que es función de la severidad del clima. La calidad de la señal se ve afectada especialmente por la niebla intensa.
2. *El efecto de la luz solar directa sobre los receptores* que puede ocasionar una interrupción durante varios minutos, siempre en función de la época del año en la que se encuentre. No obstante, el sistema vuelve a funcionar en cuanto desaparece esta situación.
3. *Las interrupciones por objetos opacos*, como por ejemplo el paso de un pájaro por el haz, que ocasionan una breve interrupción que no afecta a una LAN, ya que ésta reenvía automáticamente los paquetes. Respecto a la telefonía, los efectos dependen de la programación del conmutador.
4. *El alineamiento entre transmisor y receptor*. Al estar el equipamiento situado en la parte superior de los edificios, en los que son muy altos se producen balanceos que provocan un desalineamiento de los haces. Para ello se recomienda incorporar en los sistemas ópticos sistemas dinámicos de seguimiento (*tracking*) del haz.

### **1.3.1.6. Soluciones WLAN (*Wireless LAN*)**

Aunque las redes WLAN se tratan en apartados dedicados a las redes de cliente, las redes de área local sin hilos pueden ser utilizadas también como alternativa de acceso por radio.

Estos sistemas, originalmente concebidos para redes de poca extensión, pueden, al menos en principio, utilizarse también como una alternativa de acceso de banda ancha.

El mayor problema es el alcance, como máximo de algunos metros (un máximo de 100 metros en condiciones muy favorables). También pueden ser importantes las interferencias, derivadas del hecho de utilizar una banda no regulada.

Hay dos propuestas de utilización de redes WLAN:

- *Redes WLAN para puntos de muy alto tráfico*

En este caso la red WLAN se utilizaría en conjunción con otra tecnología que proporcionaría la cobertura básica, y el sistema WLAN proporcionaría la capacidad de alto tráfico. Se podría emplear en aeropuertos, estaciones de ferrocarril o autobús, centros comerciales, etc.

Un aspecto esencial para este uso es asegurar el traspaso a la otra red. En principio, el traspaso entre redes no parece presentar grandes dificultades, ya que se trata de comunicaciones que utilizan siempre el protocolo IP.

- *Redes WLAN corporativas*

Esta alternativa propone utilizar la red WLAN para soportar las comunicaciones en el interior de un edificio de una gran corporación, conectada a la intranet de la empresa. Este último caso debe considerarse como un caso particular de red de cliente.

### **1.3.2. ACCESO POR SATÉLITE**

Desde el lanzamiento de los primeros satélites, su utilización para comunicaciones fue uno de los usos más importantes y, desde luego, el que mayor rentabilidad ha proporcionado a las empresas especializadas en tecnología espacial.

El satélite ha sido el medio de comunicación más adecuado para proporcionar soluciones globales y dar acceso, con relativamente poca infraestructura, a todos los lugares de la Tierra.

El satélite ha tenido un gran éxito en su aplicación a la distribución de televisión. En este momento, las soluciones DTH (*Direct to Home*) tienen una gran cuota de mercado y son la principal fuente de financiación de los nuevos sistemas.

Otras aplicaciones del satélite de comunicaciones son los sistemas VSAT (*Very Small Aperture Terminal*) y la localización. Los VSATs son redes formadas por terminales transmisores-receptores de pequeño tamaño que permiten dar cobertura, a baja velocidad, para aplicaciones de datos y televigilancia.

Hay dos tipos de iniciativas relacionadas con el satélite que, si bien hasta el momento no han tenido éxito, pueden ser dos líneas de evolución futuras: las comunicaciones móviles por satélite (con satélites de órbita baja) y los sistemas de banda ancha.

Estas iniciativas presentan aspectos técnicos muy interesantes y pueden llegar a tener una cierta importancia para la provisión de comunicaciones en lugares difíciles y sin infraestructura.

De todos modos, hay que recordar que la tecnología espacial ha estado, y continúa estando, sustentada en gran medida por aplicaciones militares. Muchas de estas tecnologías encuentran aplicaciones civiles y algunas en el campo de las comunicaciones. Entre estas puede destacarse el sistema GPS (*Global Positioning System*). La investigación militar financia en gran parte nuevas propuestas y, por tanto, no pueden descartarse nuevas aplicaciones y soluciones en el futuro.

### **1.3.2.1. Características de las comunicaciones por satélite**

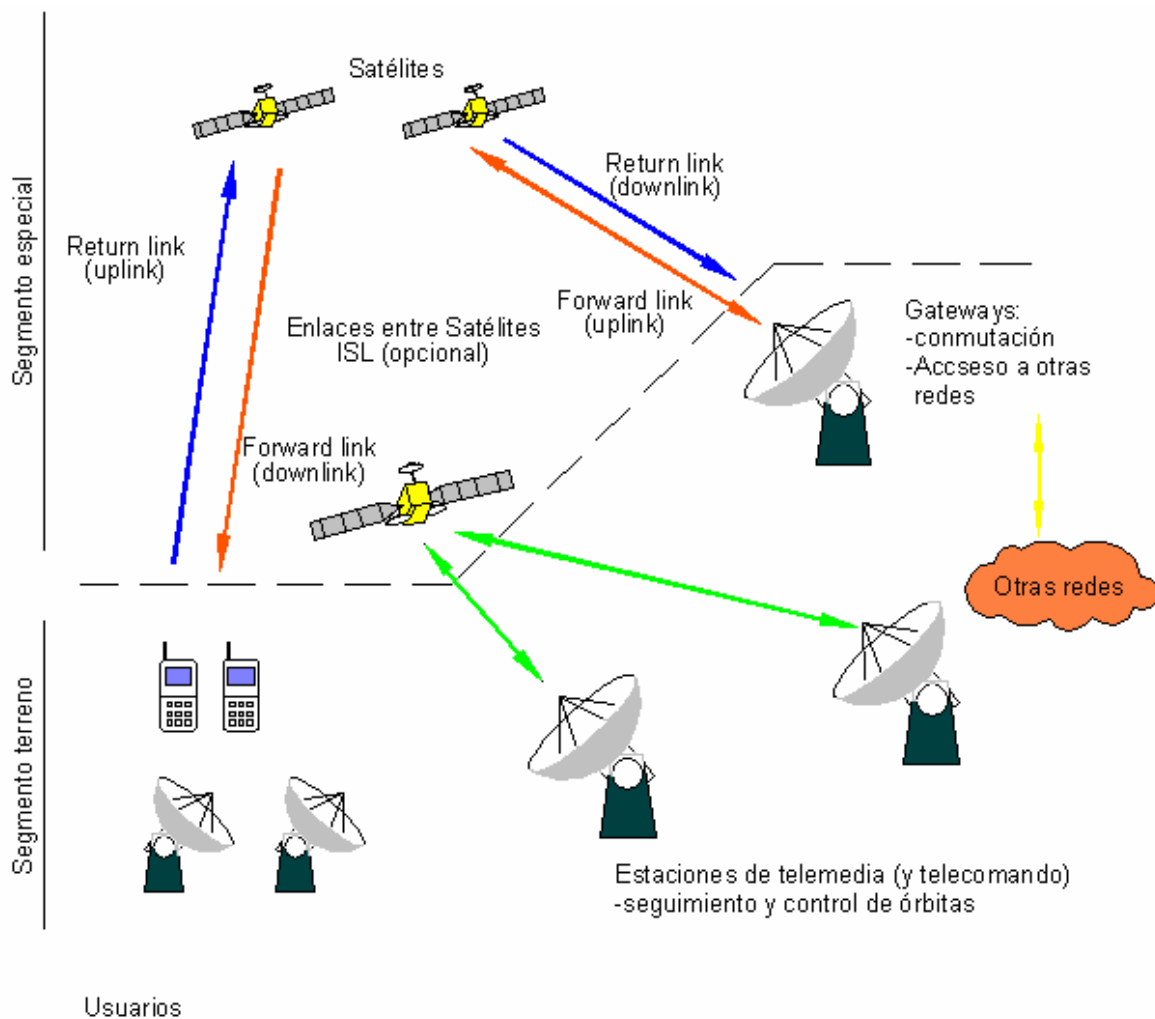
El satélite de comunicaciones convencional es un transpondedor, es decir, un repetidor con cambio de frecuencia, colocado en órbita. Así, los enlaces de satélite son simplemente enlaces de radio punto a multipunto, con una estación intermedia en la que no se realiza, normalmente, ningún procesamiento, salvo en el caso de satélites con proceso a bordo (OBP - *On Board Processing*).

## CAPÍTULO I – Redes de acceso

Los elementos básicos del sistema se clasifican en dos partes fundamentales:

- El segmento espacial.
- El segmento terreno.

La figura 1.16., muestra los principales elementos de un sistema por satélite.



**Figura 1.16.** Elementos del enlace por satélite.

El segmento terreno comprende las estaciones de entrada (*gateways*), el centro de control de red y el de operación. Estos dos últimos se encargan del control general del satélite, incluyendo mantenimiento en órbita, así como de los

elementos de comunicaciones del satélite (asignación de frecuencias de los transpondedores, formación de los enlaces con las antenas a bordo, etc.).

Las estaciones de entrada (*gateway*) actúan como interface para el resto de la red y realizan las operaciones de conversión de protocolos, así como el “*protocol spoofing*”, en caso de ser necesario realizar una conversión de protocolos para adaptarse al segmento espacial.

A bordo del satélite se encuentra el transpondedor, que es el elemento esencial del sistema. El ancho de banda depende del tipo de transpondedor, siendo comunes valores cercanos a 72 MHz. La modulación más empleada, casi con exclusividad, es QPSK con valores de coseno levantado muy bajos. Cada satélite embarca varios transpondedores.

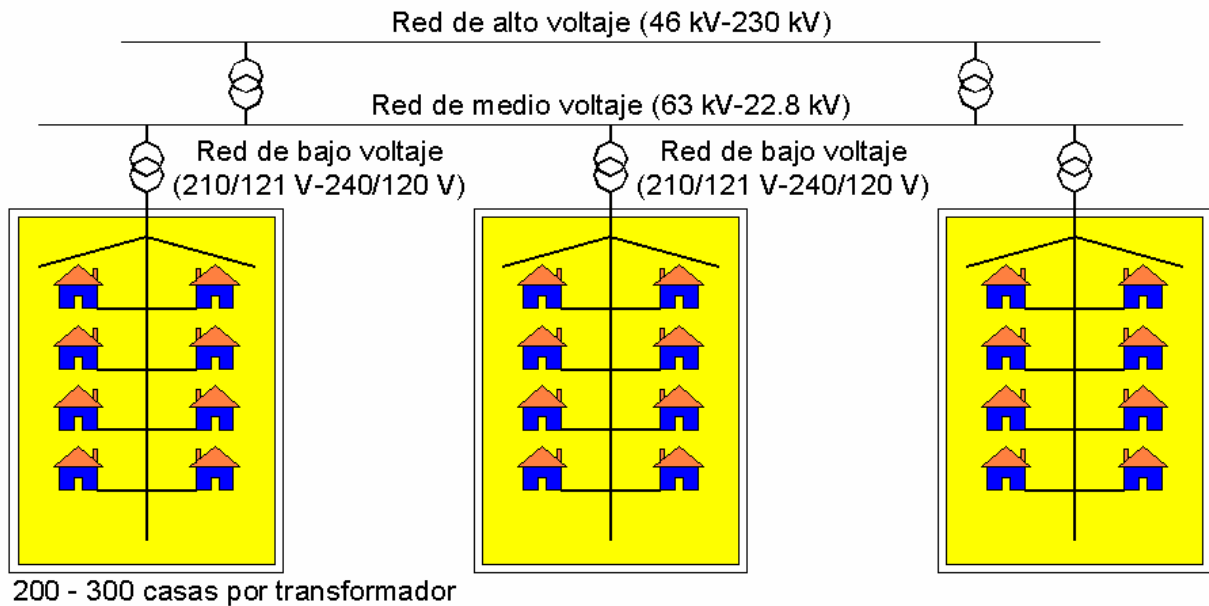
### **1.3.3. ACCESO POR RED ELÉCTRICA**

Las líneas eléctricas son las redes con mayor capilaridad que existen, ya que llegan a cada enchufe de cada hogar. Esto permite que la tecnología PLC (*Power Line Communications*) pueda aplicarse tanto en la red pública como en el interior de los hogares.

La estructura de la red eléctrica se divide en tres niveles a modo de estructura arbórea, en la que el medio es compartido por un elevado número de usuarios (figura 1.17.).

Las comunicaciones a través de líneas eléctricas requieren de módems especiales en las dependencias de los usuarios, y de concentradores en las estaciones transformadoras de baja tensión, donde se realiza la conexión a los proveedores de telecomunicaciones.

Los equipos de transmisión por línea eléctrica permiten combinar la corriente eléctrica con señales de altas frecuencias que transportan voz y datos.

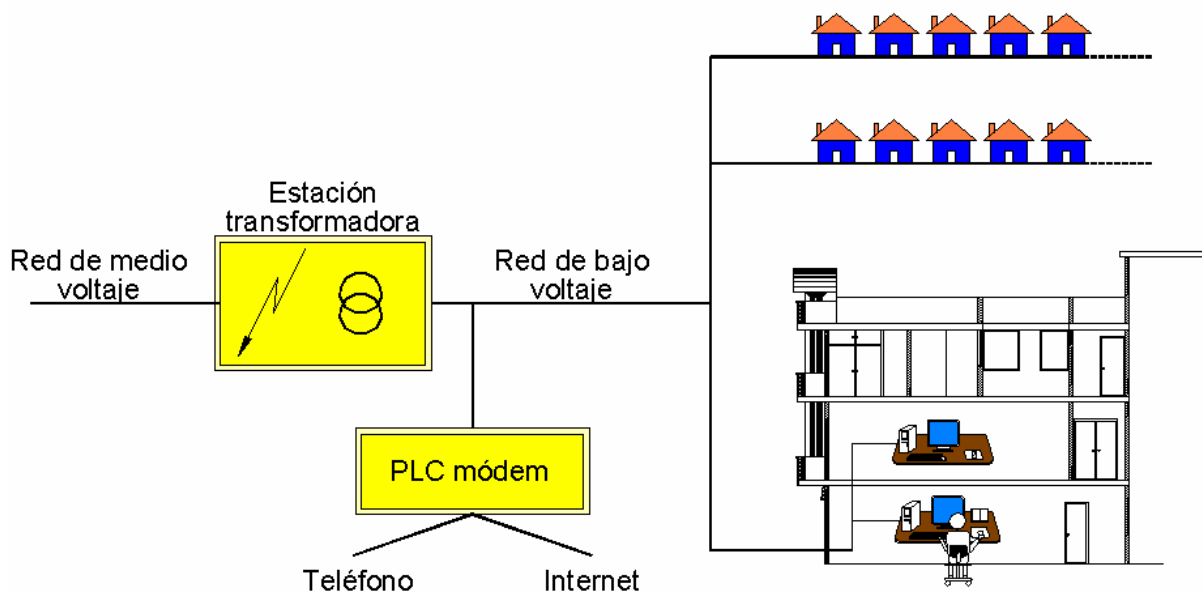


**Figura 1.17.** Estructura de 3 capas.

Desde un principio, la dificultad más importante para la tecnología PLC era la capacidad de transmisión de las redes de baja tensión: unos 2 Mbps como máximo. Sin embargo, en los últimos años se han hecho numerosos adelantos en las técnicas de modulación que han permitido que actualmente se estén consiguiendo capacidades de transmisión muy aceptables, con máximos entre 10 y 12 Mbps (fabricantes como Intellon o DS2 aseguran disponer de sistemas capaces de transmitir a 14 Mbps y 45 Mbps respectivamente).

En la figura 1.18., se muestra cómo se realiza la transmisión de datos sobre la red de bajo voltaje. La señal de datos es inyectada en la estación del transformador y es recibida por todos los usuarios conectados al mismo. La estación base destino será la encargada de procesar los datos. El alcance de la transmisión es de 300 ó 500 metros, haciéndose necesaria la utilización de repetidores para distancias mayores.

Una característica muy importante de la tecnología PLC es que todos los domicilios conectados al concentrador comparten el mismo canal de comunicaciones, es decir, el ancho de banda es compartido.



**Figura 1.18.** Red de distribución.

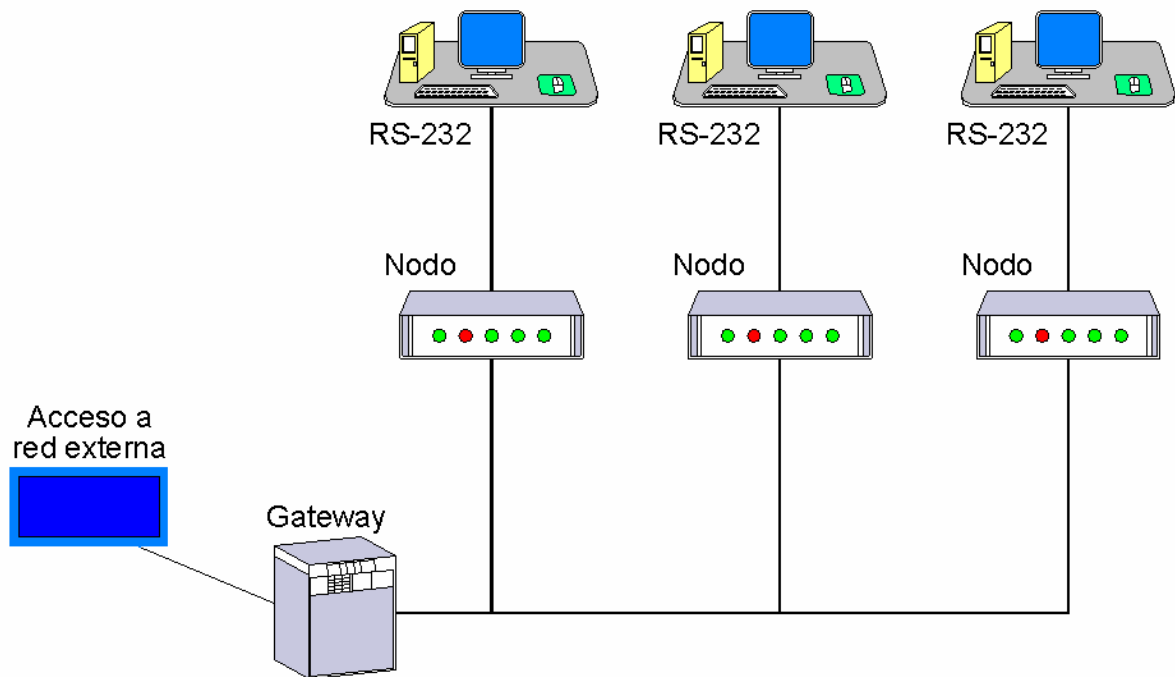
### 1.3.4. COMUNICACIONES PLC EN EL INTERIOR DE LOS HOGARES

Una de las aplicaciones más interesantes de la tecnología PLC es su utilización en el interior de los hogares convirtiendo las líneas de baja tensión en el soporte de una red de área local a la que se podrían conectar diversos equipos domésticos.

Al utilizar las líneas de baja tensión sería posible construir una red doméstica sin necesidad de instalar nuevos cables, reduciendo así los costos y evitando molestias a los usuarios.

Los fabricantes del sector proponen una solución “maestro-esclavo” para implementar la red doméstica. Esta estructura consiste en una serie de equipos “esclavos”, tantos como se quieran enchufar, que se conectan a un módem especial (*home gateway*) que está situado en el interior del hogar y actúa como “maestro” (figura 1.19.).





**Figura 1.19.** Diagrama de red doméstica PLC.

Para tener acceso al medio físico común, en este caso a la red doméstica de baja tensión, los equipos “esclavos” deben recibir una autorización por parte del equipo “maestro”.

Los “esclavos” adaptan la señal procedente de diversos equipos (PCs, impresoras, teléfonos, *webcams*, dispositivos de telemetría, etc.) a las condiciones de la red de baja tensión, por lo que deben disponer de una amplia variedad de interfaces (10-Base-T, RS-232, POTS, USB, etc.).

# **CAPÍTULO II**

## **TECNOLOGÍAS DE ACCESO ÓPTICO**

## CAPÍTULO II

### TECNOLOGÍAS DE ACCESO ÓPTICO

En este capítulo primeramente se describe los fundamentos de las tecnologías FTTH (*Fiber To The Home*), describiendo sus principales características, ventajas y desventajas con respecto a la utilización de las redes de acceso actuales.

Posteriormente, se induce al posicionamiento de las redes EPON dentro de las diferentes especificaciones en el grupo de redes ópticas pasivas, para luego estudiar al estándar IEEE802.3ah (EFM), el cual describe las diferentes especificaciones y consideraciones teóricas e implementadas actualmente sobre una base teórica detallada.

#### 2.1. GENERALIDADES [4]

Las tendencias marcadas en las tecnologías *Fiber-to-the-Home/Curb/Node* (FTTX) en el negocio de las telecomunicaciones se pueden entender revisando rápidamente la historia de los accesos de banda ancha.

Tradicionalmente, los dos servicios de comunicación electrónica más comunes han sido la televisión por cable y el servicio de telefonía simple POTS (*Plain Old Telephone Service*), los cuales fueron provistos por infraestructuras separadas que coexistieron pacíficamente por muchos años.

El advenimiento de la *World Wide Web* (WWW) creó un incremento en la demanda del mercado de los servicios de comunicación de datos residencial, los cuales iniciaron hace un par de décadas o un poco más. Las compañías telefónicas ILEC (*Incumbent Local Exchange Carrier*) y MSO (*Multi System Operator*) iniciaron satisfaciendo esta demanda en la forma de Internet *dial-up*, DSL y servicios cable módem HFC.

## CAPÍTULO II – Tecnologías de acceso óptico

---

El ancho de banda ofrecido por las redes DSL y HFC al momento, ha sido suficiente para la demanda de los usuarios, sin embargo, la naturaleza del tráfico que atraviesa la Internet esta cambiando. Las aplicaciones más recientes necesitan un mayor ancho de banda, soporte para medios de flujo CBR (*Constant Bit Rate*), velocidades de datos simétricos (por ejemplo, transferencia de archivos *peer-to-peer*), bajo retardo en aplicaciones interactivas y sobre todo seguridad.

La Internet originalmente diseñada para proveer un servicio de mejor esfuerzo (*best-effort*) y hacer uso del multiplexaje estadístico, necesitará varias actualizaciones en su arquitectura para satisfacer las demandas planteadas.

Uno de los principales inconvenientes actuales de Internet es el cuello de botella de la última milla. Mientras las velocidades de datos en LANs, MANs y WANs están en el rango de 10 Mbps a 1 Gbps, en las redes de acceso de banda ancha el rango oscila entre 100 kbps y unos pocos Mbps. Este cuello de botella impide el desarrollo de los servicios interactivos de gran ancho de banda para el usuario.

Las investigaciones en telecomunicaciones apuntan, a satisfacer las nuevas demandas en accesos de banda ancha, es así que se despliegan dos soluciones: *Fiber-To-The-Home* (FTTH) y, vDSL2 y WiMax.

Al tener una conectividad FTTH, vDSL2 ó WiMax, cuyas premisas se analizaron en el capítulo anterior, se es capaz de proveer servicios de voz, vídeo y datos (llamados *triple-play*). De hecho, vDSL2 o WiMax no pueden alcanzar el ancho de banda de la fibra en FTTH, haciéndola a ésta el medio ideal para aplicaciones de gran ancho de banda, demostrando su superioridad sobre la las redes inalámbricas o DSLs.

FTTH es usada para un sinnúmero de tecnologías. La más certera, pero más costosa, es a través de una red punto a punto (*point-to-point* P2P) con componentes activos desde una oficina central hasta el usuario. Las redes P2P necesitan una fibra independiente para cada usuario en una red de distribución.

Una buena parte de los costos de instalación y mantenimiento de las redes de acceso es debido a los elementos activos, cuando ellos existen.

Es por eso que las redes ópticas pasivas PONs (*Passive Optical Networks*), las cuales en su red de distribución presentan únicamente elementos pasivos, son actualmente consideradas como la mejor alternativa para FTTH.

### **2.1.1. PASSIVE OPTICAL NETWORKS (PONs)**

Las redes ópticas pasivas tienen una topología estrella para maximizar su cobertura con el menor número de divisores de red (*splitters*), es por eso que reducen sus pérdidas en potencia óptica, esto es importante para una red de distribución pasiva que no tiene amplificadores o regeneradores.

Existen tres versiones estandarizadas para las PON: *Ethernet PON (EPON)*, *Broadband PON (BPON)* y *Gigabit PON (GPON)*, todas ellas usan dos longitudes de onda, una para el tráfico de subida y otra para el de bajada; las cuales son compartidas en tiempo entre los usuarios, haciendo una multiplexación por división de tiempo TDM-PON (*Time Division Multiplexing PON*). El ancho de banda total disponible por usuario es aquel limitado por la multiplexación de tiempo, especialmente si la conexión esta siendo usada por aplicaciones CBR.

Se puede utilizar opcionalmente una tercera longitud de onda para el tráfico de vídeo analógico de difusión (RF).

Las PONs utilizan la multiplexación por división de longitud de onda WDM-PON (*Wavelength Division Multiplexing PON*), para incrementar su velocidad efectiva o *throughput*. El costo es sin embargo usualmente mayor debido al uso de componentes ópticos sensibles a las longitudes de onda y sintonizables. Las WDM-PONs son consideradas como el siguiente paso después de las TDM-PONs.

La tabla 2.1., compara algunas características de las PONs.

