



**Universidad de Cuenca**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de**  
**Electrónica y Telecomunicaciones**

---

**Procedimiento para la ampliación y  
puesta en operación de cabeceras GPON  
en la red de telecomunicaciones de  
ETAPA EP.**

---

---

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES

---

**Director :**

*Ing. Darwin Fabián Astudillo Salinas, PhD*

**Autores :**

*Jonathan Virgilio Chacón Jimbo*

*Sebastián Alonso Villavicencio Fernández*

---

**Cuenca - Ecuador**

**2014**





# Resumen

Los requerimientos de mayores anchos de banda, para brindar múltiples servicios a distancias considerables, impulsan a las empresas como ETAPA EP a implementar redes de acceso de alta velocidad tales como FTTH, FTTB y FTTC; con el objetivo de brindar mejores servicios a sus usuarios.

Debido al creciente número de usuarios, es inminente la ampliación de las cabecezas GPON utilizadas por ETAPA EP, es por esta razón que el propósito del tema de tesis, es establecer procedimientos generales para la ampliación de la red. El tema planteado está destinado a ser un referente para el personal de telecomunicaciones de la empresa ETAPA EP y de profesionales en libre ejercicio, en el cual se detallan los pasos y recomendaciones para la ampliación de la red GPON, con el objetivo de lograr una estandarización y optimización de recursos en los momentos de realizar ampliaciones.

**Palabras claves : FTTH, FTTB, FTTC, ancho de banda, GPON .**





## Abstract

The requirements for higher bandwidth to provide multiple services over long distances, encourage to companies such as ETAPA EP, implementing high speed networks such as FTTH, FTTB and FTTC; in order to better serve its users. Due to the increasing number of users, the expansion of the GPON network of ETAPA EP is imminent. For this reason the purpose of the thesis topic, is to establish general procedures for network expansion. The proposed work is intended to be a benchmark, for personal telecommunications company ETAPA EP, and contractors professionals, in which the steps and recommendations for the expansion of the GPON network are detailed, with the aim of achieving standardization and optimization of resources in times of expansions.

**Keywords : FTTH, FTTB, FTTC, bandwidth, GPON**





# Índice general

Resumen	I
Abstract	III
Índice general	V
Índice de figuras	XI
Cláusulas	XV
Dedicatoria	XXV
Agradecimientos	XXVII
Índice de figuras	XXIX
Abreviaciones y acrónimos	XXXI
Glosario	XXXVII
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>3</b>
2.1. Procedimiento Operativo Estandarizado (SOP) . . . . .	4
2.1.1. Beneficios que se obtienen al desarrollar un SOP . . . . .	4
2.1.2. Formatos de presentación un SOP . . . . .	5
2.1.3. Consideraciones para elegir el formato para un SOP . . . . .	6
2.1.4. Contenido de un SOP . . . . .	7
Jonathan Chacón	V
Sebastián Villavicencio	

2.1.5.	SOP para ETAPA EP . . . . .	8
2.2.	Visión general de las redes de telecomunicaciones . . . . .	9
2.2.1.	Redes ópticas pasivas o redes PON . . . . .	9
2.2.2.	Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit ó red GPON	10
2.2.2.1.	Definición de Arquitecturas . . . . .	11
2.2.2.2.	Definición de ONU . . . . .	12
2.2.2.3.	Definición de OLT . . . . .	13
2.2.2.4.	<i>Splitter</i> . . . . .	13
2.2.2.5.	Velocidades de transmisión . . . . .	14
2.2.2.6.	Características de la tecnología GPON . . . . .	15
2.3.	Visión general de las redes MPLS . . . . .	17
2.3.1.	Arquitectura de MPLS . . . . .	20
2.4.	Definición de requisitos de tráfico para múltiples servicios . . . . .	21
2.4.1.	Servicio de Datos . . . . .	21
2.4.2.	Servicio <i>Voice over Internet Protocol (VoIP)</i> . . . . .	21
2.4.2.1.	Protocolos de señalización . . . . .	22
2.4.2.2.	Codificadores de Voz . . . . .	22
2.4.3.	Servicio de <i>Internet Protocol Television (IPTV)</i> . . . . .	23
2.4.3.1.	<i>Unicast y Multicast</i> . . . . .	23
2.4.4.	Resumen de requerimientos de tráfico . . . . .	24
<b>3.</b>	<b>Estado actual de la red de telecomunicaciones de ETAPA EP</b>	<b>27</b>
3.1.	Estado de la red <b>GPON</b> en la empresa ETAPA EP . . . . .	28
3.1.1.	Disposición física de tarjetas del <b>OLT</b> MA5600T . . . . .	29
3.1.2.	Módulos ópticos <b>SFP</b> utilizados en la MA5600T . . . . .	31
3.2.	Estado actual de la red <b>MPLS</b> en la empresa ETAPA EP . . . . .	32
3.2.1.	Configuraciones y detalles de equipos utilizados . . . . .	33
3.2.1.1.	Core-Distribución . . . . .	33
3.2.1.2.	Agregación . . . . .	35
3.2.1.3.	Acceso . . . . .	36
3.2.2.	Equipos de la red <b>MPLS</b> en ETAPA EP . . . . .	37



<b>4. Ampliación de tarjetas en la OLT en un nodo existente</b>	<b>39</b>
4.1. Parámetros a considerar . . . . .	40
4.1.1. Número de usuarios y tráfico generado . . . . .	41
4.1.2. Nivel de spliteo . . . . .	41
4.1.3. Sector . . . . .	42
4.2. Dimensionamiento de dispositivos . . . . .	42
4.2.1. Cálculo de puertos GPON . . . . .	43
4.2.2. Cálculo de SFPs . . . . .	43
4.2.3. Cálculo Tarjetas . . . . .	44
4.3. Revisión de la infraestructura de telecomunicaciones existente . .	44
4.3.1. Ubicación de nodo más cercano . . . . .	45
4.3.2. Verificación de existencia de equipos . . . . .	45
4.4. SOP para ampliación de tarjetas en la OLT . . . . .	46
<b>5. Agregación de un OLT en una cabecera GPON existente.</b>	<b>47</b>
5.1. Circunstancias para la ampliación de un OLT. . . . .	48
5.2. Parámetros a considerar. . . . .	49
5.2.1. Disponibilidad de puertos y SFPs para enlace de upstream. .	49
5.2.2. Capacidad de puertos para el enlace de upstream. . . . .	51
5.2.3. Capacidad de los equipos para el enlace de upstream. . . .	55
5.2.4. Sumatoria de tráfico generado por los servicios. . . . .	56
5.3. Dimensionamiento de dispositivos. . . . .	56
5.3.1. Cálculo de puertos para el enlace de upstream. . . . .	57
5.3.2. Cálculo de SFPs para el enlace de upstream. . . . .	57
5.4. Revisión de la infraestructura de telecomunicaciones existente. . .	58
5.4.1. Verificación de puertos en el equipo de agregación. . . . .	59
5.4.2. Verificación de SFPs en el equipo de agregación. . . . .	59
5.5. SOP para ampliación de un OLT en una cabecera GPON. . . . .	60
<b>6. Ampliación de un equipo de agregación en la red MPLS.</b>	<b>61</b>
6.1. Escenarios para la incorporación de un nuevo equipo de agregación. .	62
6.1.1. Equipo de agregación en una cabecera existente. . . . .	63
6.1.2. Equipo de agregación en una cabecera nueva. . . . .	63