	EPON	BPON	GPON	WDM-PON
Estándar	IEEE 802.3ah	ITU G.983	ITU G.984	Ningún
Entramado	Ethernet	ATM	GFP/ATM	Protocolo independiente
Máximo ancho de banda	1 Gbps	622 Mbps	2,488 Gbps	1 – 10 Gbps por canal
Usuarios/PON	16	32	64	100
Ancho de banda promedio por usuario	60 Mbps	20 Mbps	40 Mbps	1 – 10 Gbps
Vídeo	RF / IP	RF	RF / IP	RF / IP
Costo estimado	El más bajo	Bajo	Medio	Alto

**Tabla 2.1.** Comparación PON.

### 2.1.1.1. BPON y GPON

En 1995, las operadoras norteamericanas unieron esfuerzos en el comité FSAN (*Full Service Access Network*) para describir los estándares para las PONs. El resultado de sus esfuerzos fue más tarde estandarizado por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) en las recomendaciones G.983 y G.984.

La tecnología de transmisión fundamental para este primer grupo de estándares, está basada en celdas ATM, y de ahí que su primer nombre fue ATM PON (APON). El nombre fue después cambiado a *Broadband PON* (BPON) para enfatizar que su uso no solo estaba limitado al tráfico ATM.

Los estándares BPON abarcan las especificaciones desde la capa física hasta la subcapa OAM (Operaciones, Administración y Mantenimiento). Las velocidades máximas son de 622 Mbps de bajada y 155 Mbps de subida.

Puesto que el encapsulamiento del tráfico IP en celdas ATM crea una alta sobrecarga, o impuesto de celda (*cell-tax*), y en un esfuerzo para realizar un estándar más flexible, se desarrolla GPON.

En GPON, el encapsulamiento se lo hace usando el Protocolo de Entramado Genérico GFP (*Generic Framing Protocol*) como un método flexible para las tramas de tráfico CBR.

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

Una estandarización independiente PON se inició basada en el protocolo *IEEE Ethernet*. La idea aquí fue hacer uso del gran despliegue de bajo costo que los diseños *Ethernet* permiten para hacer menos costosa la tecnología a ser usada en las PONs. El problema es que *Ethernet* es ingeniado en su mayoría para ráfagas de datos y no para servicios CBR o TDM.

EPON fue desarrollado y formalizado en el estándar IEEE 802.3ah, cuyo alcance está limitado a la capa física. La velocidad máxima nominal para EPON es 1,25 Gbps, pero debido al uso de codificación 8B/10B, efectivamente es 1 Gbps.

En los apartados posteriores se analiza a profundidad EPON como tecnología de conocimiento necesario para el objetivo del presente proyecto.

### **2.1.1.3. WDM-PON (*Wavelength Division Multiplexing PON*)**

Como se mencionó anteriormente, las WDM-PONs usan componentes costosos y en las redes de larga distancia, su costo es compartido tan solo por unas pocas decenas de usuarios por red. Sin embargo, pueden proveer velocidades en el orden de los Gigabits por segundo para cada usuario, lo que las TDM-PONs no lo hacían. El inconveniente radica entonces en cómo desplegar estas redes de una manera económicamente eficiente.

### **2.1.1.4. Híbridas TDM/WDM-PONs**

Ya que el despliegue de las TDM-PONs ha iniciado desde años anteriores, esperando para el 2009 diez millones de usuarios en el mundo, el problema se da

en cómo migrar a las WDM-PONs de una manera flexible y económicamente eficiente.

Algunas redes híbridas TDM/WDM-PONs han sido propuestas, tales como las *Samsung Hybrid PON* y las *Stanford SUCCESS-DWA* y *SUCCESS-HPON*.

### 2.1.1.4.1. SUCCESS-HPON

La arquitectura *Stanford University aCESS – Hybrid TDM / WDM-PON*, o *SUCCESS-HPON*, provee un camino uniforme de migración de TDM a WDM-PON. La figura 2.1., ilustra el lugar de la SUCCE-HPON entre otras PONs.

Esta red provee anchos de banda comparables a la WDM-PON, pero a un costo más bajo. Esto es alcanzado primeramente eliminando la necesidad de láseres en las proximidades del cliente y compartiendo componentes sintonizables en las oficinas centrales proveedoras del servicio.

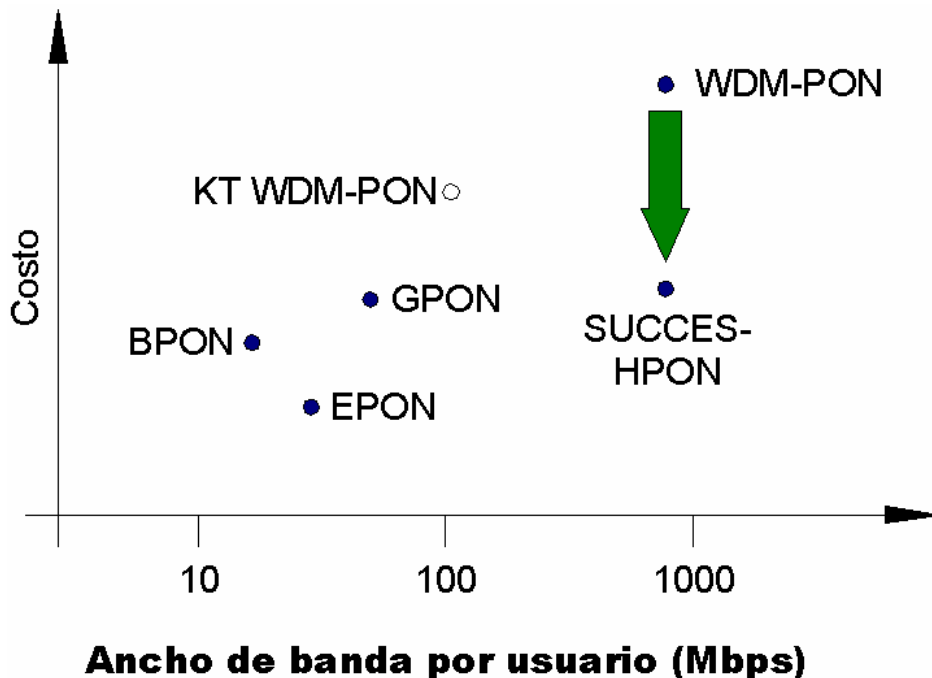
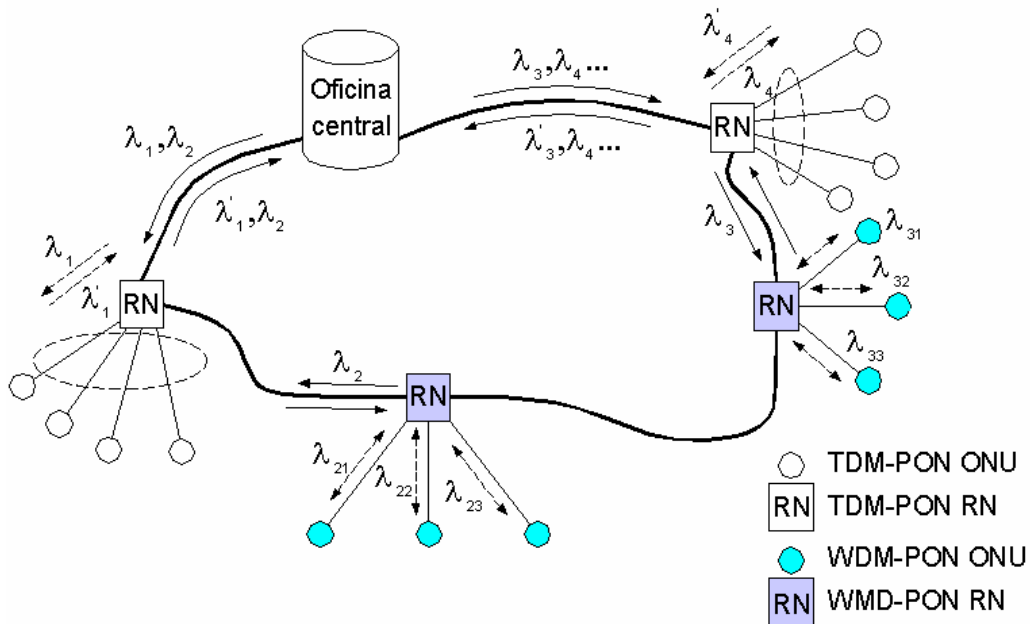


Figura 2.1. Costos relativos vs. Ancho de banda de las PONs.



## CAPÍTULO II – Tecnologías de acceso óptico

En las SUCCESS-HPON (figura 2.2.), la necesidad de láseres fijos o sintonizables en las WDM *Optical Network Units* (ONUs) del cliente es eliminado enviando una onda continua desde la oficina central (*Central Office CO*) en la cual se modula el flujo de datos de subida.



**Figura 2.2.** Arquitectura SUCCESS-HPON.

Al eliminar la necesidad de láseres, especialmente aquellos sintonizables, se logra que las ONUs sean considerablemente más económicas.

Existen varias opciones para modular la onda continua en las ONUs, aquí se propone usar Amplificadores Semiconductores Ópticos SOAs (*Semiconductor Optical Amplifiers*), bajo la suposición de que su potencia de integración con los amplificadores electrónicos minimice aún más los costos.

Los láseres sintonizables y los receptores en la oficina central (CO) son compartidos por todas las redes de usuarios para ambos flujos de datos, de subida y bajada. Esto permite disminuir la cantidad total de componente necesitados.

Esta aproximación es escalable ya que el número de componentes puede ser gradualmente incrementado conforme nuevos usuarios se unan a la red.

Compartir los componentes antes mencionados no es una tarea sencilla; para hacerlo efectivamente se han desarrollado planificadamente complejos algoritmos.

### **2.2. ETHERNET PARA REDES DE ACCESO DE SUBSCRIPTORES** **[5]**

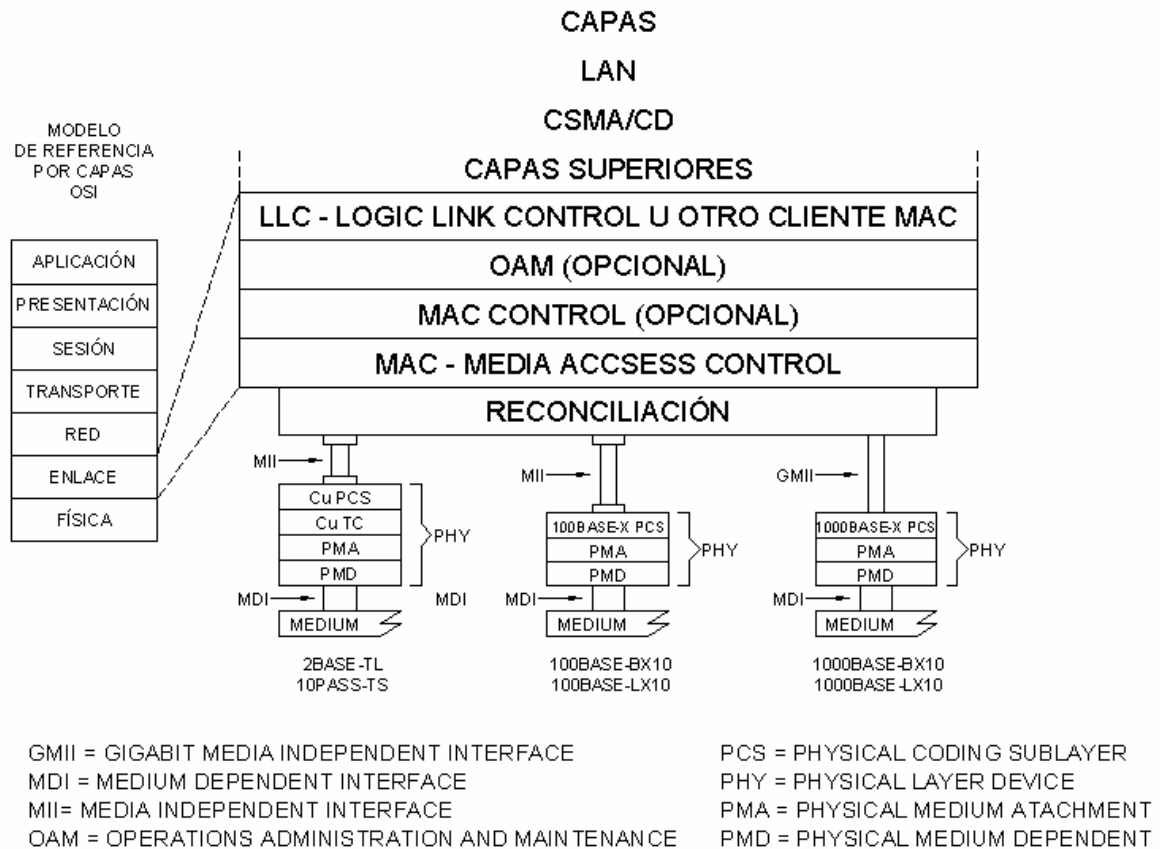
*Ethernet* para redes de acceso de suscriptores, también llamado *Ethernet* en la Última Milla (*Ethernet in the First Mile – EFM*), combina un grupo mínimo de extensiones a *IEEE 802.3 Media Access Control (MAC)* y subcapas de *MAC Control* con un grupo de capas físicas.

Estas capas físicas incluyen fibra óptica y subcapas dependientes del medio, *Physical Medium Dependent (PMDs)* para cable de cobre con aplicaciones de voz, para conexiones punto a punto (P2P) en redes de acceso de suscriptores.

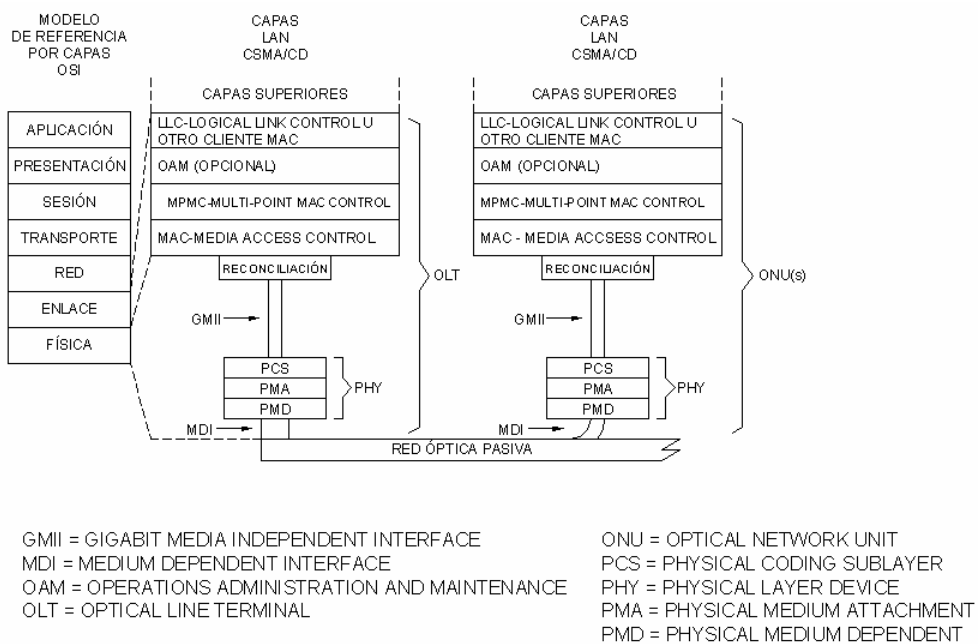
EFM también introduce el concepto de EPONs, en el cual se implementa una topología de red punto a multipunto (P2MP) con bifurcadores ópticos pasivos (*passive optical splitters*), junto a las extensiones de las subcapas *MAC Control Sublayer* y *Reconciliation Sublayer* así como PMD de fibra óptica para soportar esta tecnología.

Además, se incluye un mecanismo para el mantenimiento, administración y operación de la red (*Operation, Administration and Maintenance – OAM*), para facilitar la operación y la solución de problemas de las red.

En la figura 2.3., se presenta la relación entre los elementos EFM y el modelo de referencia OSI para tecnologías punto a punto y en la figura 2.4., para tecnologías punto a multipunto.



**Figura 2.3. EFM para tecnologías punto a punto.**



**Figura 2.4. EFM para tecnologías punto a multipunto.**

Una característica importante de EFM es que únicamente soporta enlaces *full duplex*. El estándar IEEE 802.3ah define una característica llamada MAC *full duplex* simplificada, con el fin de utilizar en aplicaciones P2MP así como en aplicaciones de cobre para EFM.

### **2.2.1. SUBCAPAS P2P**

EFM P2P soporta operaciones en diferentes velocidades de transmisión, dependiendo de las características del medio. En el caso de fibra óptica, soporta velocidades 100 Mbps y 1000 Mbps usando las subcapas PCS (*Physical Coding Sublayer*) y PMA (*Physical Medium Attachment*) de 100BASE-X y 1000 BASE-X respectivamente.

En el caso de cobre, EFM soporta una variedad de velocidades, dependiendo de la longitud y de la relación señal a ruido característica del medio. 2BASE-TL soporta una velocidad nominal de 2 Mbps con un alcance de 2700 metros. 10PASS-TS soporta una velocidad nominal de 10 Mbps con un alcance de 750 metros.

### **2.2.2. SUBCAPAS P2MP**

Para tecnologías con fibra óptica P2MP, EFM soporta una velocidad nominal de 1000 Mbps, compartida entre una población de ONUs (*Optical Network Units*) adjuntos a la tecnología P2MP.

A continuación se detallan breves aspectos considerados en las subcapas P2MP, que serán abordados con mayor detalle en secciones posteriores.

#### **2.2.2.1. Protocolo de Control de Acceso al Medio Multipunto (MPCP)**

El Protocolo de Control de Acceso al Medio Multipunto (MPCP) usa mensajes, estados de máquina y temporizadores, como se define más adelante, para controlar la tecnología P2MP.

Cada topología P2MP consiste de un OLT más una o varias ONUs, tal como se ilustra en la figura 2.4.

Una de las varias instancias del MPCP en el OLT se comunica con la instancia del MPCP en la ONU. Se distingue entonces un par asociado de MPCPs que se comunican entre el OLT y la ONU.

### **2.2.2.2. Subcapa de Reconciliación (RS) e interfaces independientes del medio**

La combinación de MPCP y la extensión de la Subcapa de Reconciliación (RS) para una emulación P2P, permite una red P2MP fundamental para aparecer como una colección de enlaces punto a punto frente a los protocolos de capa superior (y para el cliente MAC en las inferiores).

### **2.2.2.3. Sistemas de señalización de capa física**

EFM extiende la familia de los sistemas de señalización de capa física 100BASE-X para incluir 100BASE-LX10 (de gran longitud de onda), más la combinación de 100BASE-BX10-D (flujo de bajada de gran longitud de onda bidireccional) y 100BASE-BX10-U (flujo de subida de gran longitud de onda bidireccional). Todos estos sistemas emplean 100BASE-X PCS (*Physical Coding Sublayer*) y PMA (*Physical Medium Attachment*).

EFM también extiende la familia de los sistemas de señalización de capa física 1000BASE-X para incluir 1000BASE-LX10 (de gran longitud de onda), más la combinación de 1000BASE-BX10-D (flujo de bajada de gran longitud de onda bidireccional) y 1000BASE-BX10-U (flujo de subida de gran longitud de onda bidireccional). Estos sistemas también, emplean 1000BASE-X PCS y PMA. 1000BASE-LX10 es interoperable con 1000BASE-LX con fibra monomodo y multimodo, y ofrece más alcance que 1000BASE-LX con fibra monomodo.

Para las topologías P2MP, EFM introduce una familia de sistemas de señalización de capa física las cuales son derivadas de 1000BASE-X, pero que incluyen

extensiones a la RS, PCS y PMA, junto con una capacidad FEC (*Forward Error Correction*).

La familia de sistemas de señalización de capa física de P2MP incluye una combinación de 1000BASE-PX10-D (flujo de bajada PON de 10 km), más 1000BASE-PX10-U (flujo de subida PON de 10 km), y la combinación de 1000BASE-PX20-D (flujo de bajada PON de 20 km) más 1000BASE-PX20-U (flujo de subida PON de 20 km).

EFM también introduce una familia con dos sistemas diferentes de señalización de capa física para cableado de cobre, ambos comparten un grupo de funciones e interfaces. Además se incluye una especificación opcional que soporta operaciones combinadas de múltiples pares de cobre, permitiendo capacidades grandes de velocidad para un enlace dado.

Para aplicaciones de alta velocidad, se especifica el sistema de señalización 10PASS-TS que cuenta con una técnica referida como división de frecuencia bidireccional FDD (*Frequency Division Duplexing*) para lograr una comunicación *full duplex* en un par sencillo.

10PASS-TS es un sistema de señalización pasabanda derivado del estándar VDSL, usando modulación de portadora múltiple MCM (*Multiple Carrier Modulation*) referido también como DMT (*Discrete Multi-Tone*). Esta capa física soporta una velocidad de datos nominal *full duplex* de 10 Mbps.

Se definen dos subtipos de capas físicas para 10PASS-TS: 10PASS-TS-O y 10PASS-TS-R. En redes públicas se usa 10-PASS-TS-R en una oficina central de telecomunicaciones (CO), en cambio, 10-PASS-TS-O es usado por los suscriptores.

Para aplicaciones de larga distancia, se define el sistema de señalización 2BASE-TL, el cual es un sistema de banda base derivado de la especificación SHDSL. 2BASE-TL soporta una velocidad de datos nominal *full duplex* de

## **CAPÍTULO II – Tecnologías de acceso óptico**

---

aproximadamente 2 Mbps, y al igual que 10-PASS-TS, consiste en dos subtipos de capa física: 2BASE-TL-O (terminal de red) y 2BASE-TL-R (terminal de subscritor).

Las especificaciones para la operación de cada elemento de capa física se detalla en la tabla 2.2

<b>Nombre</b>	<b>Localización</b>	<b>Velocidad (Mbps)</b>	<b>Alcance nominal (km)</b>	<b>Medio</b>
100BASE-LX10	ONU/OLT	100	10	Dos fibras monomodo
100BASE-BX10-D	OLT	100	10	Una fibra monomodo
100BASE-BX10-U	ONU			
1000BASE-LX10	ONU/OLT	1000	10 0,55	Dos fibras monomodo Dos fibras multimodo
1000BASE-BX10-D	OLT	1000	10	Una fibra monomodo
1000BASE-BX10-U	ONU			
1000BASE-PX10-D	OLT	1000	10	Una fibra monomodo PON
1000BASE-PX10-U	ONU			
1000BASE-PX20-D	OLT	1000	20	Una fibra monomodo PON
1000BASE-PX20-U	ONU			
10PASS-TS-O	CO	10	0,75	Uno o más pares de cobre para aplicaciones de voz
10PASS-TS-R	Subscriber			
2BASE-TL-O	CO	2	2,7	Uno o más pares de cobre para aplicaciones de voz
2BASE-TL-R	Subscriber			

**Tabla 2.2.** Resumen de sistemas de señalización de capa física de EFM.

### **2.2.2.4. Administración**

Para objetos de administración, atributos y acciones, EFM introduce Operaciones, Administración y Mantenimiento OAM (*Operations, Administration and Maintenance*) para las redes de acceso de subscritores a *Ethernet*.

OAM como se detalla en apartados posteriores, incluye un mecanismo para la comunicación de la información de administración usando tramas OAM, así como funciones para el desarrollo de diagnósticos de bajo nivel en un enlace de la red.

### **2.2.2.5. Transmisión unidireccional**

En contraste a ediciones previas de 802.3, en ciertas circunstancias un DTE estaba habilitado para transmitir tramas mientras no recibía una señal satisfactoria, en cambio, para un OLT 1000BASE-PX-D es necesario hacer esto para así llevar a una PON a un estado de operación (aunque no es aconsejable para una ONU 1000BASE-PX-U transmitir sin tener recepción del OLT).

### **2.2.3. OPERACIÓN, ADMINISTRACIÓN Y MANTENIMIENTO (OAM)**

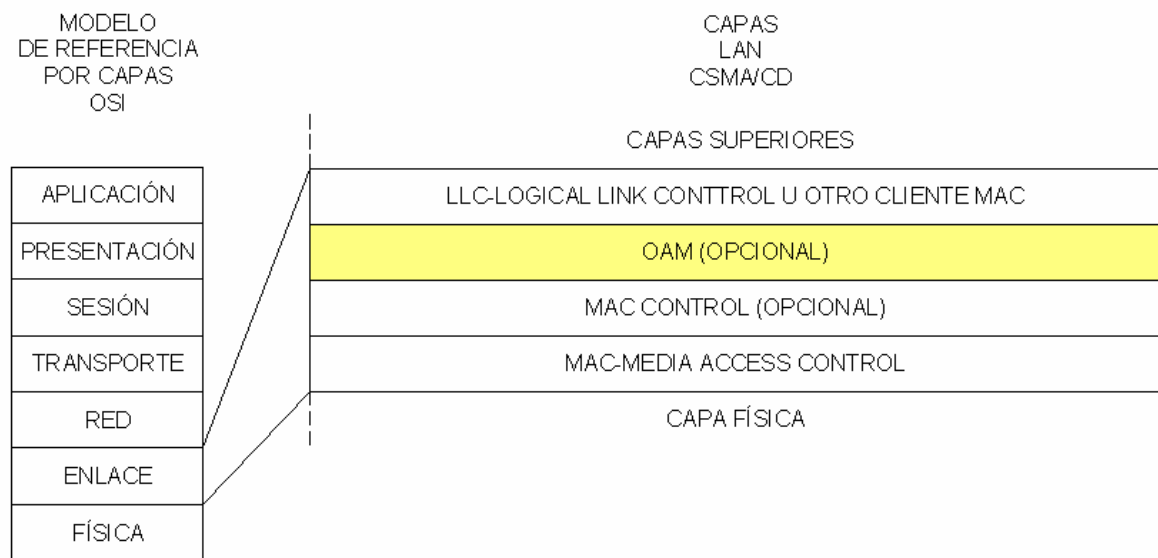
La subcapa OAM provee mecanismos útiles para el monitoreo de la operación de los enlaces tal como indicaciones remotas de falla y controles remotos de lazo de retorno (*loopback*). En general OAM provee a la red operar la disponibilidad para monitorear su “salud” y rápidamente localizar los enlaces de falla o las condiciones de error.

OAM no incluye funciones tales como mantenimiento de estación, determinación de ancho de banda o funciones de aprovisionamiento, las cuales son consideradas de manera propietaria fuera del alcance de EFM en IEEE802.3ah.

#### **2.2.3.1. Posicionamiento de OAM dentro de la arquitectura IEEE 802.3**

OAM compromete una subcapa opcional entre una subcapa superior y una inferior. La figura 2.5., muestra la relación de la subcapa OAM con el modelo de referencia ISO/OSI.





**Figura 2.5.** Relación de OAM dentro del modelo ISO/OSI.

### 2.2.3.2. Consideraciones de compatibilidad

#### 2.2.3.2.1. Aplicación

OAM está proyectada para enlaces IEEE 802.3 punto a punto y emulados punto a punto, su implementación y funcionalidad son opcionales. Una implementación puede contemplar la subcapa OAM para algunos puertos dentro de un sistema y no para otros de ellos.

#### 2.2.3.2.2. Interoperabilidad entre OAM y DTEs

Un DTE esta habilitado para determinar si un DTE remoto tiene o no, habilitado la funcionalidad OAM. El mecanismo de descubrimiento de OAM determina los parámetros configurados y funciones soportados en un enlace dado.

### 2.2.4. CONTROL MAC MULTIPUNTO

A continuación se detalla los protocolos de mecanismo y control requeridos para relacionar la topología P2MP en un ambiente de trabajo *Ethernet*.

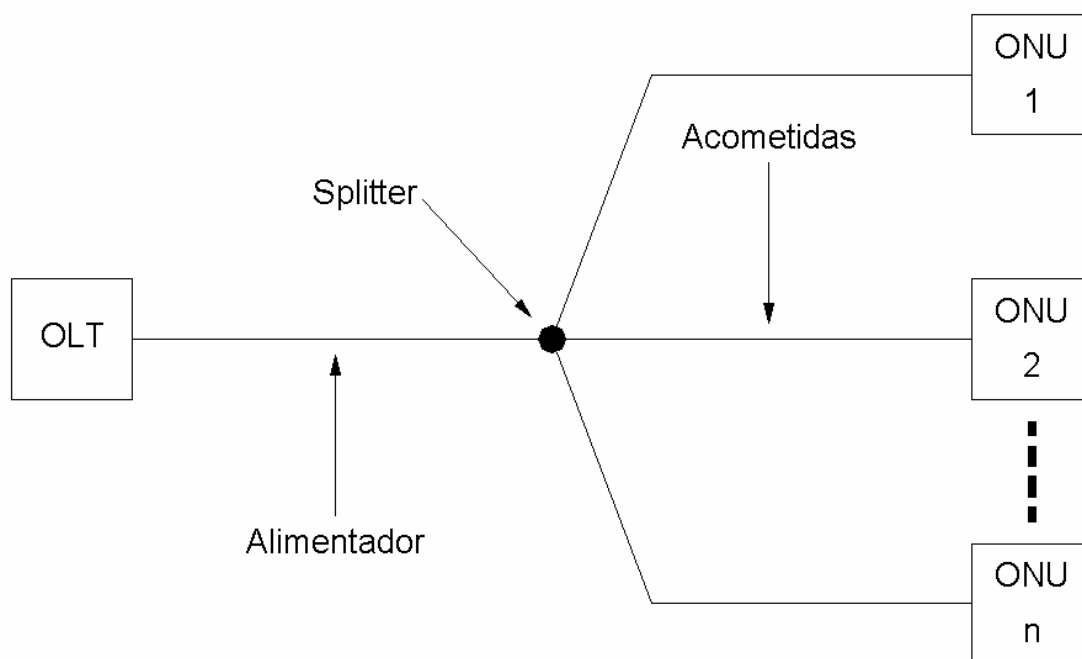
El medio P2MP es una red óptica pasiva (PON), una red sin elementos activos en el camino de la señal desde su origen hasta su destino. Los únicos elementos interiores usados en una PON son componentes ópticos pasivos, tales como fibra óptica, empalmes (*spllices*) y bifurcadores (*splitters*), que combinados con el protocolo *Ethernet* da a lugar la red referida como *Ethernet Passive Optical Network* (EPON).

P2MP es un medio asimétrico basado en una topología tipo árbol, así, un DTE (*Data Terminal Equipment*) conectado al tronco del árbol llamado *Optical Line Terminal* (OLT), y varios DTEs conectados en las ramas llamados *Optical Network Units* (ONUs). El OLT típicamente reside en las instalaciones del proveedor de servicios, mientras que las ONUs son localizadas en las proximidades de los suscriptores.

En la dirección del flujo de bajada (desde la OLT hasta una ONU), las señales transmitidas por la OLT pasa a través de un *splitter* pasivo 1:N (o cascadas de *splitters*) para alcanzar cada ONU. En la dirección del flujo de subida (desde las ONUs hasta el OLT), la señal transmitida por una ONU, únicamente alcanza el OLT mas no otras ONUs.

Para eliminar la colisión de datos e incrementar la eficiencia de la red de acceso de suscriptores, las transmisiones de las ONUs son arbitrarias, esto es logrado gracias a la localización de una ventana de transmisión en cada ONU. Una ONU retarda su transmisión hasta que llegue una concesión. Una vez que dicha concesión ha llegado, la ONU transmite tramas a la velocidad nominal en su *time slot* asignado.

En la figura 2.6., se ilustra un ejemplo simplificado de la tecnología P2MP.



**Figura 2.6.** Ejemplo de topología PON.

El estándar IEEE 802.3ah detalla la localización de los recursos de transmisión en el flujo de subida a las diferentes ONUs, descubrimiento y registro de las ONUs en la red y reporte de congestión a capas superiores para permitir esquemas de localización de ancho de banda dinámico y multiplexaje estadístico a través de la PON.

No incluye tópicos como estrategias de localización de ancho de banda, autenticación de usuarios finales, definición de calidad de servicio, aprovisionamiento o mantenimiento.

Se especifica el Protocolo de Control de Acceso al Medio Multipunto para operar una red óptica multipunto definiendo la subcapa *Multi-point MAC Control* como una extensión a la subcapa *MAC Control* actualmente soportada por las especificaciones.

Cada PON consiste de un nodo localizado en la raíz del árbol asumiendo el rol de OLT, y múltiples nodos localizados en las ramas del árbol asumiendo el rol de

ONUs. La red opera permitiendo la transmisión de una única ONU a la vez en la dirección del flujo de subida. EL MPCP localizado en el OLT es responsable de los diferentes intervalos de transmisión, el reporte de congestión de las diferentes ONUs puede asistir a la determinación de ancho de banda a través de las PON.

El descubrimiento automático de las estaciones finales se desarrolla culminando en un proceso de registro de una ONU en un puerto del OLT y determinando un Identificador Lógico de Enlace LLID (*Logical Link ID*).

Las funcionalidades del Control MAC Multipunto deben ser implementadas por los equipos de acceso de los suscriptores contenidos en los equipos de capa física punto a multipunto.

El Control MAC multipunto define la operación de control MAC para redes ópticas punto a multipunto. La figura 2.7., ilustra el posicionamiento de la subcapa *Multi-point MAC Control* con respecto a MAC y al cliente *MAC Control*, la cual toma el lugar de ésta para extender su aplicación a múltiples clientes y con una funcionalidad de control MAC adicional.

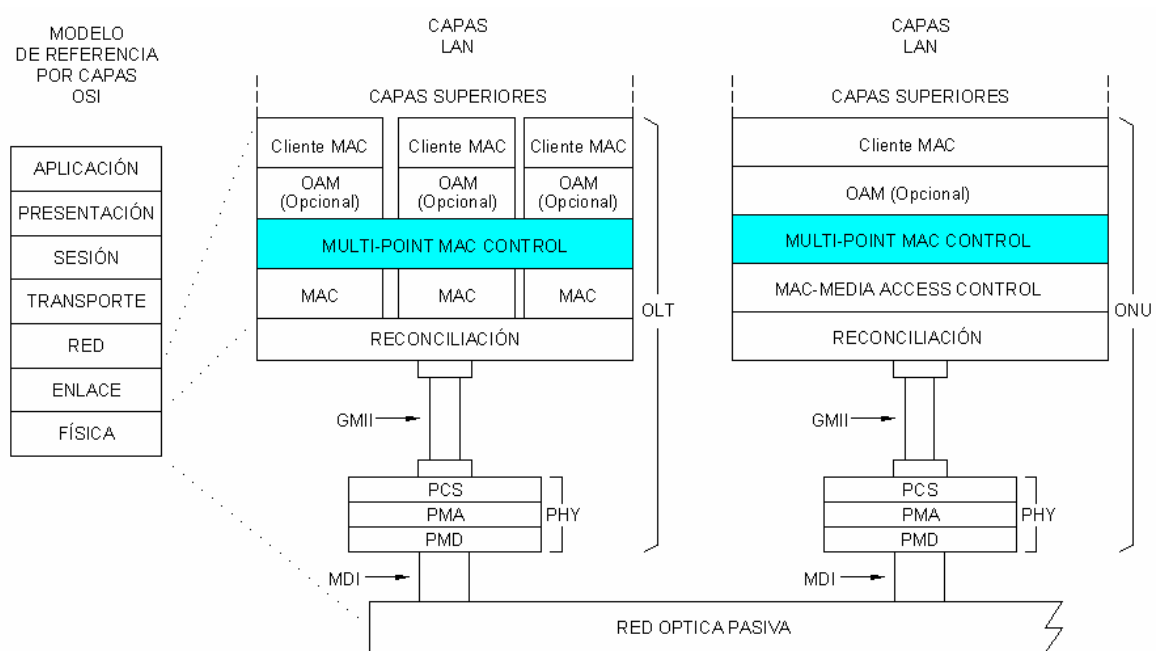
*Multi-point MAC Control* esta definida usando los mecanismos y precedentes de la subcapa *MAC Control*, la cual tiene una extensa funcionalidad diseñada para administrar el control en tiempo real y la manipulación de la operación de la subcapa MAC.

Además, la subcapa *Multi-point MAC Control* está especificada para que pueda soportar nuevas funciones a ser implementadas y adheridas al estándar IEEE802.3ah en el futuro, tal como MPCP para P2MP.

Como se aprecia en la figura 2.7., la instancia MAC ofrece una emulación de servicio P2P entre el OLT y la ONU, en una MAC adicional es posible la comunicación con todas la MACs de una sola vez. Estas instancias toman máxima ventaja de la naturaleza de difusión de un canal de flujo de bajada al enviar una copia simple de una trama que es recibida por todas las ONUs. Esta instancia MAC es referida como Copia Simple de Difusión SCB (*Single Copy*

*Broadcast*). La ONU únicamente requiere una instancia MAC desde las operaciones de filtrado de trama que se dan en RS antes de alcanzar la MAC.

Aunque la figura 2.7., y el texto de apoyo describen múltiples MACs dentro del OLT, se puede usar una dirección MAC simple *unicast* por el OLT. Dentro de la red EPON, las MACs son identificadas únicamente por su LLID el cual está dinámicamente asignado en el proceso de registro.



**Figura 2.7.** Relación del Control MAC Multipunto y la pila de protocolos OSI.

La figura 2.8., muestra un diagrama de bloque funcional de la arquitectura de control MAC multipunto.

### 2.2.4.1. Operación del Control MAC Multipunto

Como se observa en la figura 2.8., el control MAC multipunto se compromete en las siguientes funciones:

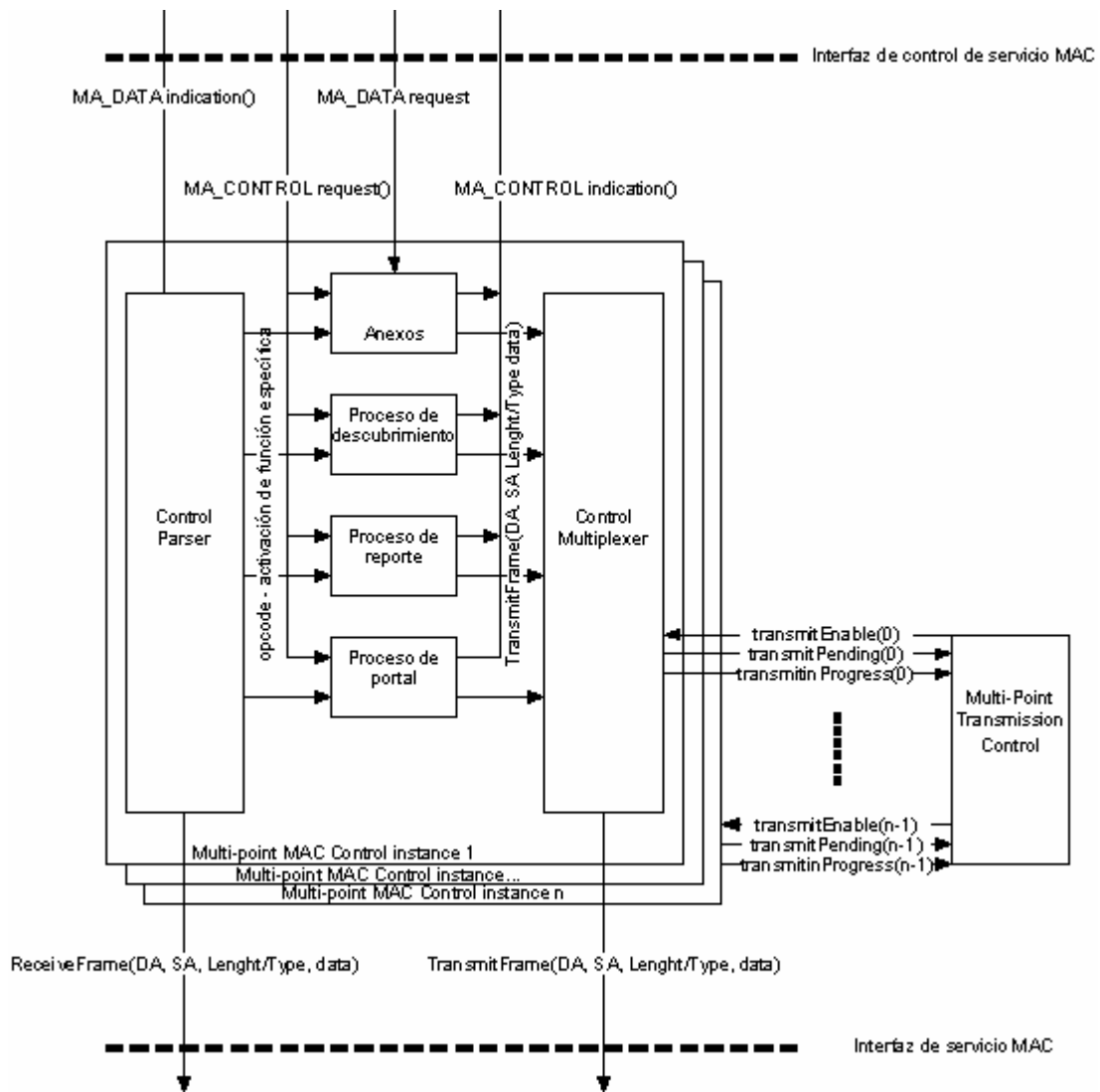


Figura 2.8. Diagrama de bloques funcional del control MAC multipunto.

- a. *Control de transmisión multipunto (Multi-Point Transmisión Control)*. Este bloque es responsable de la sincronización de las instancias de control MAC multipunto asociadas con dicho control. Mantiene el estado de control y supervisa las funciones de multiplexaje de las MACs requeridas.
- b. *Instancia n de control MAC multipunto (Multi-Point MAC Control Instante n)*. Este bloque es requerido por cada MAC y por sus clientes respectivos MAC asociados con el control MAC multipunto, para mantener todas las variables y estados asociados con la operación de todos los protocolos de control MAC.

- c. *Control Parser*. Este bloque es responsable del análisis de las tramas de control MAC, de las interfaces con las diferentes entidades, de los bloques específicos *opcode*, y el cliente MAC.
- d. *Control Multiplexer*. Este bloque es responsable de la selección de fuente de las tramas reenviadas.
- e. *Anexos*. Este bloque mantiene las acciones de control MAC para apoyo de legitimidad y servicios futuros.
- f. *Procesos de descubrimiento, reporte y portal*. Estos bloques son responsables de la manipulación del MPCP en el contexto de MAC.

### 2.2.4.1.1. Fundamentos del control MAC multipunto

Como se ilustra en la figura 2.8., la subcapa de Control MAC Multipunto puede requerir múltiples instancias de Control MAC Multipunto para unir múltiples MAC y clientes *MAC Control* sobre múltiples MACs por debajo. Una única instancia MAC *unicast* se usa en el OLT para comunicarse con cada ONU. Las instancias MAC individuales utilizan el servicio de la emulación de punto a punto entre el OLT y la ONU.

En la ONU, una instancia MAC única se usa para comunicarse con otra instancia MAC respectiva en el OLT. En ese caso, el Control MAC Multipunto contiene una única instancia de la función *Control Parser/Multiplexer*.

El Protocolo de Control MAC Multipunto soporta varios MAC e interfaces de cliente. Sólo una sola interfaz de MAC y la interfaz del Cliente se habilita para la transmisión en un determinado momento. Existe una ruta clara entre una interfaz de servicio MAC y una interfaz de servicio de Cliente.

El algoritmo de planificación es una implementación dependiente, y no está especificado para el caso donde múltiples demandas de transmisión suceden al mismo tiempo.

La operación de recepción se da como se describe a continuación: La instancia de Control MAC Multipunto genera la llamada de la función *ReceiveFrame* continuamente a la instancia MAC fundamental. Desde que estos MACs están recibiendo tramas de una capa física simple, solo una de ellas es pasada desde las instancias MAC al Control MAC Multipunto. Las instancias MAC respondiendo a *ReceiveFrame* está referido a como éstas estén habilitadas, y su interfaz de servicio está referido a como el interfaz de MAC este activado. El MAC pasa a la subcapa Control MAC Multipunto únicamente las tramas válidas, evitando las no válidas en respuesta a la llamada de la función *ReceiveFrame*.

La habilitación de un interfaz de servicio de transmisión es realizada por la instancia de Control MAC Multipunto en colaboración con el Control de Transmisión Multipunto. Las tramas generadas en el Control MAC tienen mayor prioridad que las tramas de cliente MAC. Para la transmisión de estas tramas, la instancia de Control MAC Multipunto habilita el reenvío de las funciones *MAC Control*, pero la interfaz de cliente MAC no se habilita. La recepción de una trama en un MAC habilita la interfaz *ReceiveFrame* del MAC. Al recibir la interfaz MAC, ésta se habilitará en cualquier momento dado que haya una interfaz de capa física.

La información de las interfaces activadas se guarda en las variables de estado de control, y accedidas por el bloque *Control Multiplexing*.

La subcapa de Control MAC Multipunto usa los servicios fundamentales de la subcapa para intercambiar datos y tramas de control.

Operación de recepción en cada instancia:

- a) Una trama se recibe del MAC subyacente.



- b) La trama se analiza según el campo *Length/Type*.
- c) Las tramas *MAC Control* son demultiplexadas según el *opcode* y reenviadas a las funciones del proceso pertinentes.
- d) Se reenvían las tramas de datos al cliente MAC.

Operación de transmisión en cada instancia:

- a) El cliente MAC señala una trama transmisión.
- b) Un bloque de proceso de protocolo intenta emitir una trama, como resultado de una petición específica o como resultado de un evento MPCP que genera una trama.
- c) Cuando se permite transmitir por el bloque de Control de Transmisión Multipunto, la trama se reenvía.

### **Procesos de *Ranging* y *Timing***

El OLT y las ONUs tienen contadores de 32 bits que incrementan cada 16 ns. Estos contadores proporcionan una estampa de tiempo local. Cuando cualquier dispositivo transmite una PDU MPCP (MPCPDU), se traza su valor de contador en el campo *timestamp*. El tiempo de transmisión del primer octeto de una trama MPCPDU desde el Control MAC al MAC se toma como el tiempo de la referencia usado para poner el valor de *timestamp*.

Cuando la ONU recibe MPCPDUs, pone a su contador según el valor del campo *timestamp* del MPCPDU recibido.

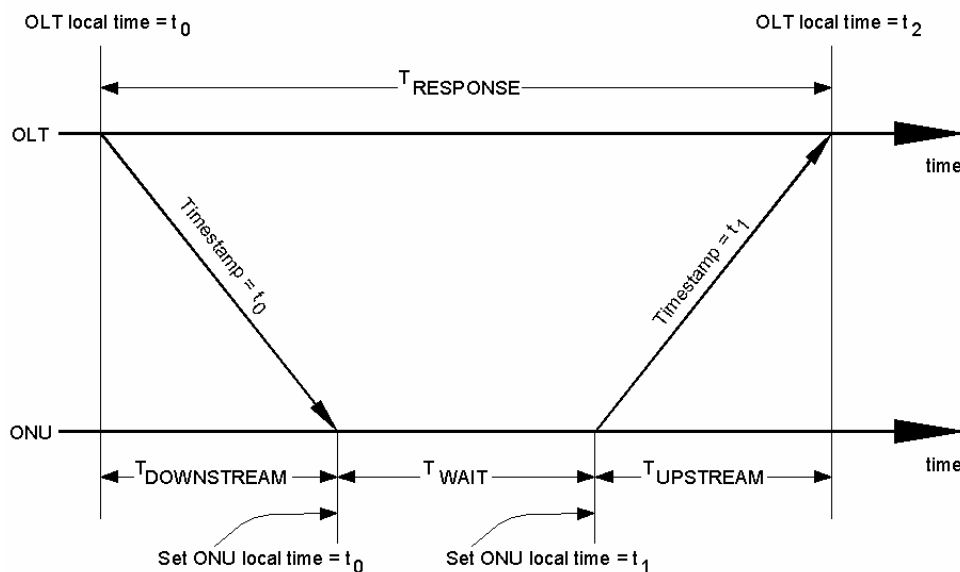
Cuando el OLT recibe MPCPDUs, usa los valores de *timestamp* recibidos para calcular o verificar el tiempo de viaje entre el OLT y la ONU. El RTT es igual a la diferencia entre el valor del cronómetro y el valor en el campo *timestamp*. El RTT

calculado es notificado al cliente, el cual puede usar este RTT para el proceso de *ranging*.

Una condición de error de tendencia de *timestamp* ocurre cuando la diferencia entre los relojes de OLT y ONU excede algún umbral predefinido. Esta condición puede descubrirse independientemente por el OLT o por una ONU.

El OLT descubre esta condición cuando una diferencia absoluta entre nuevos y viejos valores de RTT medidos para una ONU dada excede el valor de *guardThresholdOLT*, como se muestra en la figura 2.9.

Una ONU descubre una condición de error de tendencia de *timestamp* cuando la diferencia absoluta entre un *timestamp* recibido en un MPCPDU y los contadores locales exceden el *guardThresholdONU*.



$T_{DOWNSTREAM}$  = Retardo de propagación del flujo de bajada

$T_{UPSTREAM}$  = Retardo de propagación del flujo de subida

$T_{WAIT}$  = Tiempo de espera en la ONU =  $t_1 - t_0$

$T_{RESPONSE}$  = Tiempo de respuesta en el OLT =  $t_2 - t_0$

$$RTT = T_{DOWNSTREAM} + T_{UPSTREAM} = T_{RESPONSE} - T_{WAIT} = (t_2 - t_0) - (t_1 - t_0) = t_2 - t_1$$

**Figura 2.9.** Cálculo del tiempo de viaje RTT.

2.2.4.1.2. *Control de transmisión multipunto, Control Parser y Control Multiplexer*

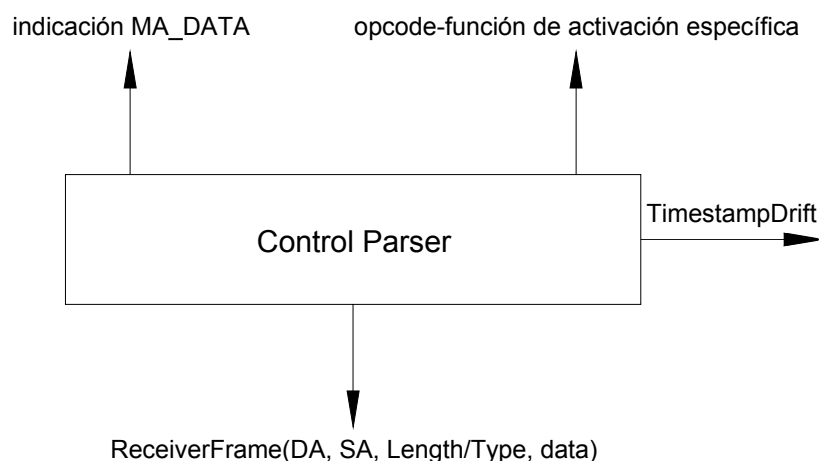
El propósito del control de transmisión multipunto es permitir solamente a uno de los múltiples clientes MAC, transmitir a su MAC asociado y subsecuentemente a la capa RS a un tiempo, acertando una señal *transmitEnable* dada.