6.2.	Consideraciones previas a la ampliación. . . . .	64
6.2.1.	Disponibilidad de puertos para enlace de <i>upstream</i> . . . . .	65
6.2.2.	Capacidad de puertos para el enlace de <i>upstream</i> . . . . .	65
6.2.3.	Límite de capacidad del enlace de <i>upstream</i> . . . . .	66
6.3.	Dimensionamiento de dispositivos. . . . .	69
6.3.1.	Número de puertos para el enlace de <i>upstream</i> . . . . .	69
6.3.2.	Cálculo de <b>SFPs</b> para el enlace de <i>upstream</i> . . . . .	69
6.4.	Revisión de la infraestructura de telecomunicaciones existente. . .	70
6.4.1.	Verificación de puertos en el nodo de agregación. . . . .	71
6.4.2.	Verificación de <b>SFPs</b> en el nodo de agregación. . . . .	71
6.5.	<b>SOP</b> para incorporación de un nuevo de equipo de agregación. . .	71
<b>7.</b>	<b>Software para la ampliación de la red <b>GPON</b> de ETAPA EP</b>	<b>73</b>
7.1.	Descripción del <i>software</i> . . . . .	73
7.2.	Estructura de programación . . . . .	75
7.2.1.	Capa de presentación . . . . .	75
7.2.2.	Capa de negocio . . . . .	76
7.2.3.	Capa de datos . . . . .	76
7.3.	Manual de usuario . . . . .	76
<b>8.</b>	<b>Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>77</b>
8.1.	Conclusiones . . . . .	77
8.2.	Recomendaciones . . . . .	78
<b>A.</b>	<b>Equipos utilizados en la red <b>GPON</b> y <b>MPLS</b></b>	<b>83</b>
A.1.	Definición y características del MA5600T . . . . .	83
A.1.1.	Definición . . . . .	83
A.1.2.	Características . . . . .	84
A.1.3.	Descripción del Hardware . . . . .	85
A.1.3.1.	Gabinete . . . . .	85
A.1.3.2.	Subracks . . . . .	86
A.2.	Definición y Características del equipo NE40E . . . . .	87
A.2.1.	Arquitectura . . . . .	89
A.2.2.	Características <b>MPLS</b> del equipo NetEngine40E . . . . .	90

A.3. Características del equipo de distribución Quidway S9300 . . . . .	91
A.3.1. Arquitectura . . . . .	92
<b>B. Tarjetas soportadas por los equipos de la red de ETAPA EP</b>	<b>95</b>
B.1. Tarjetas soportadas por el bastidor de ETSI del equipo MA5600T	95
B.2. Descripción de tarjetas del equipo MA5600T . . . . .	100
B.3. Tableros y tarjetas soportadas por el equipo NE40E . . . . .	109
B.4. Tarjetas soportadas por los equipos S9300 . . . . .	112
<b>C. Segmento, ubicación y equipos de la red ETAPA IP/MPLS</b>	<b>119</b>
<b>D. Enlaces de los equipos de agregación a los de distribución</b>	<b>121</b>
D.1. Totoracocha . . . . .	121
D.2. Miraflores . . . . .	122
D.3. Laguna . . . . .	123
D.4. Gonzalez Suarez . . . . .	123
D.5. Centro . . . . .	124
D.6. Cebollar . . . . .	125
D.7. Narancay . . . . .	126
D.8. Ejido . . . . .	126
D.9. Don Bosco . . . . .	127
D.10. Bodega . . . . .	128
<b>E. SOPs para ampliación de red GPON de ETAPA EP.</b>	<b>129</b>
E.1. Ampliación de tarjetas en el equipo multiplexor MA5600T . . . . .	129
E.2. Ampliación de un OLT en un equipo de agregación existente . . . . .	142
E.3. Ampliación de un equipo de agregación en la red MPLS . . . . .	153
<b>F. Manual del software implementado para ampliación de la red GPON de ETAPA EP.</b>	<b>165</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>185</b>





# Índice de figuras

2.1. Pirámide de cuatro niveles operativos para la aplicación de la norma ISO 9001: 2000 [1]. . . . .	5
2.2. Arquitecturas de red FTTx [2]. . . . .	11
2.3. Flujo de datos de <i>downstream</i> . . . . .	13
2.4. Flujo de datos de <i>upstream</i> . . . . .	14
2.5. Utilización de <i>Splitter</i> [3] . . . . .	14
2.6. GPON de tres longitudes de Onda . . . . .	16
2.7. Mapa conceptual de redes de conmutación . . . . .	18
2.8. Dominios MPLS, <i>Label switching routers (LSR)</i> s y nodos MPLS .	21
2.9. Requisitos de tráfico. . . . .	24
2.10. Resumen de requisitos de tráfico. . . . .	25
3.1. Ubicación de equipos MA5600T en la ciudad de Cuenca. . . . .	28
3.2. Apariencia de <i>Optical Network Termination (ONT)</i> HG8245 marca Huawei. . . . .	29
3.3. Ubicación y apariencia de tarjeta SCUN . . . . .	30
3.4. Ubicación y apariencia de tarjeta GPBH . . . . .	30
3.5. Ubicación y apariencia de tarjeta X1CA . . . . .	31
3.6. Ubicación y apariencia de tarjeta PRTE . . . . .	31
3.7. Esquema de la topología de la red ETAPA IP/MPLS. . . . .	32
3.8. Nodo de Core-Distribución NE40E-X8 Ejido y Centro . . . . .	34
3.9. Nodo de Core-Distribución NE40E-X8 Totoracocha . . . . .	35
4.1. Ampliación de tarjetas en la OLT. . . . .	40
4.2. Dos niveles de spliteo de 1 × 8. . . . .	41