**Figura 2.10.** Interfaces del Servicio de Control de Transmisión Multipunto.

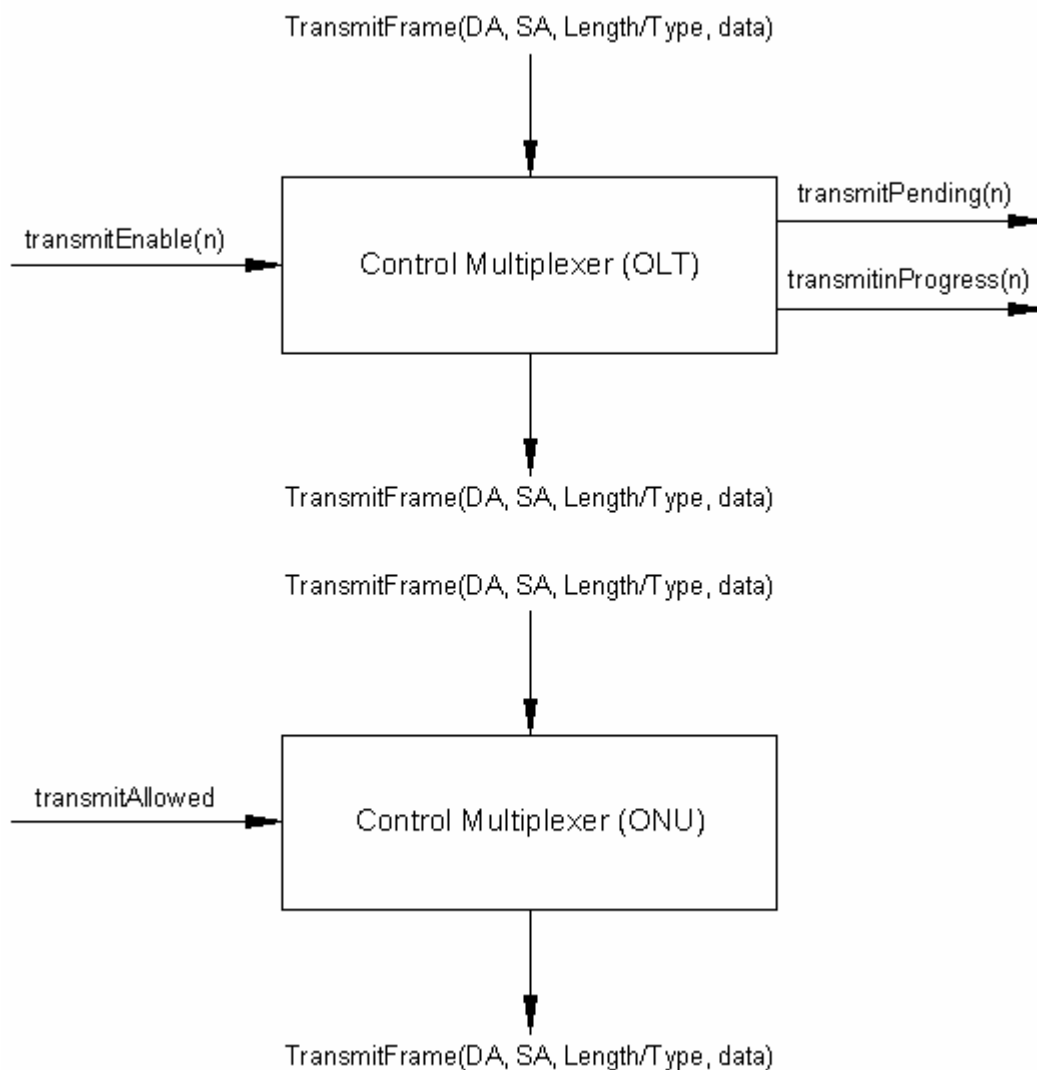
El bloque de función de n de la instancia de control MAC multipunto se comunica con el Control de Transmisión Multipunto usando las variables de estado *transmitEnable[n]*, *transmitPending[n]* y *transmitProgress[n]*.

*Control Parser* es responsable del análisis independiente de *opcode* de las tramas MAC en la vía de recepción, identificando las tramas *MAC Control* y demultiplexándolas en múltiples entidades para el manejo de eventos.



**Figura 2.11.** Interfaces de servicio de *Control Parser*.

*Control Multiplexer* es responsable de las tramas de reenvío desde las funciones específicas *opcode* del *MAC Control* y el cliente *MAC*, a la *MAC*. El multiplexado se realiza en la dirección de transmisión. En el *OLT*, las instancias *MAC* múltiples comparten el mismo *Control MAC Multipunto*, resultando que el bloque de transmisión esté habilitado basado en una señal de control externo localizada en el *Control de Transmisión Multipunto* para evitar la sobrecarga de transmisión.



**Figura 2.12.** Interfaces de servicio de *Control Multiplexer*.

### **2.2.4.2. Protocolo de Control Multipunto (MPCP)**

Tal como se observó en la figura 2.8., el bloque funcional del Control MAC Multipunto comprende las siguientes funciones:

- a) *Proceso de descubrimiento.* Este bloque maneja el proceso de descubrimiento a través del cual una ONU se descubre y registra en la red mientras se da un RTT.
- b) *Proceso de reporte.* Este bloque maneja la generación y colección de los mensajes de reporte a través de los cuales se envían los requisitos de ancho de banda que son enviados en el flujo de subida desde la ONU hasta el OLT.
- c) *Proceso de portal.* Este bloque maneja la generación y colección de mensajes de portal a través de los cuales se logra la multiplexación de los múltiples transmisores.

El sistema de capas puede requerir múltiples entidades MAC, usando una sola capa física. Cada MAC requerida se comunica con una instancia de bloque funcional específico de *opcode* a través del Control MAC Multipunto. Además algunas variables globales son compartidas por las múltiples instancias. El control de estado común se usa para sincronizar las múltiples MACs usando los procedimientos del MPCP. El funcionamiento del control de estado común generalmente es considerado fuera del alcance de las especificaciones del estándar.

#### *2.2.4.2.1. Fundamentos del Protocolo de Control Multipunto*

El Control MAC Multipunto habilita a un cliente MAC para participar en una red óptica punto a multipunto permitiéndole transmitir y recibir las tramas como si estuviese conectado a un enlace dedicado, para ello, emplea los siguientes fundamentos y conceptos:

- a) Un cliente MAC transmite y recibe tramas a través de la subcapa MAC Multipunto.
- b) El Control MAC Multipunto decide cuando permitir que una trama sea transmitida usando la interfaz de cliente *Control Multiplexer*.
- c) Dada una oportunidad de transmisión, el control MAC puede generar tramas de control que se transmitirían por adelantado de las tramas del cliente MAC, utilizando la habilidad inherente de proporcionar transmisión de prioridad superior de tramas de control MAC sobre tramas de cliente MAC.
- d) Múltiples MACs operan en un medio compartido permitiendo a una sola MAC transmitir en el flujo de subida en cualquier momento dado por la red que usa un método de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA).
- e) El puenteo de transmisión es desempeñado a través de las funciones del procedimiento de portal.
- f) Los nuevos dispositivos son descubiertos en la red y permiten la transmisión a través de las funciones del proceso de descubrimiento.
- g) Un control minucioso de la distribución de ancho de banda se logra usando mecanismos de regeneración apoyados en las funciones del proceso de reporte.
- h) El funcionamiento de la red P2MP es asimétrico, con el OLT que asume el papel de maestro, y la ONU que asume el papel de esclavo.

### 2.2.4.2.2. Consideraciones de compatibilidad

#### **Operación PAUSE**

Aunque MPCP es compatible con el control de flujo, el uso optativo de éste puede no ser eficiente en el caso de gran retraso de propagación.

#### **Emulación LAN compartida opcional**

Combinando P2PE, reglas de filtración convenientes en la ONU y, la filtración conveniente y reglas remitidas al OLT, es posible emular una LAN compartida eficiente. El soporte para la emulación de LAN compartida es optativo, y requiere una capa adicional sobre el MAC que está fuera de alcance del estándar.

#### **Multidifusión y soporte de copia simple de distribución**

En la dirección del flujo de bajada, la PON es un medio de difusión. Para hacer uso de esta capacidad para el reenvío de tramas de difusión desde el OLT a los múltiples destinatarios sin la duplicación múltiple para cada ONU, se introduce el soporte de copia simple de distribución SCB (*Single-Copy Broadcast*).

El OLT tiene un MAC por lo menos asociado con cada ONU. Además uno o más MAC en el OLT es marcado como SCB MAC. El SCB MAC se ocupa de todo el tráfico de difusión del flujo de bajada, pero nunca se usa en la dirección del flujo de subida para el tráfico del cliente, salvo en el registro del cliente.

Pueden implementarse capas superiores optativas para realizar una difusión selectiva de tramas. Tales capas pueden requerir MACs adicionales (MACs *multicast*) para ser requeridas en el OLT para algunas o todas las ONUs que aumentan el número total de MACs.

Cuando se conecta el SCB MAC a un puerto de un puente 802.1d es posible que puedan formarse lazos debido a la naturaleza *broadcast* de transmisión. Es por eso que se recomienda no hacerlo.

### **Requerimientos de retraso**

El protocolo MPCP confía en una base de tiempo estricta basada en la distribución de *timestamps*. Una implementación conforme necesita garantizar un retraso constante a través de la MAC y de la capa física para mantener la exactitud del mecanismo de *timestamping*. El retraso real es dependiente de la implementación, sin embargo, una implementación mantendrá una variación de retraso de no más de 16 tiempos de *bit* a través de la pila MAC implementada.

El OLT no concederá menos de 1024 *time\_quanta* en el futuro para permitir tiempo de procesamiento de la ONU cuando reciba un mensaje del portal. La ONU procesará todos los mensajes en menos de este período. El OLT no emitirá más de un mensaje cada 1024 *time\_quanta* a una sola ONU. La unidad de *time\_quantum* está definida como 16 ns.

#### *2.2.4.2.3. Proceso de descubrimiento*

El descubrimiento es el proceso por el cual las ONUs nuevas o desconectadas son provistas de acceso a la PON, y que es manejado por el OLT que periódicamente habilita la Ventana de Tiempo de Descubrimiento durante la cual, las ONUs desconectadas tienen la oportunidad de hacerse conocer ante el OLT. La periodicidad de estas ventanas no es especificada y será una consideración propietaria.

El OLT indica que un período de descubrimiento está ocurriendo transmitiendo un mensaje de portal, que incluye el tiempo de arranque y longitud de la ventana de descubrimiento. Las ONUs desconectadas, al recibir este mensaje, esperan por el período para empezar y entonces transmitir un mensaje de *REGISTER\_REQ* al OLT.



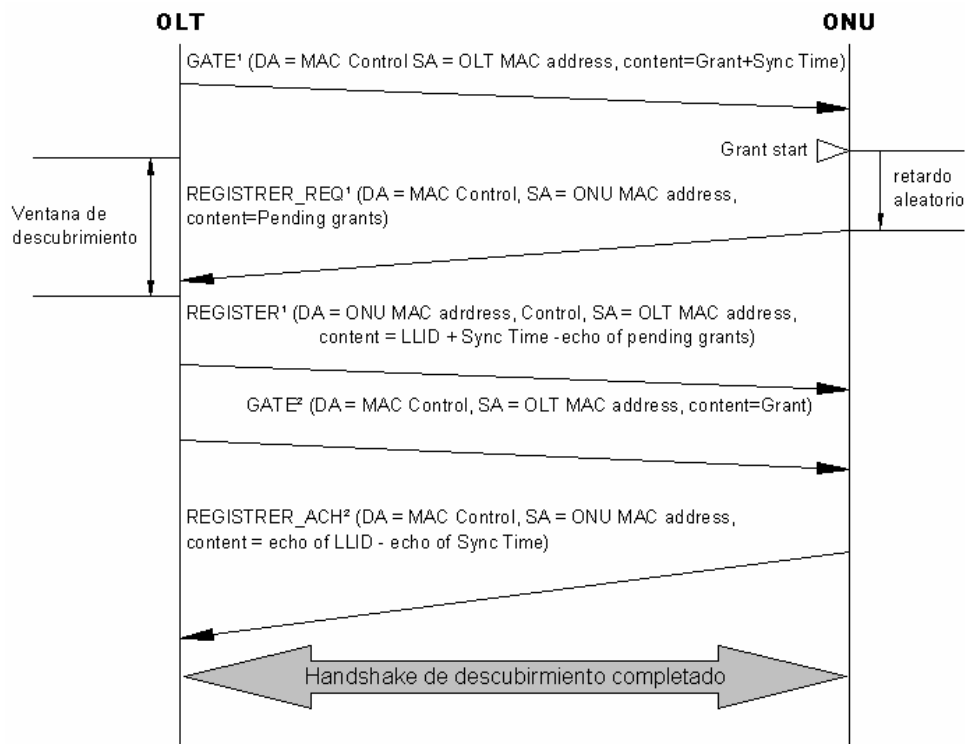
Las ventanas de descubrimiento son únicas, y en ellas tiempos donde múltiples ONUs pueden acceder a la PON simultáneamente, dándose la posibilidad de un traslazo de transmisión. Para reducir la transmisión solapada, se usa un algoritmo de contención por todas las ONUs.

Se toman las medidas para reducir la probabilidad de los traslazos simulando artificialmente una distribución aleatoria de distancias desde el OLT. Cada ONU esperará una cantidad aleatoria de tiempo antes de transmitir el mensaje de *REGISTER\_REQ* que es más corto que la longitud de la ventana de tiempo de descubrimiento. Debe notarse que los mensajes de *REGISTER\_REQ* válidos múltiples pueden ser recibidos por el OLT durante un solo lapso de tiempo de descubrimiento.

Incluido en el mensaje de *REGISTER\_REQ* está la dirección MAC de la ONU y el número de concesiones pendientes máximas. En el recibo de un mensaje de *REGISTER\_REQ* válido, el OLT registra la ONU, determinando y asignando las nuevas identidades del puerto (LLIDs), y uniendo las MACs correspondientes a las LLIDs.

El siguiente paso en el proceso es para el OLT, transmitir un mensaje de Registro a la ONU recientemente descubierta que contiene el LLID de la ONU y el tiempo de sincronización requerida del OLT. También, el OLT hace eco del número máximo de concesiones pendientes. El OLT tiene bastante información ahora para fijar la ONU para el acceso a la PON y transmite un mensaje estándar *GATE* que le permite a la ONU transmitir un *REGISTER\_ACK*.

En el recibo del *REGISTER\_ACK*, el proceso del descubrimiento para esa ONU está completo, la ONU está registrada y puede empezar a cursar tráfico. Es responsabilidad de la Capa de Mantenimiento realizar la unión MAC, y empezar la transmisión desde y hasta la ONU recientemente registrada. El Intercambio de mensaje de descubrimiento se ilustra en figura 2.13.



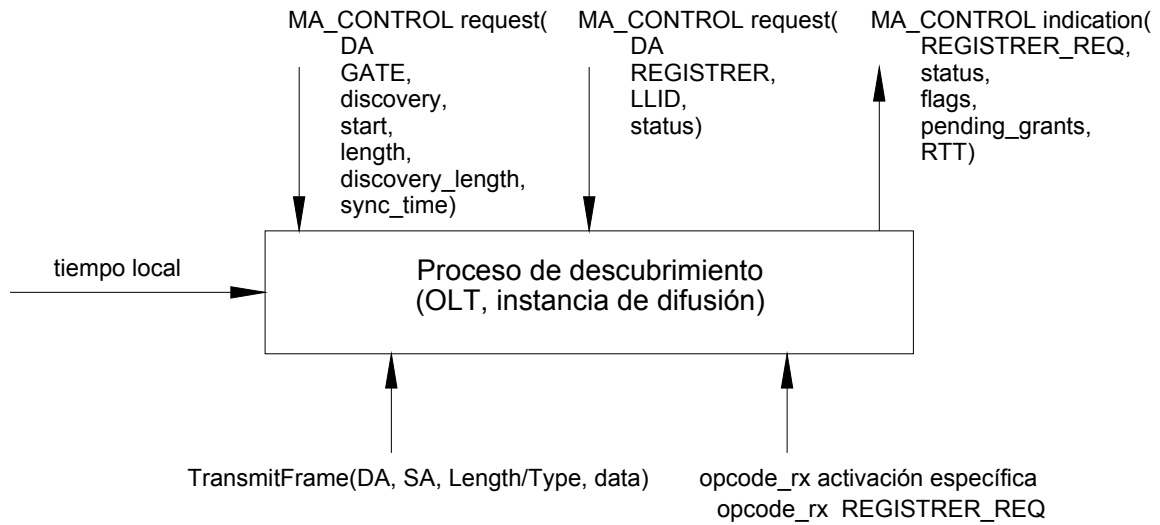
<sup>1</sup> Mensajes enviados en canales *broadcast*

<sup>2</sup> Mensajes enviados en canales *unicast*

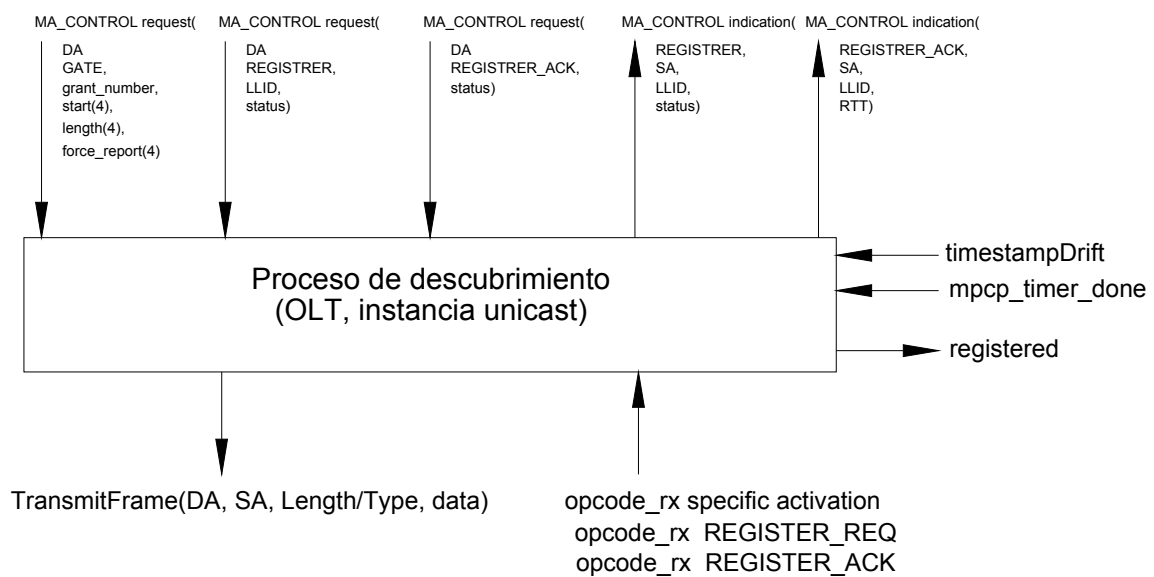
**Figura 2.13.** Intercambio de mensajes *handshake* de descubrimiento.

Pueden existir situaciones cuando el OLT requiere que una ONU pase de nuevo por la secuencia de descubrimiento y registro. De manera similar, puede haber situaciones donde una ONU necesite informar al OLT su deseo de eliminar su registro.

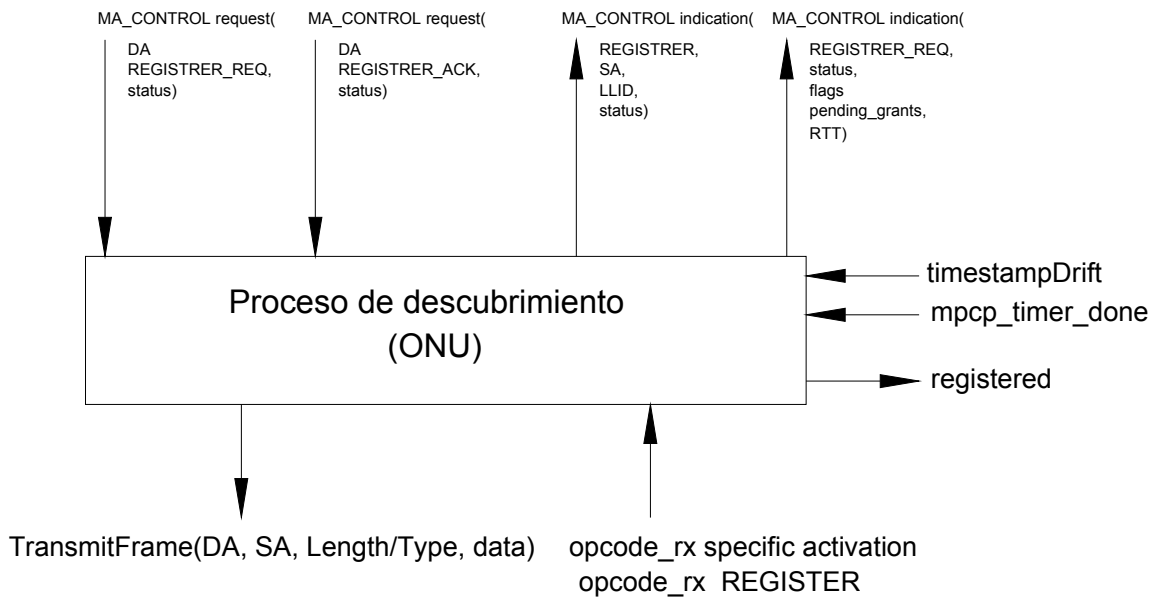
La ONU puede entonces registrarse nuevamente pasando por la secuencia de descubrimiento. Para el OLT, el mensaje de *REGISTER* puede indicar un valor, *Reregister* o *Deregister* que si cualquiera es especificado forzará a la ONU a registrarse nuevamente. Para la ONU, el mensaje de *REGISTER\_REQ* contiene el *bit* de *Deregister* que indica al OLT que esta ONU debe ser eliminada de los registros.



**Figura 2.14.** Interfaces de servicio del proceso de descubrimiento (OLT, instancia de *broadcast*).



**Figura 2.15.** Interfaces de servicio del proceso de descubrimiento (OLT, instancia *unicast*).



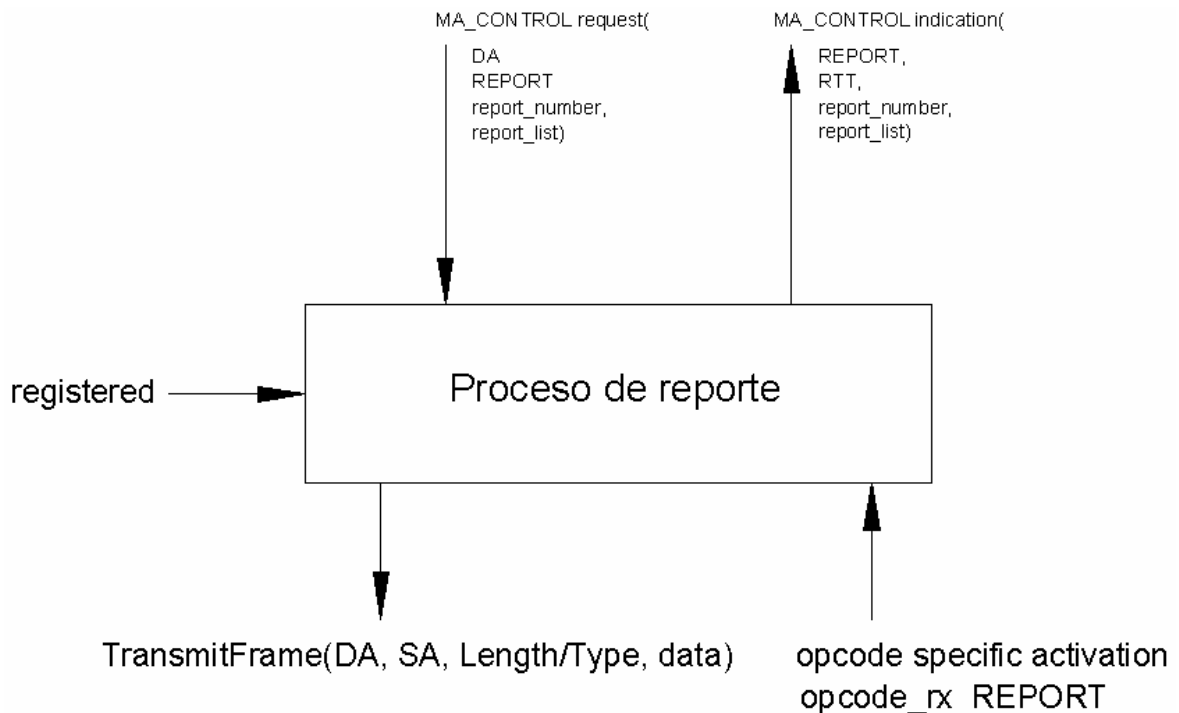
**Figura 2.16.** Interfaces de servicio del proceso de descubrimiento (ONU).

2.2.4.2.4. *Proceso de reporte*

El bloque funcional de Proceso de reporte tiene la responsabilidad de tratar con la generación del informe de cola y terminación en la red. Los informes son generados por las capas superiores y pasados a la subcapa de Control MAC por los clientes de control MAC. Se usan los registros oficiales para señalar las necesidades de ancho de banda así como para armar el cronómetro *watchdog* del OLT.

Se generan los Informes periódicamente, incluso cuando no se ha hecho ninguna demanda de ancho de banda. Esto impide que el cronómetro *watchdog* en el OLT expire y la ONU pierda su registro. Para el funcionamiento apropiado de este mecanismo el OLT concederá a la ONU periódicamente.

El bloque funcional de Proceso de reporte y sus elementos del protocolo MPCP son diseñados para usar junto con un puente de capacidad 802.1P.



**Figura 2.17.** Interfaces de servicio del proceso de reporte.

### 2.2.4.2.5. Proceso de portal

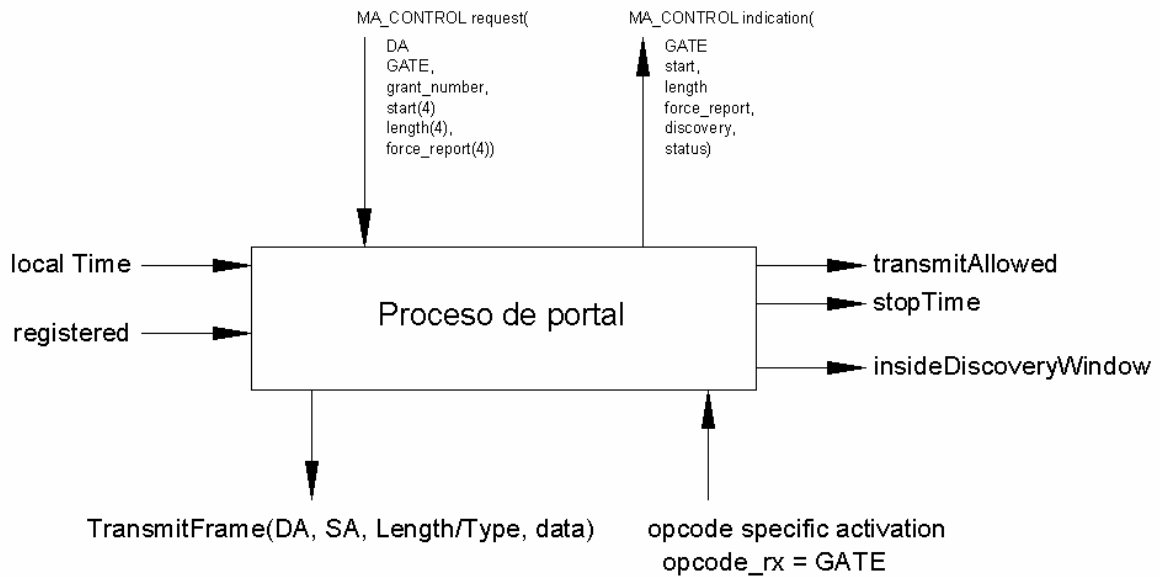
Un concepto importante penetrante en el Control MAC Multipunto es la habilidad de arbitrar un solo transmisor fuera de una pluralidad de ONUs. El OLT controla la transmisión de una ONU asignando concesiones.

La ventana de transmisión de una ONU es indicada en un mensaje *GATE* donde se especifica el tiempo de inicio y la longitud de la ventana. Una ONU empezará la transmisión cuando su contador *localTime* coincida con el valor de *start\_time* indicado en el mensaje de GAP. Una ONU concluirá su transmisión con el margen suficiente para asegurar que el láser se haya apagado antes de que intervalo de longitud de concesión haya pasado.

Pueden emitirse concesiones múltiples a cada ONU. El OLT no emitirá más de las concesiones máximas soportadas como máximas anunciadas por la ONU durante el registro.

Para mantener el cronómetro de *watchdog* en la ONU, se generan concesiones periódicamente. Para este propósito pueden emitirse los mensajes *GATE* vacíos periódicamente.

Cuando una ONU está registrada, ignora todos los mensajes *GATE* que se encuentren con la bandera de descubrimiento activa.



**Figura 2.18.** Interfaces de servicio del proceso de portal.

# **CAPÍTULO III**

**RED DE ACCESO ÓPTICO**

**PARA LA AVENIDA**

**REPÚBLICA DEL SALVADOR**

**EN LA CENTRAL DE**

**IÑAQUITO DE**

**ANDINATEL S.A.**

## **CAPÍTULO III**

### **RED DE ACCESO ÓPTICO PARA EL SECTOR DE LA AVENIDA REPÚBLICA DEL SALVADOR EN LA CENTRAL DE IÑAQUITO DE ANDINATEL S.A.**

Una vez que se ha descrito las redes de acceso y se ha estudiado las tecnologías de acceso óptico, el presente capítulo detallará el diseño de la red de acceso óptico para el sector de la Avenida República del Salvador, objetivo primordial del presente proyecto.

En primer lugar se dará una visión general del sector a ser atendido, para luego dar a conocer la situación actual de la red de acceso de ANDINATEL S.A., en ella, se describirán, tanto los aspectos físicos, como aquellos dependientes de los servicios ofrecidos por la misma.

Luego de dicha percepción, será indispensable conocer los nuevos servicios que ANDINATEL S.A. desea brindar a sus clientes y con ello confrontarlos en las necesidades de los edificios del sector.

Posteriormente se detallará el diseño mismo de la red presentando dos alternativas de implementación, dando así la discusión de la mejor opción en el capítulo siguiente.

#### **3.1. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES**

La Avenida República del Salvador se encuentra ubicada en el sector de Iñaquito al Nororiente del Distrito Metropolitano de Quito, entre las avenidas Naciones Unidas y Shyris, paralela a la avenida Seis de Diciembre.



### CAPÍTULO III – Red de acceso óptico para el sector de la Avenida República del Salvador en la Central de Iñaquito de ANDINATEL S.A.

---

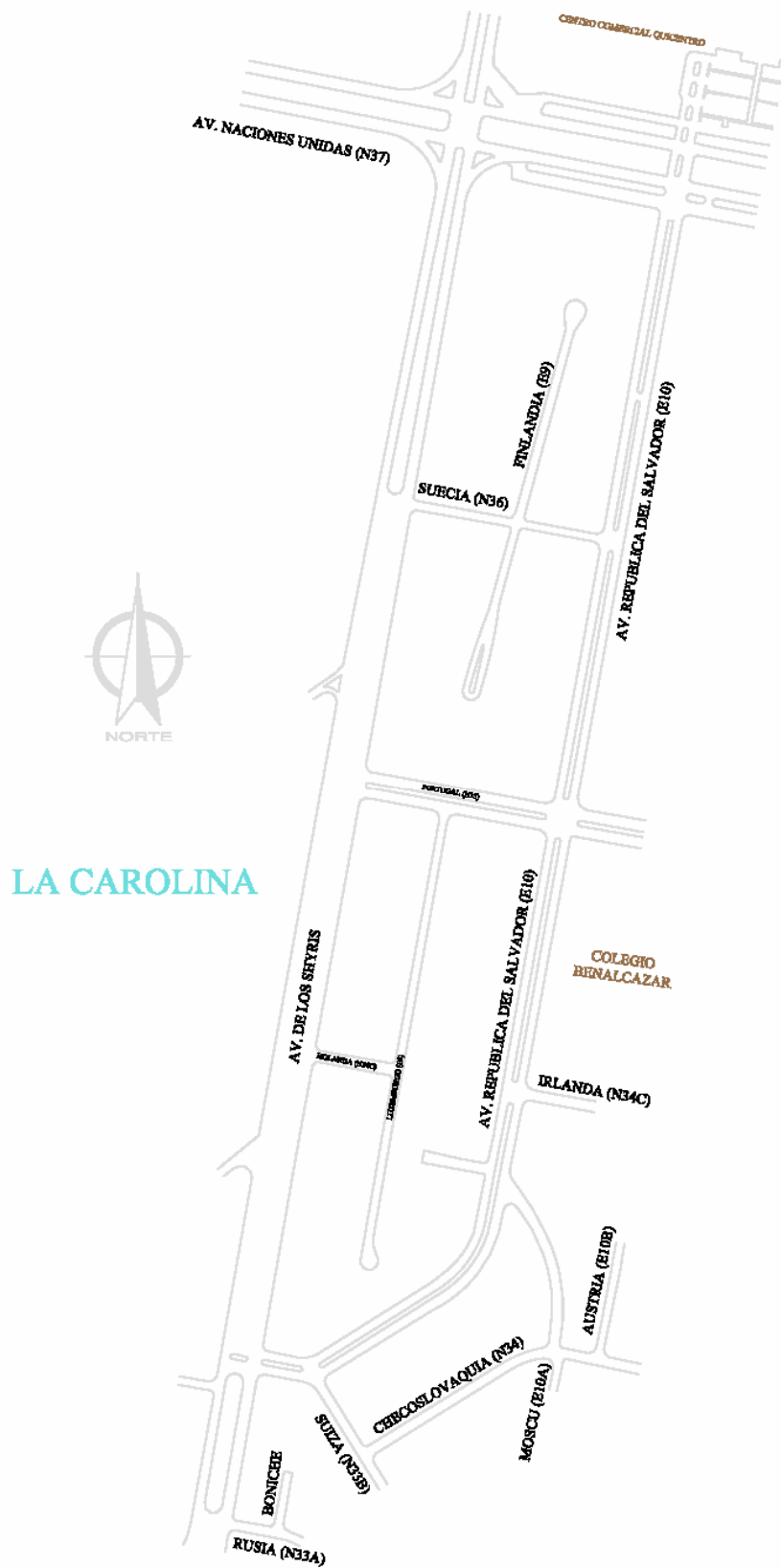


Figura 3.1. Ubicación geográfica avenida República del Salvador.

### **CAPÍTULO III – Red de acceso óptico para el sector de la Avenida República del Salvador en la Central de Iñaquito de ANDINATEL S.A.**

---

En el sector, se encuentran localizados inmuebles dedicados a las finanzas y a los negocios donde funcionan prestigiosas empresas y embajadas, se puede mencionar que es un sector en donde la plusvalía de inversión y desarrollo está garantizada.

ANDINATEL S.A. en su configuración, brinda sus servicios de telecomunicaciones a sus clientes en el sector, desde la Central de Iñaquito, atravesando en determinados casos por nodos de acceso.

#### **3.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED DE ACCESO DE ANDINATEL S.A.**

La red de acceso permite la conexión de los usuarios finales con el resto de las infraestructuras (conmutación y transporte) que soportan la prestación del servicio de telecomunicaciones, es así que la red de acceso de ANDINATEL S.A. está constituida por medios guiados (cobre, fibra óptica), inalámbricos y de radio.

##### **3.2.1. SERVICIOS QUE OFRECE ANDINATEL S.A. [1]**

ANDINATEL S.A., creada el 18 de noviembre de 1997 tras una reestructuración del sector de las telecomunicaciones, se presenta al país como una operadora cuya visión es liderar en Ecuador el negocio de soluciones integrales de telecomunicaciones; su misión es comunicar al Ecuador brindando servicios integrales de telecomunicaciones con calidad, garantizando valor para sus accionistas, clientes y colaboradores contribuyendo al desarrollo nacional.

ANDINATEL S.A. ofrece servicios de telecomunicaciones tales como:

- Telefonía fija
  
- Telefonía internacional

### **CAPÍTULO III – Red de acceso óptico para el sector de la Avenida República del Salvador en la Central de Iñaquito de ANDINATEL S.A.**

---

- Telefonía pública
  
- Transmisión de datos
  
- Internet

#### **3.2.1.1. Telefonía fija**

Los servicios de telefonía fija son referidos específicamente a transmisión de voz, a través de medios guiados (cobre y fibra óptica) y no guiados (radio).

ANDINATEL S.A. tiene cobertura en las siguientes provincias:

- Carchi
- Imbabura
- Pichincha
- Cotopaxi
- Tungurahua
- Chimborazo
- Bolívar
- Esmeraldas
- Napo
- Sucumbios
- Orellana
- Pastaza

#### **3.2.1.2. Telefonía internacional**

ANDINATEL S.A. dispone de varias salidas internacionales por fibra óptica, para su servicio de voz.

## **CAPÍTULO III – Red de acceso óptico para el sector de la Avenida República del Salvador en la Central de Iñaquito de ANDINATEL S.A.**

---

### **3.2.1.3. Telefonía pública**

Los teléfonos públicos son modernas terminales de comunicación instaladas en las vías públicas, centros de concentración y circulación de personas, que proporcionan a sus clientes una gran facilidad de acceso a comunicación urgente, con calidad de voz y tarifas convenientes hacia cualquier destino del mundo (llamadas locales, nacionales, celulares e internacionales).

El servicio de telefonía pública se lo consigue a través de teléfonos monederos, cabinas telefónicas y tarjetas prepago (Exprésalo).

### **3.2.1.4. Transmisión de datos**

ANDINADATOS es el área encargada del servicio de transmisión de datos, y ofrece los siguientes servicios:

#### *3.2.1.4.1. TDM (Clear Channel)*

ANDINATEL S.A. a través de su red TDM (*Time Division Multiplexing*) entrega servicios transparentes para enlaces, en los cuales los clientes necesitan solamente el transporte de su información a través de la red WAN. Se ofrece el transporte de la información a velocidad constante.

#### *3.2.1.4.2. Frame Relay*

ANDINATEL S.A. ofrece servicios de conmutación *Frame Relay* con velocidad contratada, mínima CIR (*Committed Information Rate*) y velocidad que se puede utilizar en el caso de no existir congestión, velocidad mínima BIR (*Burst Information Rate*).

Este servicio va dirigido a clientes que necesiten enlaces de conmutación con precios más económicos que los enlaces TDM o que quieran tener una conexión punto-multipunto entre una matriz y varios locales.

## **CAPÍTULO III – Red de acceso óptico para el sector de la Avenida República del Salvador en la Central de Iñaquito de ANDINATEL S.A.**

---

### *3.2.1.4.3. xDSL*

El xDSL es un servicio punto-multipunto que consta de dos diferenciaciones, ADSL y G.SHDSL.

El ADSL o DSL asimétrico, proporciona la transmisión de datos a velocidades de 8 Mbps como tráfico entrante al cliente y hasta 1,5 Mbps como saliente, haciéndola útil para la transmisión de Internet.

Mediante ADSL y por medio de un *splitter* la voz y los datos se separan, de manera que se puede hablar por teléfono aunque el computador esté conectado a Internet al mismo tiempo.

El G.SHDSL permite la conexión de hasta 2 Mbps de entrada y salida en forma simétrica en donde el cliente puede obtener transmisión de datos sobre la ATM a cualquier sitio que desee, desde Internet hasta conexiones entre agencias o locales.

### *3.2.1.4.4. ISDN-RDSI*

ANDINATEL S.A. ofrece a sus clientes la Red Digital de Servicios Integrados la cual permite integrar voz, datos y video en forma conmutada utilizando la infraestructura telefónica existente de una forma totalmente digital.

### **3.2.1.5. Internet**

De manera similar que ANDINADATOS, el servicio de Internet se brinda a través de ANDINANET, una división de ANDINATEL S.A. que entró en operación en 19 de enero de 2000.

ANDINANET es un proveedor de servicios de Internet, brindados a través de conexiones *dial-up* (Andi), banda ancha (*FastBoy*), *Hosting* y *Housing*.

## **CAPÍTULO III – Red de acceso óptico para el sector de la Avenida República del Salvador en la Central de Iñaquito de ANDINATEL S.A.**

---

### **3.2.2. SERVICIOS EN DEMANDA**

De acuerdo a la misión y visión de ANDINATEL S.A., el objetivo es ser la empresa líder en servicios de telecomunicaciones de tal manera que su mercado crezca en su área de cobertura y al resto de provincias del país.

Con esta premisa, ANDINATEL S.A. requiere la implementación de los siguientes servicios que actualmente se encuentran en demanda por grandes usuarios:

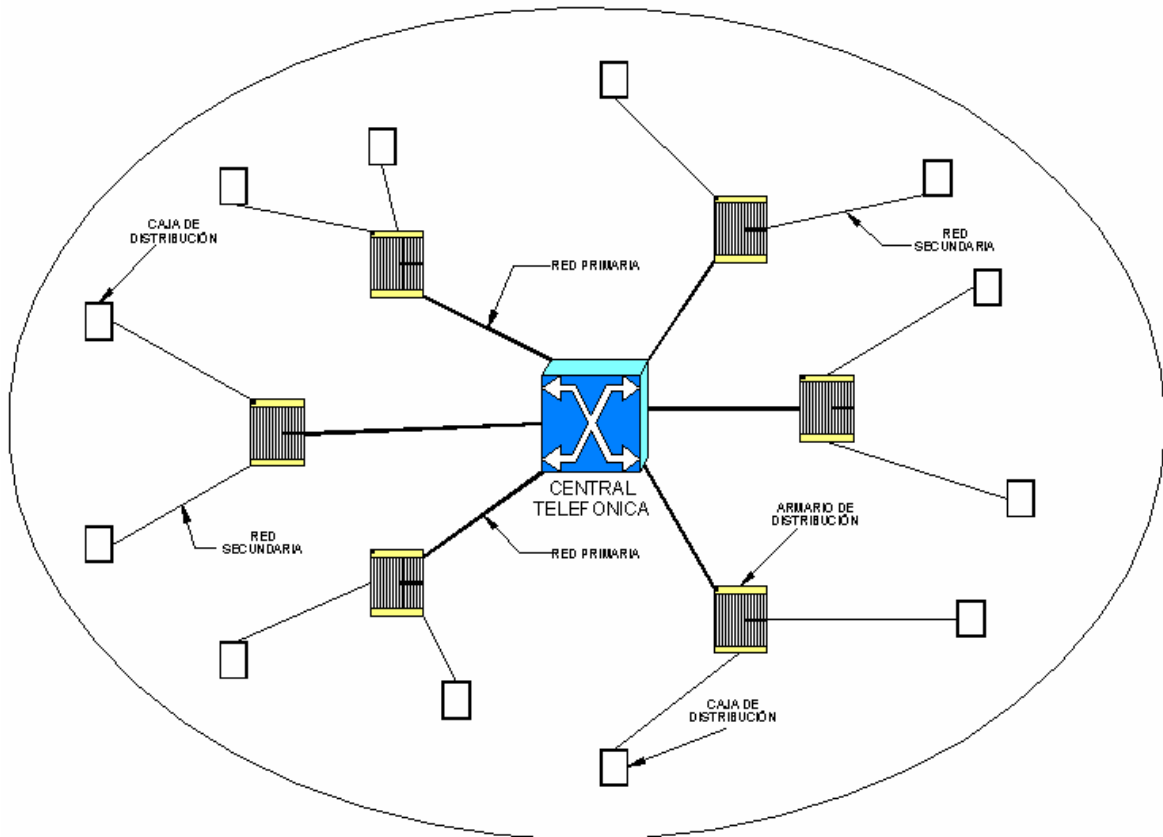
- Telefonía IP
- Televisión digital (codificada)
- Internet de banda ancha

Es por eso que manejar un sistema basado en tecnología FTTH, es una solución para la integración de los mencionados servicios con los actualmente en operación, de ahí que, el diseño planteado en el presente proyecto colaborará con un estudio modelo para la implementación en donde sea requerido dentro del área de cobertura de ANDINATEL S.A.

### **3.2.3. SITUACIÓN FÍSICA**

La red de acceso de ANDINATEL S.A., está basada en celdas las cuales están gobernadas por un nodo de acceso y a la vez cada nodo enlazado por un cable de fibra óptica a la central telefónica.

En la figura 3.2., se aprecia una topología telefónica tradicional en la cual se definen los conceptos de red primaria, red secundaria y red de abonado. (Anexo A).



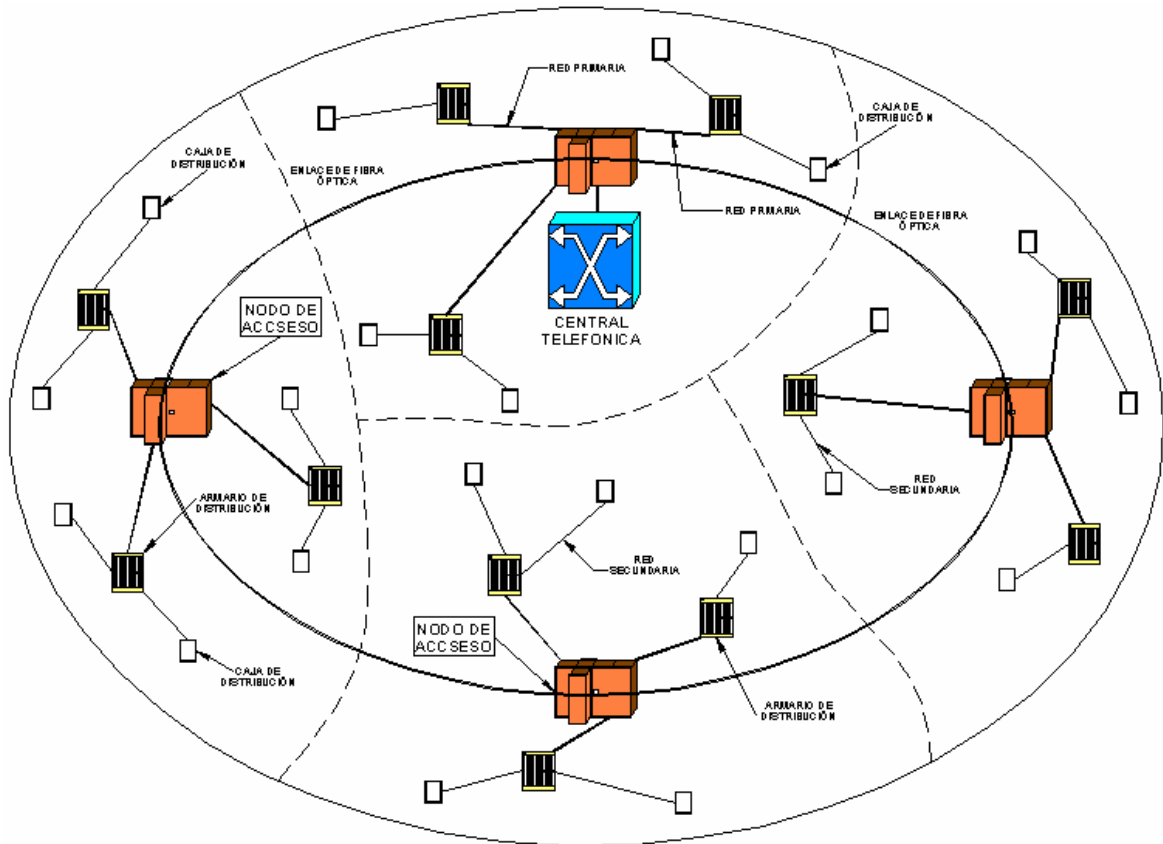
**Figura 3.2.** Topología telefónica tradicional. [7]

Actualmente, la red está basada en nodos de acceso con el fin de que la topología tradicional que consideraba muchas centrales de conmutación, las mismas que conectaban directamente a los abonados a través de cables de cobre, divida su área de cobertura en sectores llamados celdas cuya estructura reduce la distancia del bucle de cobre del abonado a la central puesto que los cables primarios que antes convergían a la central ahora convergen a los nodos de acceso ubicados en lugares estratégicos que se encargan del transporte de la información.

En la figura 3.3., se ilustra esta nueva topología.

### CAPÍTULO III – Red de acceso óptico para el sector de la Avenida República del Salvador en la Central de Iñaquito de ANDINATEL S.A.

---



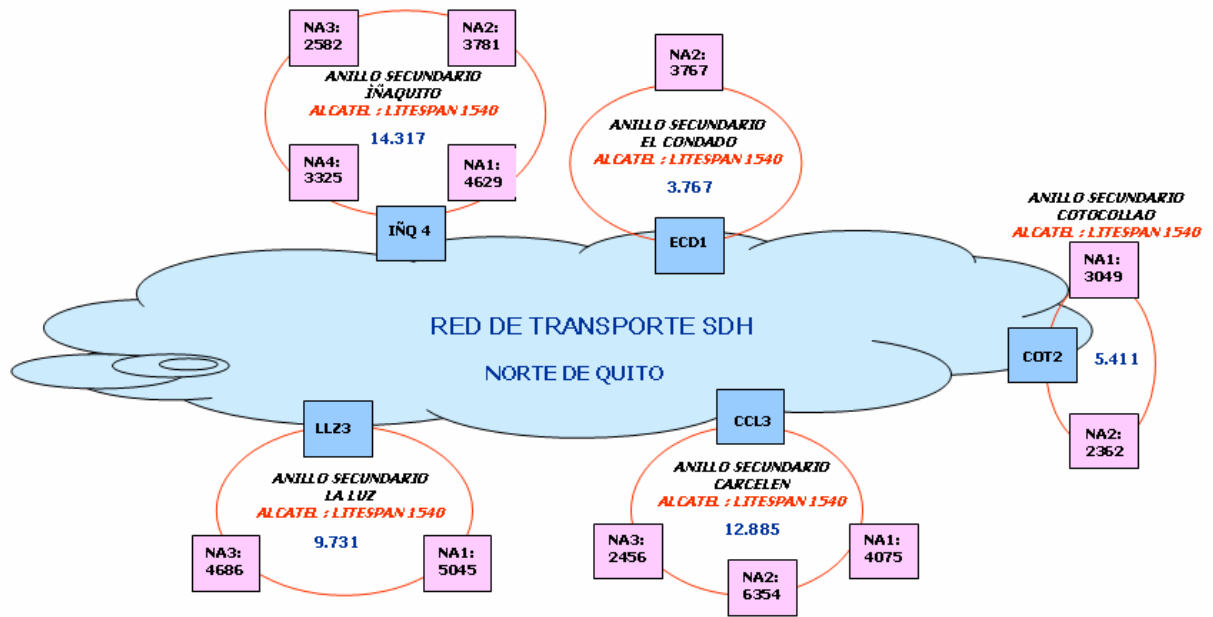
**Figura 3.3.** Topología basada en nodos de acceso y celdas. [7]

Como se observa en la figura 3.4., la Central de Iñaquito está configurada con cuatro nodos de acceso: Nodo NA1: La Florida, Nodo NA2: Carondelet, Nodo NA3: La Carolina y Nodo NA4: Monteserrín, los cuales conforman el Anillo Secundario Iñaquito de tecnología Alcatel.

El sector de la Avenida República del Salvador actualmente se encuentra atendido directamente por redes de la Central de Iñaquito y propiamente dicho del Nodo NA3: La Carolina. El detalle de clientes atendidos se presenta en la siguiente sección.