5.1.	Ampliación de una OLT. . . . .	48
5.2.	Ubicación y apariencia de tarjeta GICK . . . . .	50
5.3.	Equipo de agregación NE40E-X8. . . . .	51
5.4.	Tráfico de Totoracocha en dos días. . . . .	52
5.5.	Tráfico de Totoracocha en treinta días. . . . .	52
5.6.	Tráfico del sector Centro en dos días. . . . .	52
5.7.	Tráfico del sector Centro en treinta días. . . . .	53
5.8.	Tráfico del sector Arenal en dos días. . . . .	53
5.9.	Tráfico del sector Arenal en treinta días. . . . .	53
5.10.	Tráfico del sector Ejido en dos días. . . . .	54
5.11.	Tráfico del sector Ejido en treinta días. . . . .	54
5.12.	Tráfico del sector Narancay en dos días. . . . .	55
5.13.	Tráfico del sector Narancay en treinta días. . . . .	55
5.14.	Conexión de enlaces de <a href="#">upstream</a> del MA5600T . . . . .	57
5.15.	XFP-1310-STM64/FC10G/10GbE/OTU2-10km. . . . .	58
6.1.	Ampliación de equipo de agregación en un nodo existente. . . . .	62
6.2.	Ampliación de equipo de agregación en un nodo nuevo. . . . .	62
6.3.	Configuración inicial de los nodo de Agregación . . . . .	64
6.4.	Configuración de puertos para incorporar un nuevo equipo de agregación. . . . .	65
6.5.	Historial de tráfico promedio de enlaces Agregación - Distribución	66
6.6.	Capacidad del enlace de <a href="#">upstream</a> correcto . . . . .	67
6.7.	Capacidad del enlace de <a href="#">upstream</a> incorrecto. . . . .	68
6.8.	Balanceo de carga para no exceder el límite de enlace de <a href="#">upstream</a> . . . . .	68
6.9.	Número de puertos necesarios para incorporar nuevo equipo de agregación. . . . .	70
7.1.	Diagrama de funcionalidad del sistema. . . . .	74
7.2.	Programación en tres capas. . . . .	75
A.1.	Gabinete N63E-22 para la MA5600T . . . . .	86
A.2.	Configuración de <a href="#">subrack ETSI</a> . . . . .	87
A.3.	Apariencia de Subracks de Servicio <a href="#">ETSI</a> . . . . .	87

A.4. Forma física de cada modelo de NE40E . . . . .	88
A.5. Diseño de ranuras para los equipos NE40E . . . . .	89
A.6. Diseño de ranuras para los equipos S9300 . . . . .	93
D.1. Tráfico del sector Totoracocha en dos días. . . . .	121
D.2. Tráfico del sector Totoracocha en treinta días. . . . .	122
D.3. Tráfico del sector Miraflores en dos días. . . . .	122
D.4. Tráfico del sector Miraflores en treinta días. . . . .	122
D.5. Tráfico del sector Laguna en dos días. . . . .	123
D.6. Tráfico del sector Laguna en treinta días. . . . .	123
D.7. Tráfico del sector Gonzalez Suarez en dos días. . . . .	124
D.8. Tráfico del sector Gonzalez Suarez en treinta días. . . . .	124
D.9. Tráfico del sector Centro en dos días. . . . .	124
D.10. Tráfico del sector Centro en treinta días. . . . .	125
D.11. Tráfico del sector Cebollar en dos días. . . . .	125
D.12. Tráfico del sector Cebollar en treinta días. . . . .	125
D.13. Tráfico del sector Narancay en dos días. . . . .	126
D.14. Tráfico del sector Narancay en treinta días. . . . .	126
D.15. Tráfico del sector Ejido en dos días. . . . .	127
D.16. Tráfico del sector Ejido en treinta días. . . . .	127
D.17. Tráfico del sector Don Bosco en dos días. . . . .	127
D.18. Tráfico del sector Don Bosco en treinta días. . . . .	128
D.19. Tráfico del sector Bodega en dos días. . . . .	128
D.20. Tráfico del sector Bodega en treinta días. . . . .	128







# Cláusulas





*Jonathan Virgilio Chacón Jimbo*, autor de la tesis "Procedimiento para la ampliación y puesta en operación de cabeceras GPON en la red de telecomunicaciones de ETAPA EP", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicación. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 6 de noviembre de 2014.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized initial 'J' followed by a horizontal line extending to the right.

Jonathan Virgilio Chacón Jimbo

C.I: 190049936-7

---





*Jonathan Virgilio Chacón Jimbo*, autor de la tesis "Procedimiento para la ampliación y puesta en operación de cabeceras GPON en la red de telecomunicaciones de ETAPA EP", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 6 de noviembre de 2014.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several fluid, overlapping strokes that form a stylized representation of the author's name.

Jonathan Virgilio Chacón Jimbo

C.I: 190049936-7

---





Villavicencio Fernández Sebastián Alonso, autor de la tesis "Procedimiento para la ampliación y puesta en operación de cabeceras GPON en la red de telecomunicaciones de ETAPA EP", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicación. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 6 de noviembre de 2014.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ferd', written over a horizontal line.

Villavicencio Fernández Sebastián Alonso

C.I: 010423042-0

---







Villavicencio Fernández Sebastián Alonso, autor de la tesis "Procedimiento para la ampliación y puesta en operación de cabeceras GPON en la red de telecomunicaciones de ETAPA EP", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 6 de noviembre de 2014.

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, overlapping letters, positioned above a horizontal line.

Villavicencio Fernández Sebastián Alonso

C.I: 010423042-0

---





# Dedicatoria

Dedico esta tesis con mucho cariño, a todas las personas que forman parte de mi vida y me dieron su apoyo de una u otra forma, para que se cumpliera mi anhelo de ser un gran profesional y una mejor persona. Para todos los que creyeron y aun creen en mí, aquí les entrego el fruto de todas sus buenas energías.

**Jonathan**

Dedico este trabajo a mi madre, Alba, por ser la mujer más fuerte que he conocido en esta vida, por ser ella una maestra, una compañera y sobre todo mi mejor amiga; de la misma forma a mi padre, Manuel, que es vivo ejemplo de que la perseverancia y esfuerzo tienen buenos frutos. A mis hermanos que siempre serán una verdadera luz a seguir.

**Sebastián**





# Agradecimientos

Mi inmenso agradecimiento va dirigido a todas las personas que hicieron posible la culminación exitosa de esta tesis, especialmente a mi familia, por toda la inspiración y apoyo incondicional brindado en estos años de formación profesional. Tengo que mencionar también a mis amigos, con los que inicié mi carrera universitaria: Marco, Walter, Andrés, José, Santiago, Diego M., Patricia, Geovanny, Diego A., Danilo, Mauricio; y a mi estimado amigo Sebastian, con quien lleve la ardua tarea de realizar este trabajo. Y finalmente, a nuestro director Ing. Fabián Astudillo, a nuestro tutor Ing. Diego Rodriguez y a nuestra amiga Ing. Sofia por todo el valioso tiempo invertido, paciencia y amistad brindada, en todo el tiempo que tomo la elaboración de esta tesis.