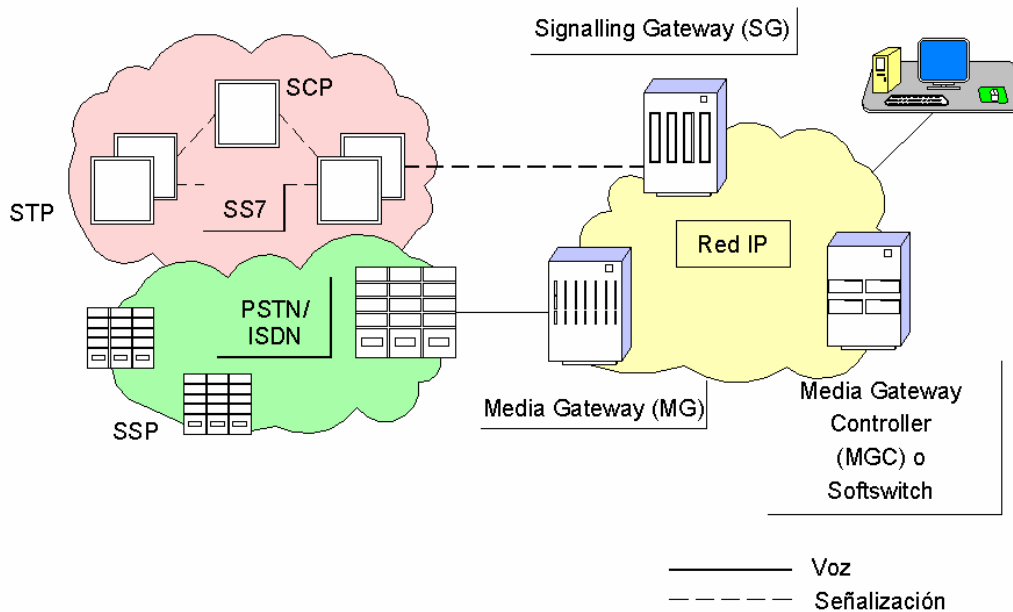


**CAPÍTULO III – Red de acceso óptico para el sector de la Avenida República del Salvador en la Central de Iñaquito de ANDINATEL S.A.**



**Figura 3.4.** Red de nodos de acceso – Norte de Quito.

De una manera global, la red que actualmente opera con el fin de brindar los servicios mencionados en la sección anterior, tiene su esquema general tal como se ilustra en la figura 3.5.



**Figura 3.5.** Esquema general de la red operativa actual. [8]

### **CAPÍTULO III – Red de acceso óptico para el sector de la Avenida República del Salvador en la Central de Iñaquito de ANDINATEL S.A.**

---

Como se puede apreciar dentro del esquema, coexisten básicamente dos grandes redes: una PSTN/ISDN y una IP propiamente dicha. En la actualidad, ANDINATEL S.A., realiza el control de llamadas y de servicios NGN (*New Generation Network*) a través de un *SoftSwitch*, propio de la red IP.

Para la implementación de la tecnología FTTH, cuya concepción está basada netamente en IP, el hecho de contar con un *SoftSwitch*, facilita la misma ya que este equipo cuenta con la disponibilidad de mantener operativas ambas redes con un único objetivo.

Es así que en el diseño que se presenta a continuación, únicamente se considera la parte constitutiva de FTTH, sobreentendiéndose que los aspectos relacionados a asignación de números, señalización, direccionamiento y demás acciones, estarán dadas por el correcto funcionamiento del *SoftSwitch*, del cual se detalla sus principales características en el anexo B.

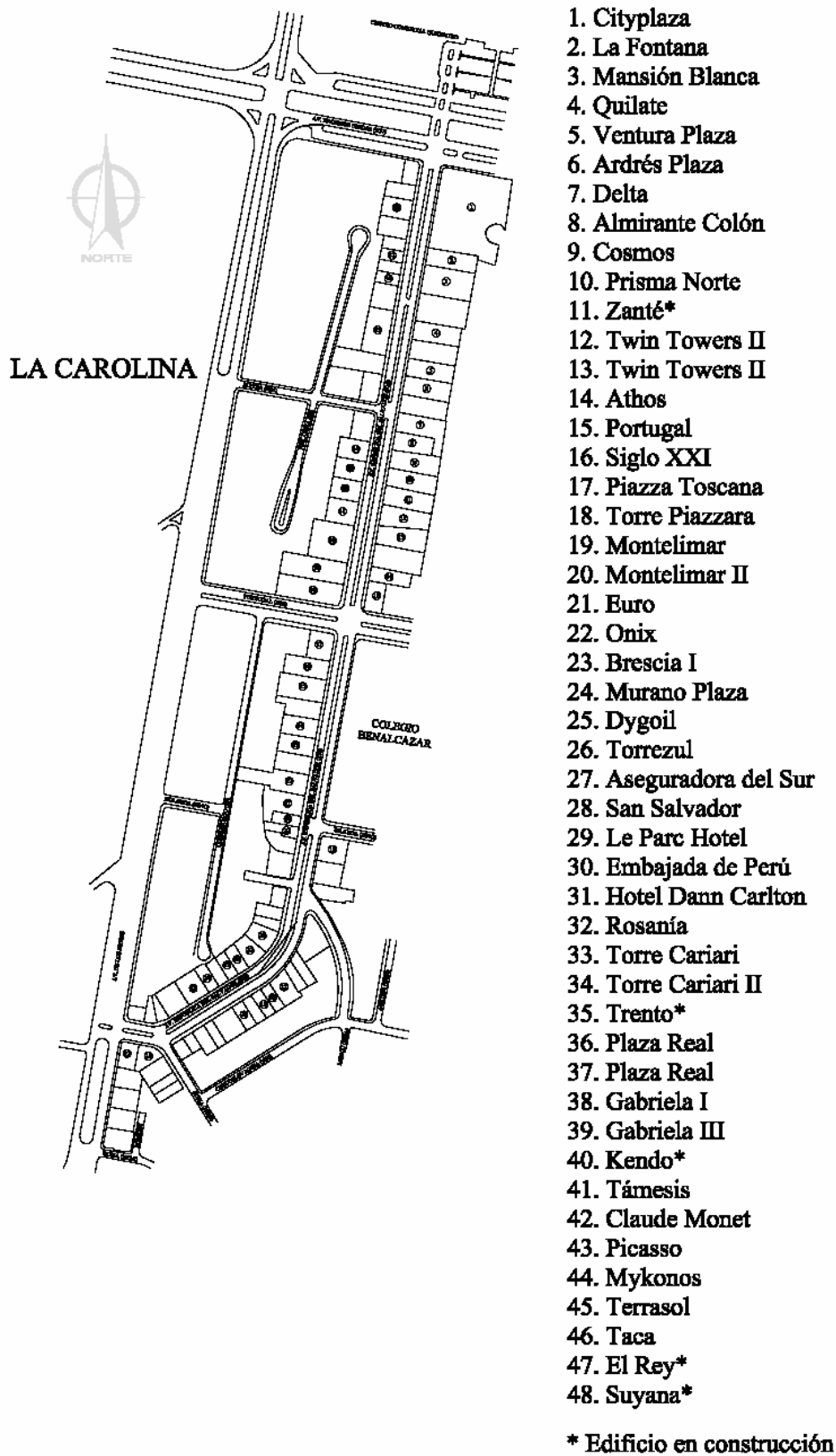
## **3.3. RED DE ACCESO ÓPTICO**

### **3.3.1. GENERALIDADES**

Al ser el presente estudio un proyecto piloto para ANDINATEL S.A., con el fin de brindar los servicios en demanda anteriormente detallados, se considerarán todos los edificios en operación que reciben los servicios de ANDINATEL S.A. y aquellos nuevos clientes cuya infraestructura a la fecha se encuentra en etapa de construcción y que eventualmente requerirán de los mencionados servicios.

En la figura 3.6., se ilustran la ubicación de los clientes sobre la Av. República del Salvador.

**CAPÍTULO III – Red de acceso óptico para el sector de la Avenida República del Salvador en la Central de Iñaquito de ANDINATEL S.A.**



**Figura 3.6.** Ubicación de edificios en la Av. República del Salvador.

### **3.3.2. DEMANDA**

#### **3.3.2.1. Clientes antiguos**

La información de demanda en los clientes antiguos se obtendrá de los diferentes armarios que actualmente se encuentran instalados y que atienden a los edificios en operación dentro del sector.

En la tabla 3.1. se presenta el resumen de líneas instaladas por armario, identificación y relación geográfica con los edificios.

En la concepción de FTTH, la cantidad de líneas telefónicas actualmente instaladas se considerarán como demanda inicial de puntos de datos.

#### **3.3.2.2. Clientes nuevos**

Para el estudio de demanda en clientes nuevos, se considerará la cantidad de líneas requeridas por cada inmueble, específicamente en cada ambiente para determinar la cantidad de puntos de datos requeridos de acuerdo a las Normas técnicas para planta externa [9] vigentes en ANDINATEL S.A., en virtud de que con FTTH, los servicios de voz, vídeo y datos se consideran únicamente como datos sobre IP.

La demanda específica calculada para cada edificio se muestra en la tabla 3.2.

**CAPÍTULO III – Red de acceso óptico para el sector de la Avenida República del Salvador en la Central de Iñaquito de ANDINATEL S.A.**

<b>Armario</b>	<b>Caja</b>	<b>Dirección</b>	<b>Líneas instaladas</b>
201BY2	CEGABRIEL3	Edificio Gabriel 3	69
201BZ1	CEARDPLAZA	Edificio Ardrés Plaza	86
201BZ2	CELACSA	Edificio Taca	24
201BZ3	CEATHOS	Edificio Athos	142
201BZ4	CETWINTOWE	Edificio Twin Towers II	166
201BZ5	CEBANCOPLR	Edificio Plaza Real	171
201BZ6	CEALMIRANT	Edificio Almirante Colón	110
201Z4	CEPICASSO	Edificio Picasso	27
201Z6	CECLADMONE	Edificio Claude Monet	21
201Z7	CEFONTANA	Edificio La Fontana	89
201Z8	CEPRISMA	Edificio Prisma Norte	153
205AZ1	CECARIARI2	Torre Cariari II	55
205AZ2	CEDANNCARL	Hotel Dann Carlton	47
205AZ3	CETORREAZU	Edificio Torrezul	81
205AZ4	CEELFARAON	Le Parc Hotel	111
205AZ5	CEDIGOIL	Edificio Dygoil	81
205AZ6	CEBRESCI	Edificio Brescia I	69
205AZ8	CEMONTELIM	Edificio Montelimar	22
205BZ1	CEMYCONOS	Edificio Mykonos	46
205CZ1	A1-A3, B1-B3,C1-C4	Edificio San Salvador	43
205Z3	CEMANBLANC	C.C. Mansión Blanca	239
205Z6	CEQUILATE	Edificio Quilate	123
205Z9	CEROSANIA	Edificio Rosanía	106
5703Z3	CETWINTOWE	Edificio Twin Towers II	16
5707Z2	CEURO	Edificio Euro	75
5707Z3	CETERRASOL	Edificio Terrasol	76
5708Z1	CEVENTURA	Edificio Ventura Plaza	63
5710Z1	CECARIARI	Torre Cariari	46
5710Z2	CETOWERSII	Edificio Twin Towers II	99
5710Z4	CEBRESCIA1	Edificio Brescia I	8
5711Z1	CEMURANOPL	Edificio Murano Plaza	45
5711Z2	CEMONTELIM	Edificio Montelimar	22
CITIPL	CECITIPLA	Edificio Cityplaza	524
<b>Total</b>			<b>3 055</b>

**Tabla 3.1.** Resumen de líneas telefónicas por armario.

**CAPÍTULO III – Red de acceso óptico para el sector de la Avenida República del Salvador en la Central de Iñaquito de ANDINATEL S.A.**

Inmueble	Número de ambientes por inmueble			
	Oficinas	Departamentos	Locales comerciales	Bodegas
Edificio El Rey	18	14	2	2
Edificio Kendo	0	92	17	0
Edificio Zanté	24	48	0	0
Edificio Trento	18	54	0	0
Edificio Suyana*	40	0	5	5
<b>TOTAL</b>	100	208	24	7

\* No se ha definido el número de oficinas, locales comerciales y bodegas. Se asume una cantidad de acuerdo al área de construcción para dichas dependencias.

**Tabla 3.2.** Ambientes por inmueble.

De acuerdo a la tabla anterior se calcula la siguiente demanda:

Oficinas	100 x 5 puntos de datos	=	500 puntos de datos
Departamentos	208 x 2 puntos de datos	=	416 puntos de datos
Locales comerciales	24 x 2 puntos de datos	=	48 puntos de datos
Bodegas	7 x 2 puntos de datos	=	14 puntos de datos

**Demanda inicial = 978 puntos de datos**

### 3.3.2.3. Demanda futura

El reglamento de Abonados al Servicio Telefónico, establece que el estudio de la demanda telefónica de un edificio debe ser realizado con una proyección de las necesidades de ese edificio por lo menos a diez años plazo, es por eso que se realiza un cálculo de la futura demanda, considerando que ésta crece de una manera exponencial con el tiempo, de acuerdo a la siguiente ecuación:

### **CAPÍTULO III – Red de acceso óptico para el sector de la Avenida República del Salvador en la Central de Iñaquito de ANDINATEL S.A.**

---

$$D_f = D_0(1+r)^t \quad (3.1.)$$

En la ecuación 3.1., **[10]** se tiene:

$D_f$	=	Demanda telefónica futura
$D_0$	=	Demanda telefónica inicial
$r$	=	Tasa de crecimiento anual
$t$	=	Tiempo considerado en años

Con esto es posible calcular la demanda para después de 10 años, para lo cual es importante conocer y determinar los parámetros de ésta ecuación de la siguiente manera:

La demanda telefónica inicial se refiere a las necesidades de servicio telefónico que tendrá el edificio cuando esté funcionando normalmente, es decir cuando culmine su construcción, normalmente se toma como año base el cual se realiza el diseño.

La tasa de crecimiento, establece el parámetro más importante de esta ecuación, puesto que es el que determina la velocidad de crecimiento de abonados en dicho inmueble, para el efecto se considerará una tasa de crecimiento del 2% ( $r = 0,02$  Inmueble comercial en zona comercial). **[10]**

Con lo mencionado anteriormente, la demanda futura calculada para el proyecto será:

$$D_f = (978 + 3055)(1 + 0,02)^{10}$$

**Demanda futura calculada = 4916 puntos de datos**

### **CAPÍTULO III – Red de acceso óptico para el sector de la Avenida República del Salvador en la Central de Iñaquito de ANDINATEL S.A.**

---

Este cálculo será el único a realizarse ya que tal como se describe en el siguiente apartado, la nueva red no requiere construcción ni de red primaria ni de red secundaria, ya que ésta no atraviesa el distribuidor de la central y como se mencionó anteriormente, el *SoftSwitch* realizará la conmutación y señalización de éstos nuevos servicios.

#### **3.3.3. DESCRIPCIÓN DE LA RED DE ACCESO ÓPTICO**

La red de acceso óptico cuenta con el *SoftSwitch* como elemento indispensable, del cual se derivará dicha red para atender la demanda especificada. En la figura 3.7., se ilustra las topologías de dos opciones de implementación de la red.

El *SoftSwitch* físicamente presente en la Estación Terrena de ANDINATEL S.A. ubicada en el sector de Conocoto, se enlaza a la Central Quito Centro a través del anillo terciario, y ésta a su vez con la Central de Iñaquito por el anillo primario (figura 3.8.).

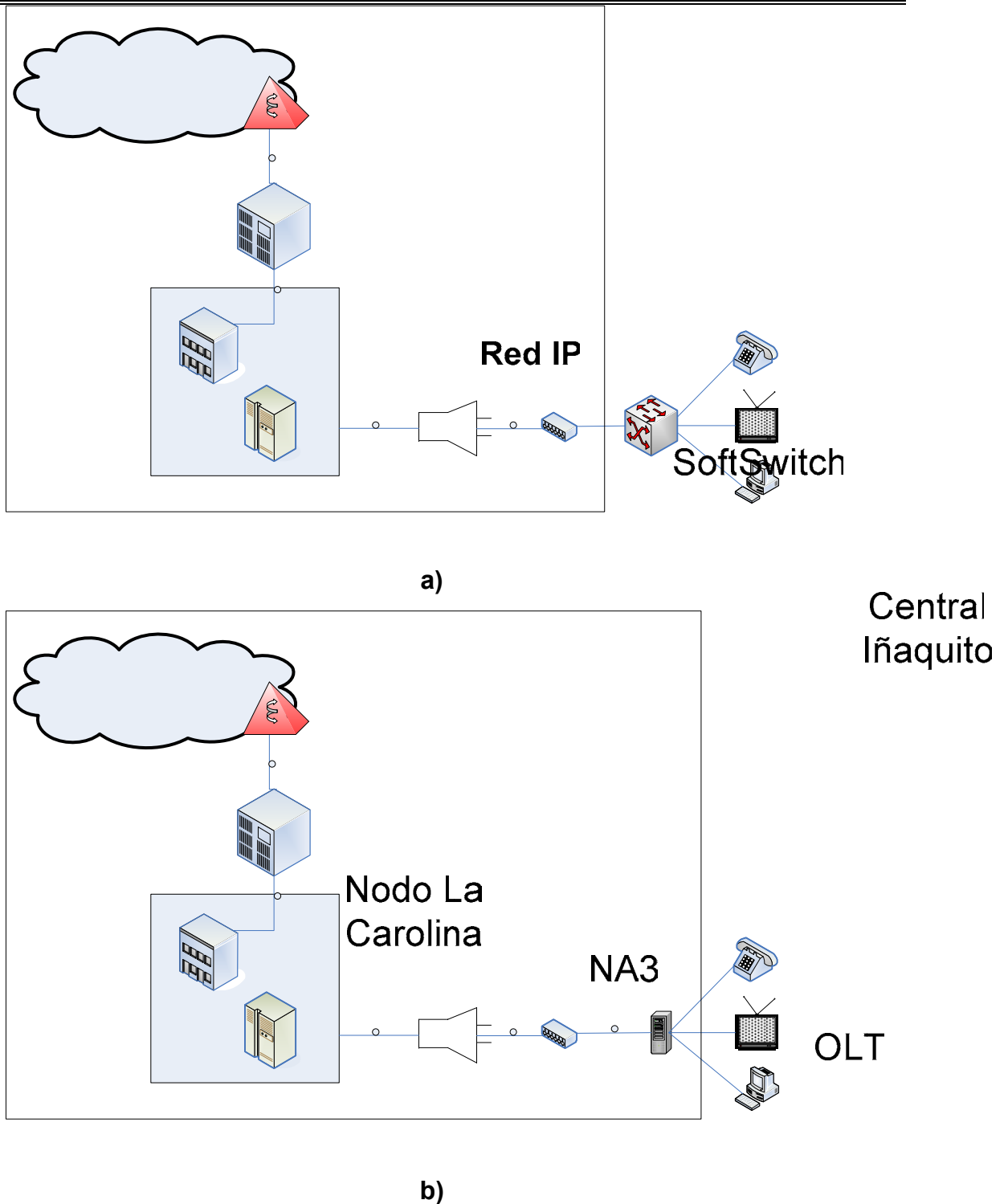
El nodo La Carolina (Nodo 3) se conecta con la Central de Iñaquito a través del Anillo secundario Iñaquito (figura 3.4). En este nodo se instalarán los equipos terminales de línea ópticos (OLTs) de los cuales se derivará mediante fibra óptica *splitters* ópticos ubicados estratégicamente en la canalización en la que se instalará la fibra.

A los *splitters* ópticos se conectarán los equipos ONUs requeridos en los inmuebles a ser atendidos mediante fibra canalizada, éstos se encontrarán en las facilidades de los mismos (accesos peatonales, accesos vehiculares, cuartos de telecomunicaciones, etc.).

Al ser la demanda futura calculada de 4916 puntos de datos, y considerando las capacidades de los equipos a implementarse se analizarán dos opciones de implementación.



**CAPÍTULO III – Red de acceso óptico para el sector de la Avenida República del Salvador en la Central de Iñaquito de ANDINATEL S.A.**



**Figura 3.7.** Topologías de implementación de la red de acceso óptico. **a)** Implementación utilizando únicamente equipos ONU. **b)** Implementación con IP DSLAMs

ANDINATEL S.A.

## CAPÍTULO III – Red de acceso óptico para el sector de la Avenida República del Salvador en la Central de Iñaquito de ANDINATEL S.A.

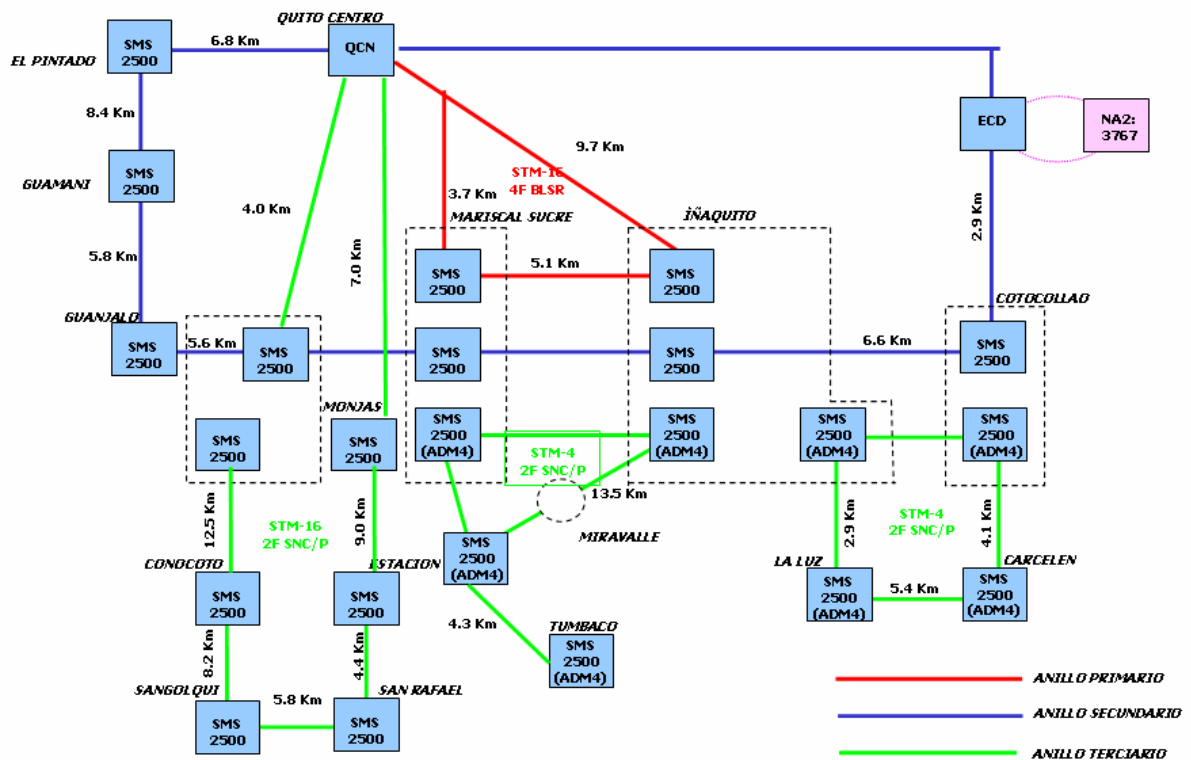


Figura 3.8. Esquema de anillos SDH.

### 3.3.3.1. Implementación del diseño utilizando únicamente equipos ONU.

Demanda futura calculada ( $D_f$ ) = 4916 puntos de datos

Capacidad de puntos de datos por ONU ( $C_{ONU}$ ) = 32 puntos de datos

Equipos ONU demandados ( $N_{ONU} = D_f / C_{ONU}$ ) = 154 equipos ONU

Capacidad de ONUs por *splitter* ( $C_{SP}$ ) = 32 ONUs

*Splitters* demandados ( $N_{SP} = N_{ONU} / C_{SP}$ ) = 5 *splitters*

Para esta implementación se prevé entonces la instalación de cuatro equipos OLT en el nodo La Carolina con capacidad para los 154 ONUs.

Para atender la demanda actual en los clientes antiguos, se proporcionarán ONUs en relación a la cantidad de líneas instaladas en cada armario de acuerdo a la siguiente tabla.

**CAPÍTULO III – Red de acceso óptico para el sector de la Avenida República del Salvador en la Central de Iñaquito de ANDINATEL S.A.**

<b>Armario</b>	<b>Caja</b>	<b>Demanda actual (<math>D_a</math>)</b>	<b>ONUs (<math>D_a/32</math>)</b>
201BY2	CEGABRIEL3	69	3
201BZ1	CEARDPLAZA	86	3
201BZ2	CELACSA	24	1
201BZ3	CEATHOS	142	5
201BZ4	CETWINTOWE	166	6
201BZ5	CEBANCOPLR	171	6
201BZ6	CEALMIRANT	110	4
201Z4	CEPICASSO	27	1
201Z6	CECLADMONE	21	1
201Z7	CEFONTANA	89	3
201Z8	CEPRISMA	153	5
205AZ1	CECARIARI2	55	2
205AZ2	CEDANNCARL	47	2
205AZ3	CETORREAZU	81	3
205AZ4	CEELFARAON	111	4
205AZ5	CEDIGOIL	81	3
205AZ6	CEBRESCI	69	3
205AZ8	CEMONTELIM	22	1
205BZ1	CEMYCONOS	46	2
205CZ1	A1-A3, B1-B3,C1-C4	43	2
205Z3	CEMANBLANC	239	8
205Z6	CEQUILATE	123	4
205Z9	CEROSANIA	106	4
5703Z3	CETWINTOWE	16	1
5707Z2	CEURO	75	3
5707Z3	CETERRASOL	76	3
5708Z1	CEVENTURA	63	2
5710Z1	CECARIARI	46	2
5710Z2	CETOWERSII	99	4
5710Z4	CEBRESCIA1	8	1
5711Z1	CEMURANOPL	45	2
5711Z2	CEMONTELIM	22	1
CITIPL	CECITIPLA	524	17
<b>Total equipos ONU a instalar</b>			<b>112</b>

**Tabla 3.3.** Demanda actual para clientes antiguos.

### **CAPÍTULO III – Red de acceso óptico para el sector de la Avenida República del Salvador en la Central de Iñaquito de ANDINATEL S.A.**

Para atender la demanda inicial en los clientes nuevos, se proporcionarán ONUs de acuerdo a la siguiente tabla.