## **Jonathan**

Primero y antes que nada, doy gracias a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a todas aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio. Un profundo y sincero agradecimiento al Ing. Fabián Astudillo e Ing. Diego Rodríguez que nos han brindado en el transcurso de este trabajo su ayuda, conocimientos, apoyo y amistad. A mi familia que al diario fueron una fuente de inspiración y superación personal y que sobre todo me enseñaron con su ejemplo a seguir un sueño y luchar por ello sin importar lo difícil o largo que sea el camino. A mis amigos que han sido como hermanos y siempre pudieron encontrar las palabras y actos adecuados para permitirme continuar adelante.

## **Sebastián**





# Índice de figuras







# Abreviaciones y Acrónimos

**10GE** *10-gigabit Ethernet.* [49–55](#), [57](#), [59](#), [64](#), [69](#), [71](#)

**ADSL** *Asymmetric Digital Subscriber Line.* [49](#)

**AES** *Advanced Encryption Standard.* [16](#)

**AON** *Active Optical Networks.* [9](#)

**APON** *Asynchronous Transfer Mode PON.* [10](#)

**ATM** *Asynchronous Transfer Mode.* [10](#), [17](#), [18](#), [83](#), [84](#), [96](#), [97](#), [104](#)

**BFD** *Bidirectional Forwarding Detection.* [84](#), [114](#)

**BPON** *Broadband PON.* [10](#)

**CESoP** *Circuit emulation services over packet.* [84](#), [97](#), [99](#)

**CF** *CompactFlash.* [101](#)

**CMU** *Central Management Unit.* [92](#)

**COC** *Chain of Custody.* [85](#)

**CPE** *Customer Premises Equipment.* [107](#)

**CSFP** *Compact Small form-factor pluggable.* [108](#)

**DBA** *Dynamic Bandwidth Allocation.* [16](#)

**DELT** *Double Ended Line Test.* [102–106](#)



- DiffServ** *differentiated services*. 91
- DSL** *Digital Subscriber Line*. 83
- DSP** *Digital Signal Processor*. 107
- E2E** *End to end* . 84
- EPON** *Ethernet PON*. 10
- ETSI** *European Telecommunications Standards Institute*. 86, 87, 95, 97–100, 109
- FE** *Fast Ethernet*. 28, 91, 96, 97, 99, 100, 105, 108
- FEC** *Forward Error Correction*. 15
- FEC1** *Forwarding Equivalent Class*. 20
- FPICs** *Flexible Plug-in Cards*. 109
- FSC** *Forest Stewardship Council*. 85
- FSU** *Flexible Service Unit*. 93, 113
- FSUA** *Flexible Service Unit A*. 114
- FTTB** *Fiber to the Building*. 11, 84
- FTTCab** *Fiber to the Cabinet*. 11, 12, 84
- FTTH** *Fiber to the Home*. 11, 77, 84
- FTTM** *Fibre to the Meter* . 84
- FTTO** *Fiber To The Office* . 84
- GE** *Gigabit Ethernet*. 28, 29, 31, 58, 91, 96–102, 107–109
- GEM** *GPON Encapsulation Method*. 11
- GPIO** *General Purpose Input/Output*. 86



- GPON** *Gigabit-capable Passive Optical Network*. 1, 3, 4, 9–11, 14–16, 27–29, 42–47, 49, 56, 59, 60, 73, 74, 77–79, 83–85, 97, 98, 100, 107, 108
- H-QoS** *Hierarchical quality of service* . 84
- IEEE** *Institute of Electrical and Electronics Engineers*. 10
- IP** *Internet Protocol*. 9, 10, 17–20, 23, 32, 37
- IPsec** *Internet Protocol security*. 115
- IPTV** *Internet Protocol Television*. 23, 24, 33, 34, 41, 48, 54
- IPv4** *Internet Protocol version 4*. 19, 90
- IPv6** *Internet Protocol version 6*. 19, 90
- ISDN** *Integrated Services for Digital Network* . 84, 96–99, 102, 104, 106
- ISO** *International Organization for Standardization*. 3, 4
- ITU-T** *International Telecommunications Union – Telecommunication sector*. 9, 10
- IUA** *ISDN User Adaptation*. 107
- LDP** *label distribution protocol*. 90
- LLC** *Logical Link Control*. 19
- LPU** *Line Process Unit*. 88, 89, 91–93, 113, 114
- LSP** *Label switching path*. 90
- LSR** *Label switching routers*. 20, 21, 90
- MCU** *Main Control Unit*. 92, 93, 113
- MDU** *Multi-Dwelling Unit*. 12
- MELT** *Metallic Line Test*. 102–106



- MGCP** *Media Gateway Control Protocol.* 22
- MPLS** *Multi Protocol Label Switching.* 3, 4, 17–21, 27, 32, 33, 37, 49, 50, 59, 61, 78, 79, 83, 90, 91, 113, 114, 119, 153
- MPU** *Main Processing Unit.* 89
- NAT** *Network Address Translation.* 114
- NMS** *Network Management System.* 89
- NT** *Network Termination.* 12
- OLT** *Optical Line Terminal.* 1, 10, 13, 16, 28, 29, 39, 41, 43, 45–48, 50, 56, 57, 59, 60, 67, 78, 84, 86, 97, 100, 107, 108, 142
- ONT** *Optical Network Termination.* 10–12, 28, 29
- ONU** *Optical Network Unit.* 10–13, 16, 43, 49
- OPM** *Optical Performance Monitor.* 108
- P2P** *Peer-to-peer.* 83, 84, 96, 97, 99, 100, 105, 108
- PE** *Provider edge.* 20
- PoE** *Power over Ethernet.* 114
- PON** *Passive Optical Network.* 9, 10, 13, 15, 86, 87
- PRI** *Primary Rate Interface.* 107
- PSN** *Public Services Network.* 98, 100
- PWE3** *Pseudo Wire Emulation Edge-to-Edge.* 104, 107
- QMS** *Quality Management System.* 3, 4
- QoS** *quality of service.* 17, 22, 84, 90, 91