Inmuebles	Demanda actual ( $D_a$ )				Total ONUs $\sum D_a/32$
	Oficinas	Departamentos	Locales comerciales	Bodegas	
Edificio El Rey	90	28	4	4	4
Edificio Kendo	0	184	34	0	7
Edificio Zanté	120	96	0	0	7
Edificio Trento	90	108	0	0	7
Edificio Suyana	200	0	10	10	7
<b>Total equipos ONU a instalar</b>					<b>32</b>

**Tabla 3.4.** Demanda inicial para clientes nuevos.

Se tenderá fibra óptica tipo G. 652 desde el nodo La Carolina, canalizada por ductos subterráneos por la acera oriental de la Av. República del Salvador, hasta llegar a cajas de revisión ubicadas en frente de los diferentes edificios indicados a continuación, en las cuales se prevé la instalación de los *splitters*.

En la tabla 3.5., se presenta la distribución de *splitters*.

Los *splitters* se conectarán en cascada, para lo cual en cada uno de ellos se reservará un puerto para el efecto.

En el anexo C se presenta el plano de la configuración de implementación de la red utilizando únicamente equipos ONU en la Av. República del Salvador.

**CAPÍTULO III – Red de acceso óptico para el sector de la Avenida República del Salvador en la Central de Iñaquito de ANDINATEL S.A.**

Splitter	Identificación	Cajas a atender	Equipos ONU a instalar
1	SOEURO	Edificio Euro	25
		Edificio Montelimar	
		Edificio Montelimar II	
		Edificio Brescia I	
		Edificio Murano Plaza	
		Edificio Dygoil	
		Edificio Torrezul	
		Edificio San Salvador	
		Le Parc Hotel	
		Hotel Dann Carlton	
2	SOROSANIA	Edificio Rosanía	29
		Edificio Torre Cariari	
		Edificio Torre Cariari II	
		Edificio Trento	
		Edificio Plaza Real	
		Edificio Gabriela III	
		Edificio Athos	
3	SOKENDO	Edificio Kendo	31
		Edificio Twin Towers II	
		Edificio Zanté	
		Edificio Prisma Norte	
		Edificio Claude Monet	
4	SOPICASSO	Edificio Picasso	28
		Edificio Mykonos	
		Ed. Almirante Colón	
		Edificio Ardrés Plaza	
		Edificio Ventura Plaza	
		Edificio Terrasol	
		Edificio Quilate	
		Edificio Taca	
		C.C. Mansión Blanca	
5	SOELREY	Edificio El Rey	31
		Edificio La Fontana	
		Edificio Suyana	
		Cityplaza	

**Tabla 3.5.** Distribución de *splitters*.

**CAPÍTULO III – Red de acceso óptico para el sector de la Avenida República del Salvador en la Central de Iñaquito de ANDINATEL S.A.**

**3.3.3.1.1. Equipamiento y costos referenciales**

Ítem	Cantidad	Unidad	Descripción	V. Unitario (USD)	V. Total (USD)
1	1	Kit	AN 5116 – 02 GEAPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network) Platform Chassis Module OLT (Optical Line Terminal)	16 461,00	16 461,00
2	5	U	Passive Optic Splitter	3 726,00	18 630,00
3	144	Kit	AN 5006 – 06 GEAPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network) Equipment 1U Pizza Box ONU (Optical Network Unit)	540,00	77 760,00
4	1	Kit	ANM 2000 – Network Management System	14 759,00	14 759,00
5	0,850	Km	Fibra óptica tipo G.652 (incluye instalación y pruebas)	2 500,00	2 125,00
6	30	Día	Instalación OLT, ONU y NMS	800,00	24 000,00
<b>TOTAL</b>					<b>153 735,00</b>

**Tabla 3.6.** Presupuesto referencial de implementación del proyecto (1ra. Opción).

Es importante recalcar la necesidad de adquirir un sistema para la administración de la red de acceso, el cual brinde las opciones de operación, mantenimiento y administración propiamente dichas.

Debido a que FTTH es una tecnología que aún no se ha desarrollado en el país, la información acerca de precios de equipos no siempre se la obtiene de primera mano, es así que en las diferentes páginas de la Web de las casas fabricantes de equipos para FTTH se la consigue.

Los equipos y costos presentados en la tabla 3.6., son los proporcionados por *FiberHome Technologies* y sus especificaciones técnicas se encuentran detalladas en el anexo D.

### CAPÍTULO III – Red de acceso óptico para el sector de la Avenida República del Salvador en la Central de Iñaquito de ANDINATEL S.A.

---

#### 3.3.3.2. Implementación del diseño utilizando IP DSLAMs.

Un IP DSLAM (*IP-based Digital Subscriber Line Access Multiplexer*), es un equipo multiplexor que proporciona a los abonados servicios como los DSL basados en el protocolo IP.

Los IP DSLAMs ofrecen ventajas sobre tecnologías tradicionales como el aumento de eficacia, velocidades más rápidas, y gestión mejorada. Por ejemplo, reducen la complejidad de conversión de formatos de datos, solucionan problemas de congestión de tráfico con alta velocidad, tecnología de conmutación *Ethernet* anti-bloqueo, y también proporcionan un buen mecanismo para aplicaciones *multicast* de vídeo.

Demanda futura calculada ( $D_f$ )	= 4916 puntos de datos
Capacidad del IP DSLAM ( $C_{IP}$ )	= 128 puntos de datos
IP DSLAMs demandados ( $N_{IP} = D_f / C_{IP}$ )	= 39 IP DSLAMs
IP DSLAMs a instalar	= 51 IP DSLAMs
Equipos ONU demandados ( $N_{ONU} = N_{IP}$ )	= 48 equipos ONUs
Capacidad de ONUs por <i>splitter</i> ( $C_{SP}$ )	= 32 ONUs
<i>Splitters</i> demandados ( $N_{SP} = N_{ONU} / C_{SP}$ )	= 2 <i>splitters</i>

En este caso es altamente recomendable que se instale un IP DSLAM por cada edificio a excepción de Cityplaza que debido a su alta demanda requerirá de 4 equipos.

Para esta implementación también se considera la instalación de un equipo OLT en el nodo La Carolina con capacidad para los 39 ONUs y de *splitters* localizados en sitios estratégicos sobre la Avenida República del Salvador.

Se tenderá fibra óptica tipo G. 652 desde el nodo La Carolina, canalizada por ductos subterráneos por la acera oriental de la Av. República del Salvador, hasta

**CAPÍTULO III – Red de acceso óptico para el sector de la Avenida República del Salvador en la Central de Iñaquito de ANDINATEL S.A.**

llegar a cajas de revisión ubicadas en frente de los edificios Euro y Portugal en las cuales se instalarán los *splitters* SO1 y SO2

En la tabla 3.7., se detalla los edificios a atender respectivamente desde cada *splitter* (SO1 y SO2).

<b>Splitter SO1</b>	<b>Splitter SO2</b>
Edificio Siglo XXI	Cityplaza
Edificio Piazza Toscaza	Edificio La Fontana
Edificio Torre Piazzara	C.C. Mansión Blanca
Edificio Montelimar	Edificio Quilate
Edificio Montelimar II	Edificio Ventura Plaza
Edificio Euro	Edificio Ardrés Plaza
Edificio Onix	Edificio Delta
Edificio Brescia I	Edificio Almirante Colón
Edificio Murano Plaza	Edificio Cosmos
Edificio Dygoil	Edificio Prisma Norte
Edificio Torrezul	Edificio Zanté
Edificio Aseguradora del Sur	Edificio Twin Towers II
Edificio San Salvador	Edificio Athos
Le Parc Hotel	Edificio Portugal
Embajada de Perú	Edificio Gabriela I
Hotel Dann Carlton	Edificio Gabriela III
Edificio Rosanía	Edificio Kendo
Edificio Torre Cariari	Edificio Támesis
Edificio Torre Cariari II	Edificio Claude Monet
Edificio Trento	Edificio Picasso
Edificio Plaza Real	Edificio Mykonos
	Edificio Terrasol
	Edificio Taca
	Edificio El Rey
	Edificio Suyana
<b>Total = 21 ONUs</b>	<b>Total = 25 ONUs</b>

**Tabla 3.7.** Detalle de *splitters* SO1 y SO2.



### **CAPÍTULO III – Red de acceso óptico para el sector de la Avenida República del Salvador en la Central de Iñaquito de ANDINATEL S.A.**

Desde los *splitter* instalados en el nodo, se tenderán fibras tipo g.652 subterránea mediante ductos, hasta cajas de revisión ubicadas en frente de los edificios a atender, y de ellas se derivará una fibra para cada inmueble, la cual terminará en un ONU conectado a un IP DSLAM.

En el anexo C se presenta el plano de la configuración de implementación de la red utilizando equipos IP DSLAM, en la Av. República del Salvador.

#### *3.3.3.2.1. Equipamiento y costos referenciales*

Al igual que en el caso anterior, los equipos y costos presentados son proporcionados por *FiberHome Technologies* y sus especificaciones técnicas se encuentran detalladas en el anexo D.

<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>V. Unitario (USD)</b>	<b>V. Total (USD)</b>
1	1	Kit	AN 5116 – 02 GEAPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network) Platform Chasis Module OLT (Optical Line Terminal)	16 461,00	16 461,00
2	2	U	Passive Optic Splitter	3 726,00	7 452,00
3	51	Kit	AN 5006 – 06 GEAPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network) Equipment 1U Pizza Box ONU (Optical Network Unit)	540,00	27 540,00
4	1	Kit	ANM 2000 – Network Management System	14 759,00	14 759,00
5	51	Kit	AN 2200 – 06 Middle Scale Carrier-Class IP DSLAM	6 500,00	331 500,00
6	0,850	Km	Fibra óptica tipo G.652 (incluye instalación y pruebas)	2 500,00	2 125,00
7	30	Día	Instalación OLT, ONU y NMS	800,00	24 000,00
<b>TOTAL</b>					<b>423 837,00</b>

**Tabla 3.8.** Presupuesto referencial de implementación del proyecto (2da. Opción).

# **CAPÍTULO IV**

## **CONCLUSIONES Y**

## **RECOMENDACIONES**

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En el presente proyecto se ha partido de un estudio general de las redes de acceso, revisando las diferentes generalidades de cada una de ellas, sus ventajas y desventajas, para en lo posterior estudiar la tecnología FTTH enfatizando los aspectos necesarios para el objetivo principal a alcanzar.

Con las bases teóricas descritas, se describió la red de acceso de fibra óptica para los clientes de la Av. República del Salvador de ANDINATEL S.A., presentando dos opciones de implementación, y un presupuesto referencial para cada una de ellas.

Es entonces el objetivo de este capítulo, mencionar conclusiones obtenidas de este estudio y recomendar mejoras en determinados casos.

#### **4.1. CONCLUSIONES**

- Los operadores de telecomunicaciones requieren brindar nuevos servicios reutilizando la infraestructura existente pero, el mayor inconveniente es la velocidad a la que se requiere la información debido a la creciente necesidad de los usuarios por la obtención de servicios interactivos multimedia y de acceso a Internet de manera integrada y a bajos costos; las tecnologías xDSL han solucionado los problemas tanto de velocidad como de integración de servicios ya que es posible disponer de banda ancha manteniendo las comunicaciones de voz y datos con una única línea telefónica. Sin embargo su principal dificultad es la distancia a la que se puede brindar los nuevos servicios debido al ruido generado así como también el estado del cobre que impide servir con calidad.

## **CAPÍTULO IV – Conclusiones y recomendaciones**

---

- A través de la tecnología FTTx (*Fiber to the...*) es posible brindar servicios interactivos de banda ancha, es decir servicios en los que la velocidad de transmisión *downlink* es superior a 2 Mbps además del acceso a redes IP de alta velocidad.
- La implementación de la fibra óptica en servicios *tripleplay* (voz, datos y video) de banda ancha permite alcanzar distancias de hasta 20 km y los problemas de ruido, atenuación e interferencia se minimizan debido a que ésta necesita como fuente de energía emisores de luz, no necesita repetidores y permite atender a una mayor cantidad de usuarios gracias a la multiplexación por división de longitud de onda.
- Con todas las ventajas que ofrece la fibra óptica como medio de transmisión, las redes ópticas pasivas (PON) se han convertido actualmente en una de las mejores opciones tecnológicas para redes de acceso y se ha escogido la tecnología EPON ya que al utilizar protocolo Ethernet soporta tráfico pesado a altas velocidades de transmisión lo que permite brindar servicio de voz, datos y video que para ser servido con calidad requiere de un gran ancho de banda, además de la reducción de costos debido a que no utilizan elementos ATM y SDH.
- La red de acceso es de vital importancia ya que es la que une al operador con el cliente y considerando que corresponde al 80% de inversión total de la red, los costos actuales de instalación, mantenimiento y operación son altos, la solución EPON reduciría sustancialmente dichos costos debido a que las redes ópticas pasivas no requieren de componentes activos y permiten compartir la misma conexión.
- La convergencia de voz, datos y video obliga a los operadores de servicios de telecomunicaciones a buscar soluciones que los ubique en una posición competitiva frente a sus similares siendo ésta tecnología una alternativa de ventaja tecnológica.

- Los constructores de equipos brindan la posibilidad de instalar el diferente equipamiento *Outdoor* e *Indoor* de manera que el operador puede escoger la mejor opción de acuerdo a las necesidades de los clientes.
- Debido a que es una tecnología nueva en nuestro mercado de telecomunicaciones, los costos de implementación y operación todavía son altos por lo tanto dicha tecnología esta dirigida a un segmento de la población donde la plusvalía de inversión y desarrollo está garantizada.

### **4.2. RECOMENDACIONES**

- Con la introducción de nuevas tecnologías se vuelve necesario realizar una actualización a las normas de diseño y construcción de redes telefónicas con que cuenta ANDINATEL S.A. y además crear normas para diseño y construcción de redes de datos que contemplen servicios *tripleplay*.
- Se recomienda implementar redes con fibra óptica con tecnología EPON ya que los costos de implementación son muchos más bajos que lo que implica implementar redes ATM y SDH cuyas ventajas frente a estas nuevas redes de acceso no son representativas, además, que la calidad de servicio que se brinda con esta nueva tecnología es superior.
- Es necesario contar con personal capacitado en estas nuevas tendencias tecnológicas ya que indiscutiblemente la infraestructura de telecomunicaciones apunta al crecimiento con mayores y mejores servicios.
- Al ser FTTH una nueva tecnología en el país, la capacitación de personal, es un factor determinante en la calidad de servicio que una operadora brinde a sus usuarios. Es necesario entonces solicitar a los fabricantes que dentro de los costos que presupuesten, se incluya el entrenamiento al personal de las opera.

## **CAPÍTULO IV – Conclusiones y recomendaciones**

---

- Se recomienda entonces el diseño con la implementación de IP DSLAMs debido a que éste realiza la multiplexación de servicios y es necesaria la utilización de un solo ONU por cada acceso, caso contrario sería necesario tantos ONUs como clientes se tengan. Si bien es cierto la solución es aproximadamente el doble de costosa que la primera, sus réditos en el futuro superarán a los que se obtendría al implementar la primera solución planteada, esto debido a que en esta última se mantiene un esquema similar al actual en funcionamiento con la red de cobre y cualquier crecimiento estaría limitado por los inconvenientes de implementación propios de esta configuración. El tener un IP DSLAM en cada edificio y la opción de crecer aumentando equipos o simplemente sustituyéndolos por otros de mayor capacidad, indudablemente es una buena opción para la empresa proveedora de servicios.

## LISTA DE ACRÓNIMOS

---

AAL	Capa de adaptación ATM
ADSL G.LITE ó UDSL	Línea de cliente digital pequeña
ADSL	Línea de cliente digital asimétrica
APON	ATM PON
ATM	Modo de Transferencia Asincrónica
ATM	Modo de Trasferencia Asincrónica
BIR	<i>Burst Information Rate</i>
BPON	<i>Broadband PON</i>
CAP	Modulación de amplitud y fase sin portadora
CBR	<i>Constant Bit Rate</i>
CIR	<i>Committed Information Rate</i>
DSLAM	Multiplexor de Acceso de Línea Digital de Cliente
DTE	<i>Data Terminal Equipment</i>
DTH	<i>Direct to Home</i>
EFM	<i>Ethernet in the First Mile</i>
EPON	<i>Ethernet PON</i>
FDD	<i>Frequency Division Duplexing</i>
FEC	<i>Forward Error Correction</i>
FEXT	Diafonía de Extremo Lejano
FITL	Fibra en el acceso
FSAN	<i>Full Service Access Network</i>
FTTB	Fibra hasta el edificio
FTTC	Fibra hasta la acera
FTTD	Fibra hasta el escritorio
FTTH	Fibra hasta el hogar
G.SHDSL	Estándar UIT
GFP	<i>Generic Framing Protocol</i>
GPON	<i>Gigabit PON</i>
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
HDSL	Línea de cliente digital de alto índice de datos
HDSL2 ó SHDSL	Línea de cliente digital de alto índice de datos 2
HFC	Redes híbridas Fibra – Coaxial
IDSL ó ISDN-BA	Línea de cliente digital ISDN

## LISTA DE ACRÓNIMOS

---

IP	Protocolo Internet
ISDN (RDSI)	Red Digital de Servicios Integrados
ISP	Proveedor de Servicios de Internet
LAN	Red de Área Local
LMDS	Servicio de Distribución Local Multipunto
MAC	Control de Acceso al Medio
MCM	<i>Multiple Carrier Modulation</i>
MDSL	Línea de cliente digital simétrica multivelocidad
MPCP	Protocolo de Control de Acceso al Medio Multipunto
NEXT	Diafonía de Extremo Cercano
NGN	<i>New Generation Network</i>
OAM	Operación, Administración y Mantenimiento
OBP	<i>On Board Processing</i>
OLT	Terminal de Línea Óptico
OPTIS	Espectro de interbloqueo de código Trellis de fases solapadas
P2MP	<i>Point-to-Multipoint</i>
P2P	<i>Point-to-point</i>
PCS	<i>Physical Coding Sublayer</i>
PLC	<i>Power Line Communications</i>
PMA	<i>Physical Medium Attachment</i>
PMD	<i>Physical Medium Dependent</i>
PON	Red óptica pasiva
POTS	<i>Plain Old Telephone Service</i> – Servicio de Telefonía Simple
QPSK	Quaternary Phase Shift Keying
RADSL	Línea de cliente digital de velocidad adaptable
RS	Subcapa de Reconciliación
SDSL	Línea de cliente digital simétrica
SDH	Jerarquía Digital Síncrona
TCL	Terminal de Central Local
TCR	Terminal de Central Remoto
TDM	Multiplexación por División de Tiempo



## LISTA DE ACRÓNIMOS

---

TDM-PON	<i>Time Division Multiplexing PON</i>
TROBA	Terminales de Red Óptica de Banda Ancha
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
VDSL	Línea de cliente digital de velocidad muy alta
VSAT	<i>Very Small Apertura Terminal</i>
WAN	Red de Área Extendida
WDM-PON	<i>Wavelength Division Multiplexing PON</i>
WLAN	Redes LAN inalámbricas
WLL	<i>Wireless Local Loop</i>
WWW	<i>World Wide Web</i>

# **ANEXO A**

## **CLASIFICACIÓN DE LAS REDES TELEFÓNICAS**

## ANEXO A

### CLASIFICACIÓN DE LAS REDES TELEFÓNICAS [10]

#### A.1. RED PRIMARIA

Las áreas de central son divididas en sectores más pequeños denominados DISTRITOS, cada uno de los cuales tiene un armario de distribución, el mismo que es utilizado para concentrar el servicio telefónico de ese sector.

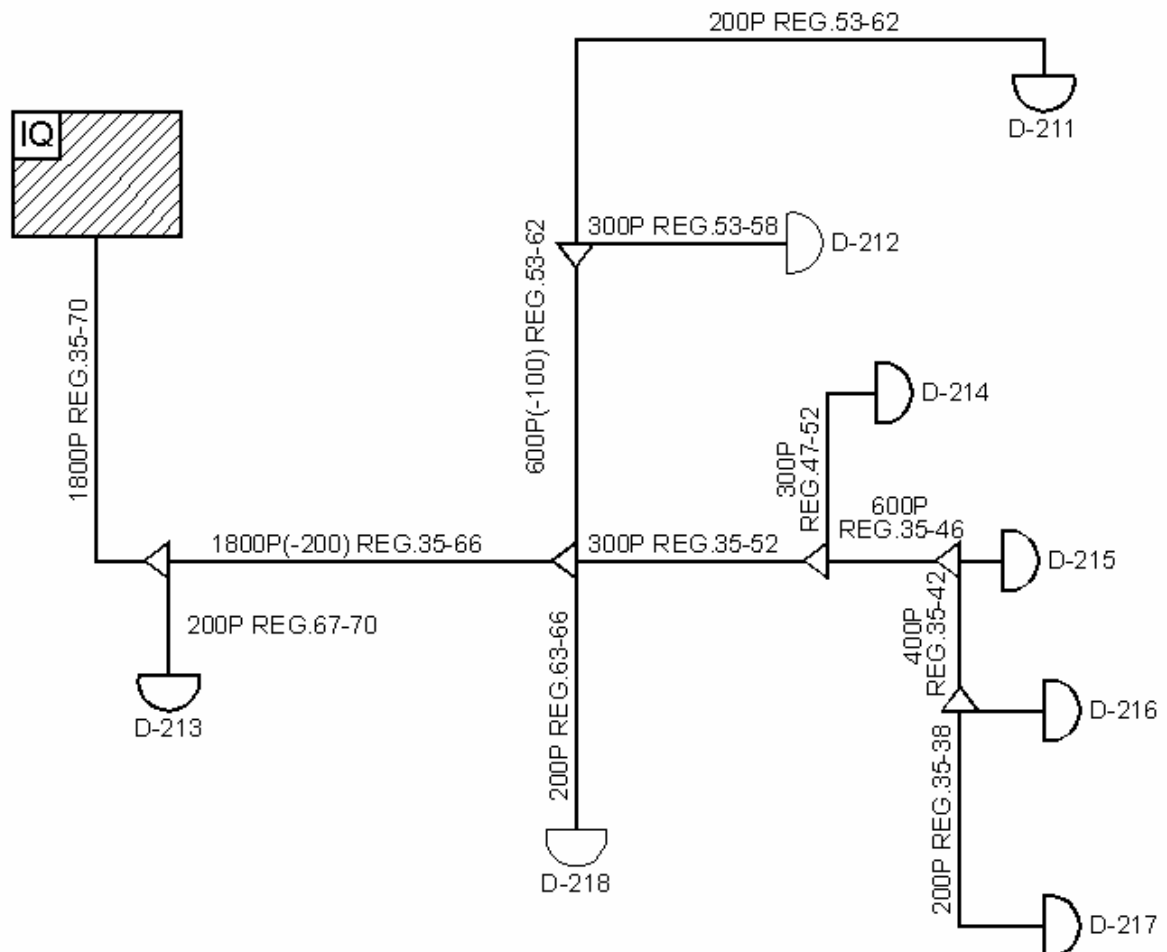


Figura A.1. Red primaria.

## **ANEXO A – Clasificación de las redes telefónicas**

---

Los distritos tienen una identificación con un número y en algunos casos con una letra adicional, por ejemplo:

Distrito 23

Distrito 136

Distrito 248A

Distrito 436B

Cada uno de los armarios de los distritos están unidos por medio de cables a la central telefónica respectiva, a esta red se le conoce como RED PRIMARIA.

### **A.2. RED SECUNDARIA**

Los distritos son divididos en sectores más pequeños que se denominan AREAS DE DISPERSION, cada una de éstas, está servida por una caja de dispersión (en algunos casos por dos cajas de dispersión) de 10 pares, en la cual se concentra el servicio telefónico de ese pequeño sector.

Cada caja de dispersión tiene una nomenclatura alfanumérica con una letra y un número que va desde el 1 al 5, por ejemplo A1, B3, C5, D2, E4, etc.

La red que une al armario de distribución con cada una de las cajas de dispersión se denomina RED SECUNDARIA.

La red secundaria siempre es de mayor capacidad que la red primaria por motivos de flexibilidad y mantenimiento, cuando se tiene una red secundaria que sirve a un sector de la ciudad, no es posible determinar anticipadamente cual de los futuros abonados van a solicitar el servicio, cual de ellos va a realizar una ampliación de su vivienda para tener otro departamento o cualquier otro caso parecido, por esta razón es preferible construir una red secundaria de mayor capacidad que la red primaria.



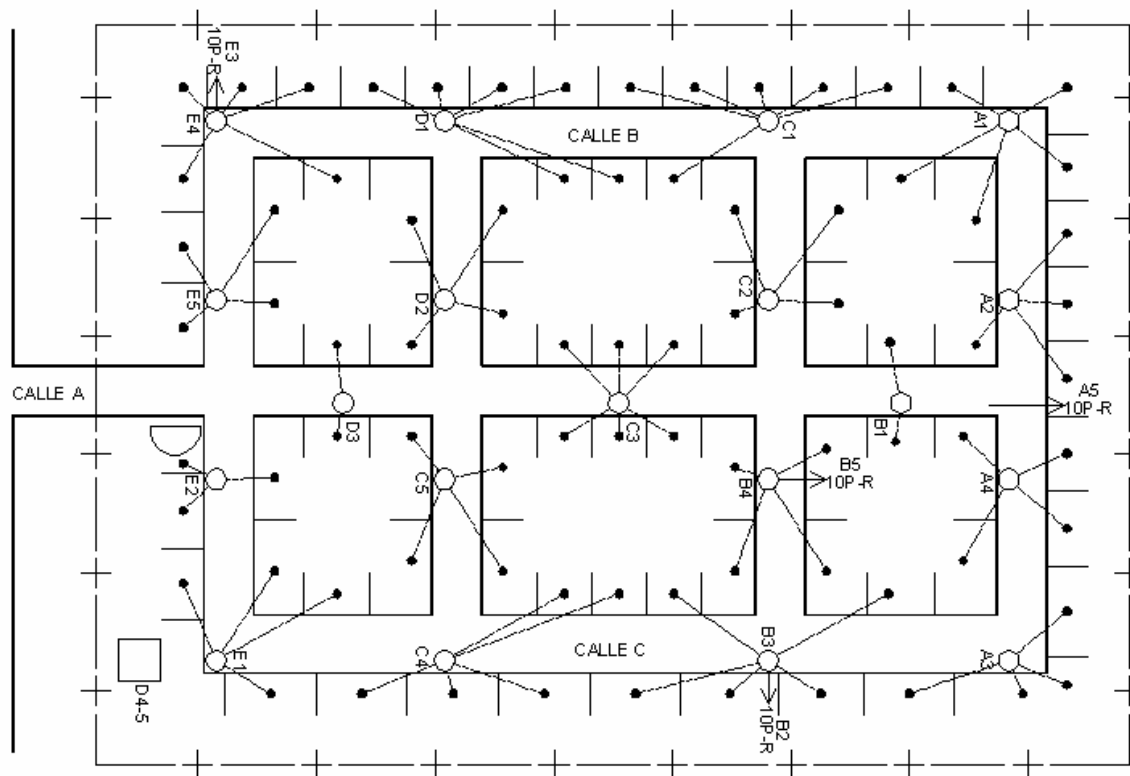


Figura A.3. Red de abonados.