- RSSI** *Received signal strength indicator.* [107](#), [108](#)
- SAToP** *Structure-Agnostic (TDM) over Packet.* [105](#)
- SBU** *Small Business Unit.* [12](#)
- SELT** *Single Ended Line Test.* [102–106](#)
- SFP** *Small form-factor pluggable.* [29](#), [31](#), [33](#), [35](#), [36](#), [40](#), [42–46](#), [49](#), [56–59](#), [69–71](#), [101](#), [102](#), [107](#), [108](#)
- SFU** *Single-Family Unit.* [12](#), [33](#), [34](#), [36](#), [89](#)
- SIP** *Session Initiation Protocol.* [22](#)
- SOP** *Standard Operating Procedures.* [3–8](#), [27](#), [39](#), [42](#), [46](#), [47](#), [60](#), [61](#), [71](#), [77–79](#), [129](#)
- SPU** *Service Processing Unit.* [93](#), [113](#)
- SRU** *Switch Routing Unit.* [33–36](#), [92](#), [93](#), [112–114](#)
- STM** *Synchronous Transport Module.* [104](#)
- STP** *Spanning Tree Protocol.* [113](#)
- TDM** *Time-division multiplexing.* [10](#), [83](#), [84](#), [98](#), [100](#), [107](#)
- TWDM** *Time Wavelength Division Multiplexing.* [15](#)
- UML** *Unified Modeling Language.* [73](#)
- VAMPA** *Value Added service Multi-core Processor.* [114](#)
- VoIP** *Voice over Internet Protocol.* [21](#), [22](#), [24](#), [28](#), [96](#), [97](#), [104](#), [107](#)
- VPN** *Virtual Private Network.* [19](#), [115](#)
- VRP** *Versatile Routing Plataforml.* [37](#), [87](#)
- VSU** *Virtual Switch Unit.* [93](#), [113](#), [114](#)





# Glosario

**ADSL2+** Tecnología preparada para ofrecer velocidades de bajada/subida de 24/1,2 Mbps a cortas distancias, utilizando la infraestructura telefónica tradicional. [83](#), [84](#), [95–99](#), [102–105](#)

**backhaul** Es la porción de una red jerárquica, que comprende los enlaces intermedios entre el núcleo o backbone, y las subredes en sus bordes. [83](#)

**backplane** Placa de circuito electrónico que contiene circuitería y sócalos en los cuales se pueden insertar dispositivos electrónicos adicionales. [85](#), [105](#)

**Broadband** Técnica de transmisión de datos que permite que múltiples señales de alta velocidad compartan el ancho de banda de un solo cable mediante la multiplexación por división de frecuencias. [10](#)

**broadcast** es una forma de transmisión de información donde un nodo emisor envía información a una multitud de nodos receptores de manera simultánea. [17](#)

**delay** demora que se produce entre la emisión y la recepción. [22](#), [23](#)

**downstream** Tráfico que fluye hacia el usuario. [12–16](#)

**forwarding** reenvío y envío. [56](#), [90](#)

**FTTx** Del inglés *Fiber to the x* es un término genérico para designar cualquier acceso de banda ancha sobre fibra óptica. [9](#), [84](#)



**G.INP** Recomendación TUIT-T G.998.4 que define los requisitos para una implementación compatible con los estándares utilizados actualmente por muchos tipos de equipos DSL. [102](#), [103](#), [105](#), [106](#)

**gateway** nodo en una red informática que sirve de punto de acceso a otra red. [22](#)

**jitter** variabilidad temporal durante el envío de señales digitales, una ligera desviación de la exactitud de la señal de reloj. [22](#), [23](#)

**multicast** Es un servicio de red en el cual un único flujo de datos es enviada al multiples destinos simultáneamente. [23](#), [48](#), [84](#)

**POTS** *Plain Old Telephone Service*. Servicio telefónico que se basa en la transmisión de señal analógica. [28](#), [83](#), [84](#), [95–99](#), [102–106](#)

**RDSI** Red Digital de Servicios Integrados que facilita conexiones digitales extremo a extremo para proporcionar una amplia gama de servicios y a la que los usuarios acceden a través de un conjunto de interfaces normalizadas. [83](#), [84](#)

**SHDSL** DSL de alta velocidad simétrica (SHDSL) utilizado para enviar y recibir flujos de datos simétricos de alta velocidad sobre un solo par de hilos de cobre a tasas de entre 192 kbps y 2,31 Mbps. [84](#), [96](#), [97](#), [99](#), [100](#), [107](#)

**slot** conector o puerto de expansión en la placa base del ordenador. [42](#), [46](#), [48–50](#), [55](#), [56](#), [59](#), [63](#), [71](#), [86](#)

**subrack** es un bastidor destinado a alojar equipamiento electrónico, informático y de comunicaciones. Sus medidas están normalizadas para que sea compatible con equipamiento de cualquier fabricante.. [86](#), [87](#), [95](#), [97–100](#), [109](#)

**unicast** Es un servicio de red en el cual un único flujo de datos es enviado a un solo cliente. [23](#), [24](#)





**uplink** Enlace de telecomunicación. [84](#), [86](#), [98](#), [99](#)

**upstream** tráfico de subida que fluye desde el usuario hacia la cabecera. [12–16](#), [29](#), [31](#), [48–51](#), [54–57](#), [59](#), [64–69](#), [78](#), [79](#), [96](#), [98–102](#), [104](#), [107](#), [109](#), [121](#)

**VDSL2** Tecnología preparada para ofrecer velocidades de bajada/subida de 52/16 Mbps en el mejor de los casos, utilizando la infraestructura telefónica tradicional. [83](#), [84](#), [96–99](#), [106](#)

**wirespeed** se refiere a la tasa de bits máxima que proporciona un estándar de telecomunicaciones en un punto de referencia entre la capa física y la capa de enlace de datos. [55](#), [56](#), [63](#)

**xDSL** Familia de tecnologías que proporcionan el acceso a Internet mediante la transmisión de datos digitales a través de los cables de una red telefónica local. [9](#), [86](#), [87](#)





# Capítulo 1

## Introducción

El presente proyecto se enfoca en la elaboración de procedimientos que generalicen las instrucciones para ampliar o agregar una cabecera GPON en red de ETAPA EP, por lo cual, el primer punto a realizar, es establecer un procedimiento estandarizado el cual será usado recurrentemente por la empresa, para los propósitos antes mencionados. Por lo que, en el capítulo 2 se presentará un marco teórico sobre la elaboración de procedimientos, así como las tecnologías involucradas.

Con los conceptos teóricos necesarios adquiridos, la siguiente etapa consiste en realizar una descripción del estado actual de la red de telecomunicaciones de ETAPA EP (capítulo 2), para distinguir y clasificar los diferentes equipos de la misma, dando características básicas de estos y su funcionamiento general.

Luego en los capítulos 4, 5 y 6; se plantea los diferentes escenarios que pueden existir para ampliar o agregar cabeceras GPON. El primer escenario (capítulo 4), presenta las consideraciones previas para la ampliación de tarjetas en un OLT, el segundo escenario (capítulo 5) se da cuando se necesita un nuevo equipo GPON en una cabecera existente, y el último escenario (capítulo 6) se da cuando se necesita añadir una nueva cabecera GPON a la red.

Los procedimientos tendrán una estructura similar, debido a que en los tres casos mencionados, se partirá de los parámetros de entrada que son: los datos iniciales del problema a resolver, los materiales y equipos necesarios para satisfacer



los datos de entrada y finalmente los recursos de la red actual, siendo necesario en este último parámetro comprobar si estos recursos son suficientes. Como punto final, en el capítulo 7, se describirá el software que se realizó para la generación automática de los procedimientos.





## Capítulo 2

# Marco Teórico

La Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Televisión Satelital, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento; mejor conocida como ETAPA EP, es una empresa que garantiza la prestación eficiente de los servicios de telecomunicaciones, televisión, agua potable, saneamiento y gestión ambiental en la ciudad de Cuenca. La constante necesidad de ETAPA EP de realizar ampliaciones en su red de telecomunicaciones, debido a la gran aceptación de sus servicios, produce la necesidad de desarrollar una normalización para los procesos de ampliación de la red **GPON**, con el objetivo de mejorar la eficiencia operacional en el momento de la ejecución de la ampliación.

En la primera sección de este capítulo se define y se explica el contenido de un procedimiento estándar denominado **SOP**. Un **SOP** conforma una de las capas de la documentación de un *Quality Management System (QMS)* que permite a la empresa la implementación de la norma **ISO 9001**<sup>1</sup>. Seguido a esto se desarrolla una introducción a los conceptos de las redes **GPON** y **MPLS**, estos conceptos permitirán comprender la arquitectura y el funcionamiento de la red de telecomunicaciones con la que trabaja ETAPA EP, la misma que se expone en el capítulo 4.

Finalmente, se define los requerimientos de tráfico de los servicios de inter-

---

<sup>1</sup>ISO 9001: es una norma de sistemas de gestión de calidad reconocida internacionalmente.



net, telefonía y televisión. Conocer el ancho de banda generado por un cliente al contratar estos servicios, permitirá concluir si los equipos y los dispositivos utilizados en la ampliación de la red **GPON** y **MPLS** tienen la capacidad de soportar la cantidad de tráfico generada por los clientes.

## 2.1. Procedimiento Operativo Estandarizado (SOP)

Un **SOP** es un documento que contiene la información paso a paso de cómo y quién va a ejecutar una tarea específica en el lugar de trabajo. Desarrollar un **SOP** para la ejecución de tareas repetitivas, proporciona resultados exitosos y eficientes, cuando éste es aplicado correctamente. Un **SOP** proporciona la información necesaria para que un miembro nuevo o existente lleve a cabo el procedimiento, permitiendo el entrenamiento constante del personal. El **SOP** es la segunda capa de la documentación (ver figura 2.1) dentro de un **QMS** [4]. Un **QMS** es necesario para la aplicación de la norma **ISO 9001**.

### 2.1.1. Beneficios que se obtienen al desarrollar un SOP

Implementar procedimientos estandarizados le permite a una empresa obtener los siguientes impactos positivos:

- Se mejora el desempeño, debido a que las actividades se realizan correctamente, a tiempo, y de la misma manera siempre.
- Existe un aumento de la productividad, ya que las actividades se realizan siguiendo pasos ya establecidos.
- Proporciona información de referencia para el personal nuevo, con las instrucciones que se deben seguir.
- Los empleados conocen que es lo que les compete hacer, de modo que se puede trabajar en equipo de forma cooperativa.

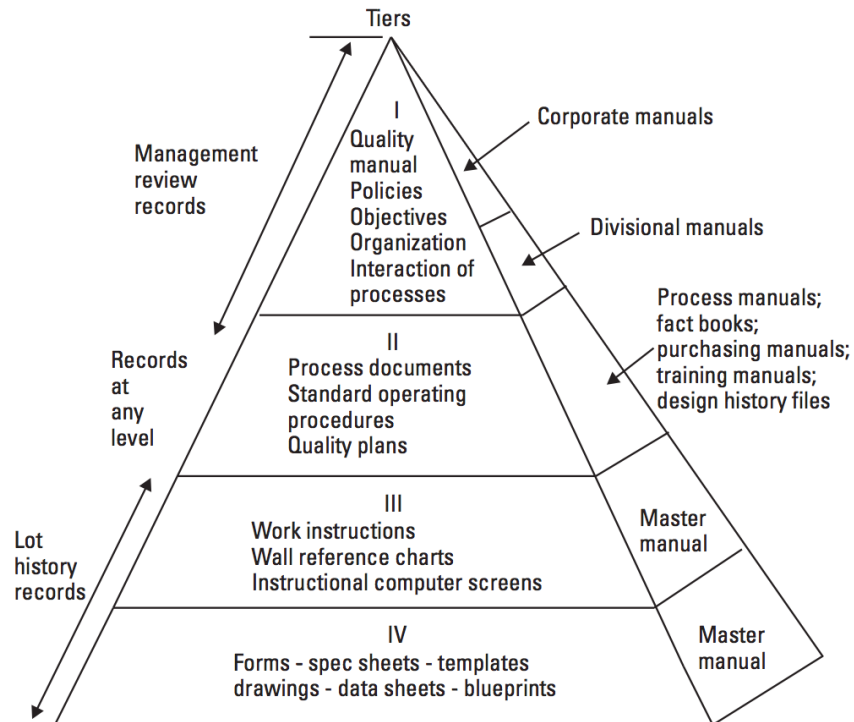


Figura 2.1: Pirámide de cuatro niveles operativos para la aplicación de la norma ISO 9001: 2000 [1].

- Ayuda a mantener la integridad del personal, debido a que se establecen las medidas de seguridad que se deben tomar.
- Se minimizan las pérdidas de la empresa, ya que se optimizan los recursos.
- Fomenta la evaluación periódica de las actividades laborales y de esta manera existe una mejora continua en cómo se realizan los procesos.

### 2.1.2. Formatos de presentación un SOP

Generalmente el contenido de un **SOP** puede presentarse con los siguientes formatos:

**Con un listado de pasos:** son fáciles de entender, y describen tareas cortas, simples y directas.



**Con pasos jerárquicos:** cuando las tareas requieren detalles adicionales o subpasos dentro de una etapa principal.

**Con diagramas de flujo lineales:** ésta es una versión gráfica de los dos formatos anteriores, y es utilizado en actividades que deben desarrollarse en un orden específico.

**Con imágenes descriptivas:** cuando existe la barrera del idioma, este formato es de mucha utilidad, además las imágenes descriptivas reducen la necesidad de explicaciones por escrito de actividades complejas.

**Con diagramas de flujo ramificados:** utilizado para **SOPs** complejos, aquí las decisiones que se toman afectan a los pasos posteriores.

### 2.1.3. Consideraciones para elegir el formato para un SOP

Hay que considerar que el mejor formato para realizar un **SOP** será el formato que transmita de forma fácil y coherente la información de los pasos del procedimiento. A continuación se listan las principales consideraciones que se deben tomar.