# **ANEXO B**

## ***SOFTSWITCH***

## ANEXO B

### *SOFTSWITCH* [11]

Un *SoftSwitch* es un dispositivo que utiliza estándares abiertos para crear redes integradas de última generación capaces de transportar voz, vídeo y datos con gran eficiencia y en las que la inteligencia asociada a los servicios está desligada de la infraestructura de red.

Así también es la pieza central en la red de telefonía IP, puede manejar inteligentemente las llamadas en la plataforma de servicio de los ISPs.

#### **B.1. CARACTERÍSTICAS**

Una característica clave del *SoftSwitch*, es su capacidad de proveer a través de la red IP un sistema telefónico tradicional, confiable y de alta calidad en todo momento.

Si la confiabilidad de una red IP llega a ser inferior al nivel de la calidad de la red tradicional, simplemente el tráfico se desvía a esta última. Las interfaces de programación permitirán que los fabricantes independientes de *software* creen rápidamente nuevos servicios basados en IP que funcionen a través de ambas redes: la tradicional y la IP.

Además los conmutadores por *software* permiten ofrecer servicios de voz avanzados así como nuevas aplicaciones multimedia, las cuales se caracteriza por:

- Su inteligencia. La cual les permite controlar los servicios de conexión asociados a las pasarelas multimedia (*Media Gateways*) y los puntos terminales que utilizan IP como protocolo nativo.



- La posibilidad de seleccionar los procesos. Los cuales se pueden aplicar a cada llamada.
- El enrutamiento de las llamadas en función de la señalización y de la información almacenada en la base de datos de los clientes.
- La capacidad para transferir el control de una llamada a otro elemento de red.
- Interfaces con funciones de gestión como los sistemas de facturación y provisión.
- Puede existir con las redes tradicionales de redes conmutadas así como puede proveer los servicios de la tecnología de conmutación de paquetes.
- Los servicios que pueden soportar incluye Voz, Fax, vídeo, datos y nuevos servicios que serán ofrecidos en el futuro, tal como los demandados por el presente estudio.
- Los dispositivos finales incluyen teléfonos tradicionales, teléfonos IP, computadores, beepers, terminales de vídeo conferencia y más.
- Separar los servicios y el control de llamadas, de los servicios de la red de transporte subyacente es una característica esencial de las redes basadas en *SoftSwitch*, en función a esto los operadores pueden elegir en todas las capas de la red los mejores productos de cada categoría de distintos fabricantes.

### **B.2. BENEFICIOS**

Los beneficios que el *SoftSwitch* ofrece son:

- Bajo Costo de desarrollo.

- Fácil integración de redes diversas.
- Mejora los servicios para el cliente.
- Mensajes unificados.
- Flexibilidad al soportar el desarrollo de equipos de telefonía de gran nivel.

### B.3. VENTAJAS

- Los operadores se vuelven independientes de los vendedores de la tecnología y de los protocolos que los soportan.
- Los proveedores ganan más control sobre la creación de servicios, en donde la verdadera guerra telefónica se pelea, y el *software* reduce el costo total del servicio.
- Un *SoftSwitch* es generalmente 40 ó 45% menos costoso que un *switch* de circuitos. Debido a que los *SoftSwitches* utilizan arquitectura de cómputos generales en donde el precio y desempeño han mejorado considerablemente, la industria espera que esta tecnología pueda brindar aún mayores ventajas en su costo que los *switches* de circuitos.
- Un *SoftSwitch* puede ser distribuido por toda la red o de manera centralizada. En redes grandes se pueden distribuir varios de ellos para administrar diferentes dominios o zonas. También se puede tener acceso a servicios desde la plataforma de manera local o desde otras regiones. Las redes más pequeñas pueden requerir solamente dos para redundancia. Los adicionales se agregan para mantener baja la latencia cuando la demanda de los clientes aumenta. Esto también permite a las operadoras utilizar *SoftSwitches* en nuevas regiones cuando construyen sus redes sin tener que comprar *switches* de circuitos.

- Esta tecnología permite una transición pacífica de circuitos a paquetes, con servicios diferenciados e interoperabilidad a través de redes heterogéneas.

## **B.4. ARQUITECTURA DE SERVICIOS DEL *SOFTSWITCH***

### **B.4.1. ARQUITECTURA FUNCIONAL**

Un *SoftSwitch* puede consistir en uno o más componentes, sus funciones pueden residir en un sistema o expandirse a través de varios sistemas. A continuación se mencionan los componentes más comunes en un *SoftSwitch*.

#### **B.4.1.1. *Gateway Controller***

Como se ilustra en la figura 3.5., el *Gateway Controller* es la unidad funcional del *SoftSwitch*. Mantiene las normas para el procesamiento de llamadas, por medio del *Media Gateway* y el *Signalling Gateway* los cuales ayudan a mejorar su operatividad. El responsable para ejecutar el establecimiento y desconexión de la llamada es el *Signalling Gateway*.

Frecuentemente esta unidad es referida como *Call Agent* o *Media Gateway Controller*. Algunas veces el *Call Agent* es referido como el centro operativo del *SoftSwitch*. Este componente se comunica con las otras partes y componentes externos usando diferentes protocolos.

#### **B.4.1.2. *Signalling Gateway***

Sirve como puente entre la red de señalización SS7<sup>1</sup> y los nodos manejados por el *SoftSwitch* en la red IP.

---

<sup>1</sup> *Common Channel Signaling System No. 7*. Es un estándar global para telecomunicaciones definido por la UIT. Define los procedimientos y protocolos mediante los cuales los elementos de la red telefónica conmutada (PSTN) intercambian información sobre una red de señalización digital para establecer, enlutar, facturar y controlar llamadas, tanto a terminales fijos como móviles.

**B.4.1.3. *Media Gateway***

Actualmente soporta TDM para transporte de paquetes de voz a un *switch*. Las aplicaciones de Codificación de voz, Decodificación y compresión son soportadas, así como las interfaces PSTN y los protocolos CAS e ISDN.

**B.4.1.4. *Media Server***

Mejora las características funcionales del *Softswitch* si es requerido soporta *Digital Signal Processing* (DSP).

**B.4.1.5. *Feature Server***

Controla los datos para la generación de la facturación, usa los recursos y los servicios localizados en los componentes del *Softswitch*.

**B.4.2. ARQUITECTURA DE SERVICIO**

**B.4.2.1. *Services Targeted***

Traslaciones de direcciones, enrutamiento, IVR, Emergencia, llamadas en espera.

**B.4.2.2. *Service Interface***

Proporciona soporte para servicios suplementarios y clases de servicios. Arquitectura independiente de señalización, soporta SIP, H.323, SS7, ISDN, R2.

# **ANEXO C**

## **PLANOS**



## LA CAROLINA



### SIMBOLOGIA

	CABLE DE FIBRA OPTICA, CANALIZADO EN TUBERIA, TIPO G.652, NUMERO DE HILOS INDICADO.
	POZO DE REVISION
	POZO DE REVISION CON SPLITTER OPTICO, CON FIBRA OPTICA DE 32 HILOS
	UNIDAD DE RED OPTICA (ONU)
	TUBERIA PARA CRUCE DE CALLES
	NODO
	TERMINAL DE LINEA OPTICO (OLT)

1. Cityplaza
2. La Fontana
3. Mansión Blanca
4. Quilate
5. Ventura Plaza
6. Ardres Plaza
7. Delta
8. Almirante Colón
9. Cosmos
10. Prisma Norte
11. Zanté\*
12. Twin Towers II
13. Twin Towers II
14. Athos
15. Portugal
16. Siglo XXI
17. Piazza Toscana
18. Torre Piazzara
19. Montelimar
20. Montelimar II
21. Euro
22. Onix
23. Brescia I
24. Murano Plaza
25. Dygoil
26. Torrezul
27. Aseguradora del Sur
28. San Salvador
29. Le Parc Hotel
30. Embajada de Perú
31. Hotel Dann Carlton
32. Rosania
33. Torre Cariari
34. Torre Cariari II
35. Trento\*
36. Plaza Real
37. Plaza Real
38. Gabriela I
39. Gabriela III
40. Kendo\*
41. Támesis
42. Claude Monet
43. Picasso
44. Mykonos
45. Terrasol
46. Taca
47. El Rey\*
48. Suyana\*

\* Edificio en construcción

### ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

QUITO - ECUADOR

TÍTULO: DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO DE FIBRA OPTICA PARA ATENDER A LOS CLIENTES DE ANDINATEL S.A. EN LOS EDIFICIOS UBICADOS EN EL SECTOR DE LA AVENIDA REPUBLICA DEL SALVADOR PERTENECIENTES A LA CENTRAL INAQUITO.

LAMINA 1: IMPLEMENTACION CON ONUS.








LORENA BARBA	1:2000	SEPTIEMBRE/2007
PROYECTO	ESCALA	FECHA



# LA CAROLINA



## SIMBOLOGIA

-  CABLE DE FIBRA OPTICA, CANALIZADO EN TUBERIA, TIPO G.652, NUMERO DE HILOS INDICADO.
-  POZO DE REVISION
-  UNIDAD DE REDES OPTICAS (ONU)
-  TUBERIA PARA CRUCE DE CALLES
-  NODO
-  TERMINAL DE LINEA OPTICO (OLT)
-  IP DSLAM

1. Cityplaza
2. La Fontana
3. Mansión Blanca
4. Quilate
5. Ventura Plaza
6. Ardres Plaza
7. Delta
8. Almirante Colón
9. Cosmos
10. Prisma Norte
11. Zanté\*
12. Twin Towers II
13. Twin Towers II
14. Athos
15. Portugal
16. Siglo XXI
17. Piazza Toscana
18. Torre Piazzara
19. Montelimar
20. Montelimar II
21. Euro
22. Onix
23. Brescia I
24. Murano Plaza
25. Dygoil
26. Torrezul
27. Aseguradora del Sur
28. San Salvador
29. Le Parc Hotel
30. Embajada de Perú
31. Hotel Dann Carlton
32. Rosania
33. Torre Cariari
34. Torre Cariari II
35. Trento\*
36. Plaza Real
37. Plaza Real
38. Gabriela I
39. Gabriela III
40. Kendo\*
41. Támesis
42. Claude Monet
43. Picasso
44. Mykonos
45. Terrasol
46. Taca
47. El Rey\*
48. Suyana\*

\* Edificio en construcción

<b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> QUITO - ECUADOR		
TÍTULO: DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO DE FIBRA OPTICA PARA ATENDER A LOS CLIENTES DE ANDINATEL S.A. EN LOS EDIFICIOS UBICADOS EN EL SECTOR DE LA AVENIDA REPUBLICA DEL SALVADOR PERTENECIENTES A LA CENTRAL INAQUITO.		
LAMINA 2: IMPLEMENTACION CON ONUs E IP DSLAMs		
LORENA BARBA	1:2000	SEPTIEMBRE/2007
PROYECTO	ESCALA	FECHA

# **ANEXO D**

## **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS**



# AN 5116-02

GEPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network) Platform  
Chassis Module OLT (Optical Line Terminal)

AN5116-02 platform produced by FiberHome is one of the new kind of FTTX equipment. It is large capacity carrier class GEPON equipment. It provides maximum 16 GEPON interface cards in single subrack, two GEPON ports in each GEPON interface card, and supports split ratio of 1:64. So the maximum capacity of single AN5116-02 subrack is 32 GEPON interfaces which can connect to maximum 2048 ONUs.



## Key Benefits

- > Comply to latest international standards and recommendations
- > Highly integrated system supports multi-services such as data, voice (POTS and VoIP), leased line (E1 etc.), and Video (IPTV, CATV etc.)
- > IP switch Core and possess enough backboard switching capability
- > Multi LLID function support. Allocate 3 LLID to each ONU to guarantee the quality of different services
- > Support encryption techniques in down stream data transmission
- > Complete L2 and partial L3 functions are available. Support accurately control of the upstream/downstream bandwidth (DBA) and ensure various services' QoS by SLA
- > Support both CLI and GUI network management. Strong OAM capacity and support local and remote network management. Rich advanced EMS functions such as remote update on ONU software, Power cut/ Fiber cut alarm, ONU authorization etc.
- > Redundancy design and support optical fiber line protection. All cards sustain hot swap function. Core switch card supports 1+1 protection. These ensure the robust and survival ability of FTTH network

- FULL COMPLY TO IEEE802.3AH GEPON STANDARD
- MAX 64 SPLITS, 20KM REACH
- 2048 SUBSCRIBERS SERVED FROM CHASSIS SUBRACK
- MULTIPLE LLID SUPPORT FOR MULTI-SERVICE IN ONE ONU
- DYNAMIC BANDWIDTH ALLOCATION
- ADVANCED L2/L3 FUNCTION
- MULTICAST SUPPORT FOR VIDEO STREAMING
- REMOTE PROVISIONING AND MANAGEMENT
- ADVANCED SECURITY AND ENCRYPTION TECHNIQUE

# Catalogue

## Technical Specification

### Hardware

#### Main chassis

Architecture	14U Chassis Subrack Structure with backplanes located in the middle and cards double sides
	18 slots altogether, 2 for core switch, 16 for line card
Dimensions	480×621.5×379 (W×H×D mm)
Weight	40Kg (Fully Loaded)
Power Supply	-48V DC(-40V~-57V)
Power Consumption	600W (Fully Loaded)
Core Switch Capacity	48Gbps
Maximum User Number	2048

#### Interfaces

GEPON	2*16 Ports
Uplink	7*1000Mbps ports (Optical or Electrical)
Console	RS232
Lan management	10BASE-T

#### OLT Module

Optical Fiber	G.652
Connector	SC/PC SC/APC
Max optic splitter ratio	1:64
Max distance	20KM
DATA rate	1.25Gbps
Receiver sensitivity	-29dBm
Wavelength	RX 1310nm/TX 1490nm

### Standard Compliance

IEEE 802.3ah Ethernet for the First Mile standard (GEAPON);  
 IEEE 802.3 Ethernet standard;  
 IEEE 802.3u Fast Ethernet standard;

IEEE 802.3x Port stream control standard  
 IEEE 802.3z 1000BASE-SX/LX standard  
 IEEE 802.1d Spanning Tree Protocol  
 IEEE 802.1p Priority standard  
 IEEE 802.1q VLAN standard  
 IEEE 802.1x Authentication standard  
 RFC 1155 Structure and identification of management information for TCP/IP-based internets  
 RFC 1157 Simple Network Management Protocol (SNMP)  
 RFC 1212 Concise MIB definitions  
 RFC 1213 Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets  
 RFC 1442 Structure of Management Information for version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2)

#### Environment Requirements

Operating temperature	-10~45°C
Storage temperature	-30~60°C
Ambient humidity	10%~90%

### Advanced Software

#### Layer 2 Support

VLAN (basing on port VLAN basing on 802.1Q method);  
 Spanning Tree Protocol;  
 IGMP Snooping;  
 Flow-control function;  
 Port mirroring;  
 Port trunking;  
 MAC address filter/binding;

#### Security

Access Control List (ACL)

#### User Authentication

IEEE 802.1X  
 Radius

#### Quality of Service (QoS)

Up to 8 priority queues  
 IEEE 802.1 P & Q  
 IPv4 TOS Priority  
 Egress rate shaping  
 Dynamic Bandwidth Allocation (DBA)  
 SLA

#### System management

FTP, SNMP V1 & V2, DHCP, TELNET  
 Console interface with CLI  
 GUI management platform  
 In-Band/Out-Band management  
 Auto Provision of ONUs

# AN 5116-02

Please note the information contained herein is for informational purposes only. Fiberhome reserves the right to modify these specifications without prior notice. Copyright © 2006 Fiberhome International, Inc. All Rights Reserved.

Fiberhome International Technologies Co., Ltd. ADD: 88 YouKeyuan Lu, Hongshan District, Wuhan, Hubei, P.R.China TEL: +86-27-87806885 FAX: +86-27-87691755  
 E-mail: marketing@fiberhome.com.cn HTTP: //www.fiberhomegroup.com

# AN5006-06

GEAPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network) Equipment  
1U PIZZA BOX ONU (Optical Network Unit)



AN5006-06 is a 1U 19 Inch pizza box GEAPON equipment. It provides 2 GEAPON ports (optional) to enable 1:1 protection to guarantee customers' data safety, 4 E1 (G.703) interfaces can provide 2M lease line or  $N \times 64K$  DDN lease line access. The target is FTTO for enterprise user access. It also provides 8 POTS interfaces. TDM, data and other services can be achieved in one optical fiber.

## Key Benefits

- > Provides 1 or 2 (optional) GEAPON port, 4 E1 ports, 4 10/100BASE-TX ports, 8 POTS ports (optional)
- > Multi LLID function support. Supports 4 LLID to guarantee the quality of different services
- > Supports OAM and local management
- > Supports 802.1p priority, 802.1q VLAN

- FULL COMPLY TO IEEE802.3AH GEAPON STANDARD
- PLUG AND PLAY
- SUPPORT E1 SERVICE
- MULTIPLE LLID SUPPORT FOR MULTI-SERVICE
- ADVANCED L2 FUNCTION
- REMOTE MANAGEMENT

# Catalogue

## Technical Specification

### Technical Specifications

#### Hardware

Architecture	19" 1U BOX
Dimension	440 × 44 × 330(W × H × D mm)
Weight	4Kg
Power Supply	220V AC
Power Consumption	< 30W
Interface	2 GEPON, 4 10/100M, 8 POTS, 4 E1
LED	Power, Alarm, PON, LAN

#### Environment Requirements

operating temperature	-10~45°C
storage temperature	-30~60°C
ambient humidity	10%~90%

#### Optical Characteristic

Optical Fiber	G.652
Connector	SC/PC, SC/APC
DATA rate	1.25Gbps
Receiver sensitivity	-26dBm
Wavelength	TX 1310nm/RX 1490nm

### Standard Compliance

IEEE 802.3ah Ethernet for the First Mile standard (GEPON)  
 IEEE 802.3 Ethernet standard  
 IEEE 802.3u Fast Ethernet standard  
 IEEE 802.3x Port stream control standard  
 IEEE 802.1p Priority standard  
 IEEE 802.1q VLAN standard

### Software

#### System management

Management through OLT  
 Remote system software upgrade

#### Quality of Service (QoS)

Multi LLID  
 IEEE 802.1 P & Q

#### User Authentication

IEEE 802.1X

#### Layer 2 Functions

Spanning Tree Protocol  
 IGMP Snooping, VLAN

# AN5006-06

Please note the information contained herein is for informational purposes only. Fiberhome reserves the right to modify these specifications without prior notice.  
 Copyright © 2006 Fiberhome International, Inc. All Rights Reserved.

Fiberhome International Technologies Co., Ltd. ADD: 88 YouKeyuan Lu, Hongshan District, Wuhan, Hubei, P.R.China TEL: +86-27-87806885 FAX: +86-27-87691755  
 E-mail: marketing@fiberhome.com.cn HTTP: //www.fiberhomegroup.com

# AN 2200-06

Middle Scale Carrier-Class IP DSLAM



Built especially for service providers, the FiberHome AN2200-06 is a 4-slot, multiport line-card IP DSLAM that is optimized for XDSL services. The FiberHome AN2200-06 provides a fully redundant ETSI platform with the capability to support up to 128 DSL modems per subrack, to help SP deploy the high-density access points in access network.

## Benefits and Features

### L2 Wire Speed Switching

The FiberHome AN2200-06 supports L2 speed switching and high speed packet forwarding.

### Flexible Multicast

The FiberHome AN2200-02 supports multicast protocols and controllable multicast, facilitating value-added broadband multicast services, especially for IPTV deployment.

### Multi PVC Provisioning

ATM signaling can also be separately utilized between the FiberHome AN2200-06 and the FiberHome AN1020 Family for further differentiated service provisioning.

### Diverse Networking

The FiberHome AN2200-06 can offer various network ports to meet different user requirements.

### Middle Capacity

For the FiberHome AN2200-06, one subrack provides 128 ADSL/ADSL2+/SHDSL lines or 48 VDSL users. With a subtending architecture, the FiberHome AN2200-06 allows a system capacity ranging from 128 lines to 2048 lines at maximum.

- UP TO 128 SUBSCRIBERS PER CHASSIS
- SUPPORTS ITU G.992.1 (G.DMT), G.992.2 (G.LITE), ITU-T G.992.5 (ADSL2+), ITU-T G.991.2 SHDSL, ITU-T G.993.1 VDSL, ITU-T G.993.2 VDSL2
- FE/GE UPLINK MULTIPORT
- ETSI 19" RACK COMPLIANT
- INTEGRATED SPLITTER AND POTS CONNECTION
- SUBTENDING SUPPORT
- QOS SUPPORT
- CARRIER-CLASS ELEMENT MANAGEMENT SYSTEM

# Catalogue

## Technical Specification

### Technical Specification

#### Physical Specification

Architecture	19" 5U
Dimensions	480 × 132.5 × 365 (W × H × D, mm)
Chassis weight (with fan tray)	12kg
Mounting	19" rack compatible

#### Power Specification

DC	-48V, between -40V and -57V
Power Consumption	180W (full configured)

#### Environmental Conditions

Operating temperature	0 ~ 45°C
Storage temperature	-30 ~ 60°C
Relative humidity operating (non-condensing)	10% ~ 90%

### Standard Compliance

IEEE 802.3 Ethernet standard  
 IEEE 802.3u Fast Ethernet  
 IEEE 802.3z Gigabit Ethernet  
 IEEE 802.3x Port stream control standard  
 IEEE 802.3ad Port Trunking  
 IEEE 802.1d Spanning Tree Protocol  
 IEEE 802.1p Priority standard  
 IEEE 802.1q VLAN standard

ITU-T G.992.1 ADSL  
 ITU-T G.992.2 ADSL Lite  
 ITU-T G.992.5 ADSL2+  
 ITU-T G.991.2 SHDSL  
 ITU-T G.993.1 VDSL  
 ITU-T G.993.2 VDSL2  
 ITU-T G.994.1 Handshake protocol  
 ITU-T G.996.1 Test Procedures for DSL Transceivers  
 ITU-T G.997.1 Physical layer management for DSL Transceiver

### Advanced function

#### QOS

IPv4 TOS Priority  
 Traffic Classification  
 Queue scheduling  
 Bandwidth control

#### Security

Leveled-authorized control for operator.  
 ACL based on MAC, VLAN ID, IP.  
 L2 Traffic filtering  
 Binding between IP/MAC address and a port.

#### Manageability

FTP, SNMP V1 & V2, TELNET  
 CLI management simplify the maintenance  
 Support GUI management System  
 In-Band/Out-Band management  
 Remote customer Management

# AN 2200-06

Please note the information contained herein is for informational purposes only. Fiberhome reserves the right to modify these specifications without prior notice.  
 Copyright ©2006 Fiberhome International, Inc. All Rights Reserved.

Fiberhome International Technologies Co., Ltd. ADD: 88 YouKeyuan Lu, Hongshan District, Wuhan, Hubei, P.R.China TEL: +86-27-87806885 FAX: +86-27-87691755  
 E-mail: marketing@fiberhome.com.cn HTTP: //www.fiberhomegroup.com

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---

[1] GUIJARRO, C., “Diseño de un red de acceso utilizando tecnología APON (ATM Passive Optical Network) para ANDINATEL S.A. en la ciudad de Quito”; Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero en electrónica y telecomunicaciones; Director: MSc. María Soledad Jiménez. Escuela Politécnica Nacional; Quito, Abril 2005.

[2] [www.telefonica.es/sociedaddelainforacion/](http://www.telefonica.es/sociedaddelainforacion/)

[3] TRAVERSO, D., “Tecnologías en las redes de acceso”; [www.monografias.com](http://www.monografias.com)

[4] GUITIERREZ, D.; KIM, K.; ROTOLO, S.; AN, F.; KAZOVSKY, L.; “FTTH Standards, Deployments and Researches Issues”

[5] IEEE Standards; 802.3ah; “Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications”; Septiembre 2004.

[6] [www.andinatel.com](http://www.andinatel.com)

[7] BACA D. – HERNÁNDEZ R.; “Diseño de la ampliación de la red de planta externa, primaria y secundaria, para el sector de La Luz en la ciudad de Quito”; Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero en electrónica y telecomunicaciones; Director: Ing. Carlos Usbeck W. Escuela Politécnica Nacional; Diciembre 2003.

[8] ASERCOM; “Diplomado Superior en Gerencia del Negocio de Telecomunicaciones – Internet: Tecnología, Servicios y Aplicaciones”, Universidad San Francisco de Quito; Febrero 2006.

[9] IETEL; “Normas técnicas para planta externa – Volumen III: Construcción de redes telefónicas”; Julio 1991.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---

[10] LÓPEZ MERINO, Pablo; “Redes telefónicas Planta Externa”; Escuela Politécnica Nacional – Instituto de tecnólogos; Quito 1996.

[11] [www.recursosvoip.com/colabora/softswitch1.php](http://www.recursosvoip.com/colabora/softswitch1.php)