**Personas que utilizarán el SOP** El lenguaje utilizado para el desarrollo del procedimiento debe coincidir con el lenguaje utilizado por el personal, es decir, es necesario conocer el tipo de audiencia al que va dirigido el **SOP**. Se debe considerar también las capacidades lingüísticas de la audiencia, en caso de que exista personal con dificultades para entender el lenguaje del **SOP**, si este es el caso, es necesario incluir fotos y diagramas que faciliten en entendimiento.

**Cómo se utilizará el SOP** Un **SOP** puede tener diferentes objetivos, dependiendo de cómo y para qué se va a utilizar, este debe desarrollarse con mayor o menor detalle. Por ejemplo, si el **SOP** está dirigido para personas que están familiarizadas con las actividades que se van a desarrollar, este debe ser corto y ágil, como una lista de verificación. En caso de que





exista personal nuevo, se necesita que el **SOP** tenga una mayor cantidad de detalle explicativo, para que el proceso se ejecute de forma correcta. En conclusión, la cantidad de detalle de un **SOP** debe ajustarse al conocimiento del personal.

#### 2.1.4. Contenido de un SOP

El contenido de un **SOP** varía dependiendo de la actividad y la empresa que lo realiza, pero la estructura típica de un **SOP** consta de los siguientes elementos:

**Encabezado y pie de página:** aparecerá en todas las paginas del documento, e indicará: logotipo de la empresa, nombre de la empresa, nombre del procedimiento, fecha de la versión original, fecha de la revisión, quién escribe el **SOP** y por quién es revisado.

**Objetivo:** expondrá la actividad o actividades que se describen en el **SOP**.

**Alcance:** definirá y describirá las fronteras de la aplicación del procedimiento, por lo que indica qué actividades, personas y áreas afecta.

**Requisito Previos:** se agregará información necesaria antes de continuar con el procedimiento, por ejemplo: hojas de cálculo, documentos, otros procedimientos, etc.

**Referencias:** se incluirá la referencia de los documentos que pueden ser útiles en el desarrollo del procedimiento, como son: normas, códigos, manuales, instructivos u otros procedimientos.

**Responsabilidades:** se identificará al personal que tienen un papel primordial en el **SOP** y se describirán sus responsabilidades. La explicación de éstas responsabilidades debe ser clara, concreta y resumida.

**Definiciones:** se describirán algunos términos utilizados en el procedimiento que podrían inducir a errores o que no sean de uso común.



**Procedimiento paso a paso:** describirá, en orden cronológico, los pasos del procedimiento, incluyendo entre otros: criterios de técnicos y herramientas a utilizar. Esto permite conocer con precisión las acciones que se deben llevar a cabo para finalizarlo con éxito.

**Historial de revisiones:** indicará el número de la revisión del procedimiento, la fecha en la que se ha realizado y las causas del cambio.

**Anexos:** incluirá todos los anexos del procedimiento y los diagramas de flujo que sean necesarios para realizar una descripción sinóptica del desarrollo de las actividades.

### 2.1.5. SOP para ETAPA EP

En la actualidad, en ETAPA EP no existe ningún formato para el desarrollo de un procedimiento, por lo cual, es necesario definir un formato acorde a las necesidades de la empresa. Debido a la complejidad de las actividades que se van a realizar, es conveniente tener un formato de **SOP** jerárquico, que liste los pasos principales con sus respectivos sub-pasos ordenados adecuadamente. Y para que algunas actividades específicas queden claras, será de mucha ayuda la utilización de fotos y diagramas de flujo.

Los **SOPs** propuestos en esta tesis, están dirigidos a ingenieros y técnicos que trabajan con redes de telecomunicaciones, tomando en cuenta este argumento, el lenguaje a utilizarse es en su mayoría técnico. Además, para evitar errores de inexactitud en el proceso de como se ejecutan las tareas, los **SOPs** están realizados conjuntamente con personal de ETAPA EP.



## 2.2. Visión general de las redes de telecomunicaciones

Las empresas que ofrecen servicios de telecomunicaciones como ETAPA EP, están orientándose a utilizar redes convergentes de gran ancho de banda y además basadas en IP. éstas permiten ofrecer más y mejores servicios a costos cada vez más competitivos.

Utilizar la tecnología xDSL puede satisfacer la demanda de ancho de banda, pero no es la mejor opción para comunicaciones a largas distancias. La fibra óptica por el contrario, ofrece un gran ancho de banda a distancias considerables, utilizando arquitecturas que pretenden llegar lo más cerca del usuario, denominadas arquitecturas FTTx.

Existen diferentes formas tecnológicas para ofrecer FTTx, éstas son divididas en dos grandes grupos: PON y *Active Optical Networks* (AON). La arquitectura de red que no requieren de componentes activos<sup>2</sup>, entre el usuario final y la central del operador, se denomina PON, caso contrario se denomina AON.

Esta sección describe los componentes y características de GPON. La Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit fue aprobada en 2003-2004 por *International Telecommunications Union – Telecommunication sector* (ITU-T), y es una estandarización de las redes PON, que fue desarrollada para trabajar a velocidades superiores a 1 Gbit/s.

### 2.2.1. Redes ópticas pasivas o redes PON

PON es una tecnología que está disponible desde los años 90. Con la reducción del precio de la fibra óptica, las empresas de telecomunicaciones buscan llegar lo más cerca posible del usuario, con una mayor calidad y velocidad. Las normas PON en los últimos años han evolucionado y han aparecido los siguientes estándares comerciales:

---

<sup>2</sup>Componentes activos: aquellos que necesitan una fuente de energía externa para funcionar.



***Asynchronous Transfer Mode (ATM) PON o APON:*** Tiene un protocolo de transporte de alta velocidad capaz de ofrecer servicios de hasta 155 *Mbit/s* y permitir el transporte de vídeo, voz y datos por medio de multiplexación a varias velocidades.

***Broadband PON o BPON:*** Es una evolución de *APON*. En cuanto a velocidad, se modificó para admitir tráfico asimétrico: canal descendente a 622 *Mbit/s* y canal ascendente 155 *Mbit/s*, también tráfico simétrico: canal descendente y ascendente 622 *Mbit/s*.

***Ethernet PON o EPON:*** Éste es un estándar del *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)* que no es compatible con *APON/BPON*. Este estándar es exclusivo para Ethernet y tráfico *IP*.

***Gigabit Passive Optical Network: GPON*** está definido por la *ITU-T* en la serie de recomendaciones desde la G.984.1 hasta la G.984.4 las cuales definen a *GPON*: G.984.1 (características generales), G.984.2 (características de la capa de transporte), G.984.3 (especificaciones de la capa de transmisión) y finalmente G.984.4 (interfaz de control y mantenimiento del *ONT*). Para obtener más información revisar la familia de recomendaciones G.984 de la *ITU*.

A continuación, se detallan las características de *GPON*, debido a que es una tecnología que esta siendo utilizada por ETAPA EP.

## 2.2.2. Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit ó red GPON

*GPON*, como en los demás estándares *PON*, cuenta con equipamiento de transmisión activo únicamente en el *OLT* y en el *ONU*, su característica principal es soportar velocidades superiores a 1 *Gbit/s*. *GPON* ha mejorado la compatibilidad en comparación con *APON* y *EPON*, es decir además de transportar Ethernet también puede transportar tráfico *ATM* y *TDM* utilizando un método

de encapsulación denominado *GPON Encapsulation Method (GEM)*. En la figura 2.2 se muestran las arquitecturas: *Fiber to the Home (FTTH)*, *Fiber to the Building (FTTB)* y *Fiber to the Cabinet (FTTCab)*, en la que intervienen estos dispositivos. Un **ONT** es un tipo de **ONU** utilizado en la arquitectura **FTTH**.

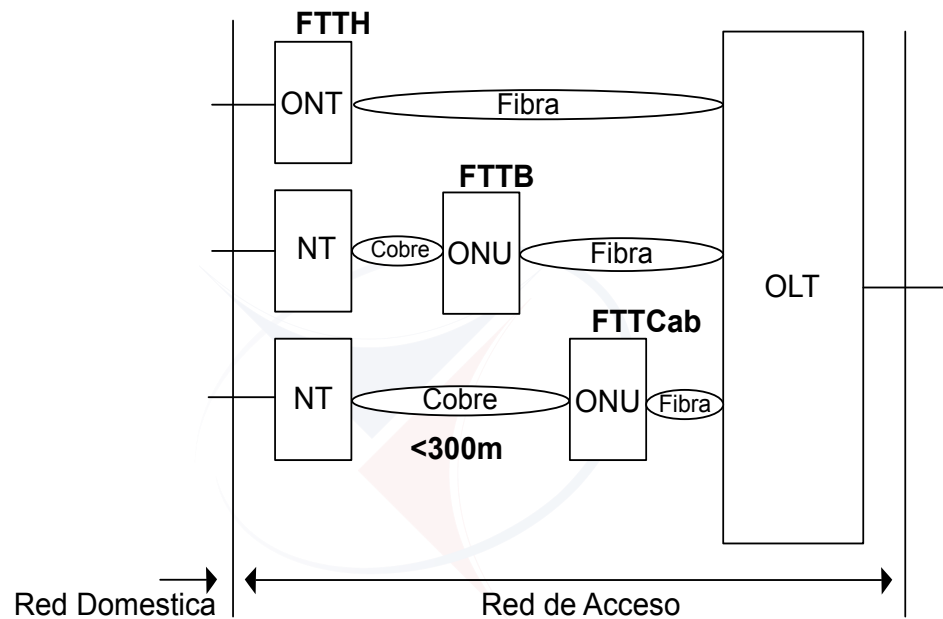


Figura 2.2: Arquitecturas de red FTTx [2].

### 2.2.2.1. Definición de Arquitecturas

A continuación se describen las arquitecturas más utilizadas para llegar el usuario final en el estándar **GPON**.

**FTTH:** En esta arquitectura la fibra óptica llega hasta el hogar. La interconexión entre el abonado y el nodo de distribución puede realizarse con una topología de estrella, la cual provee una o dos fibras dedicadas a cada usuario [5].

**FTTB:** La red de fibra que viene desde la central termina en la entrada de un edificio, ésta termina antes del espacio habitable y converge en un **ONU**.



El usuario se conecta a la ONU mediante un *Network Termination* (NT) a través de cable coaxial o par trenzado [5].

**FTTCab:** En esta arquitectura el punto final de la fibra llega lo más cerca posible a abonado (alrededor de 300 m). El usuario se conecta mediante un NT a una ONU a través de un medio diferente a la fibra óptica [5].

#### 2.2.2.2. Definición de ONU

Es el dispositivo de la red más próximo al usuario final y es el encargado de transformar la señal óptica entrante en señales eléctricas que se distribuyen a los usuarios, esto en cuanto a las señales de *downstream*. Para las señales de *upstream* el ONU es el encargado de convertir las señales eléctricas provenientes de los usuarios en señales ópticas dirigidas a la central. Existen varios tipos de ONU:

**ONT:** este tipo de ONU se encuentra localizado directamente en el predio del abonado.

**ONU de familia simple (*Single-Family* ONU):** es conocido también como *Single-Family Unit* (SFU). Este equipo puede estar dentro o fuera del predio del abonado y tiene la capacidad de dar servicio a uno o varios usuarios por ejemplo dos o tres PCs.

**ONU de múltiples viviendas *Multi-Dwelling Unit* (MDU):** sirve a un número más amplio de suscriptores a comparación del SFU, este podría dar servicio a un conjunto de apartamentos, condominios, urbanizaciones, etc.

**Unidad de pequeños negocios *Small Business Unit* (SBU):** tiene la capacidad de servir a una mayor cantidad de usuarios y cuenta con mayor cantidad de servicios que los ONUs anteriores, por lo general a pequeñas islas de actividad comercial.

### 2.2.2.3. Definición de OLT

Es un equipo que se encuentra en el nodo central de la empresa de servicios y se lo considera como el corazón de una red **PON**, encargado de controlar el tráfico bidireccional<sup>3</sup> de información. Tiene la capacidad de dar servicio a miles de consumidores situados a diferentes distancias de transmisión.

Básicamente las tres funciones principales son: el control de tráfico de los usuarios, la asignación de ancho de banda dinámico a los módulos **ONU** y hacer las veces de enrutador.

En el proceso de *downstream* los **ONUs** son los encargados de decidir qué información es la que se envía a cada usuario, como se muestra en la figura 2.3.

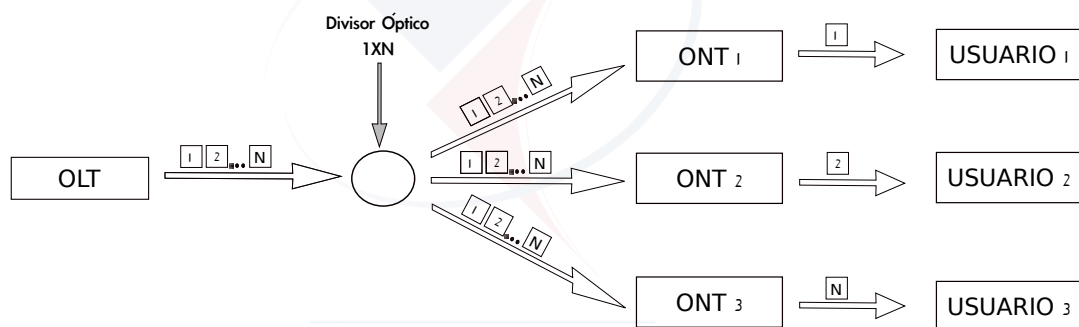


Figura 2.3: Flujo de datos de *downstream*

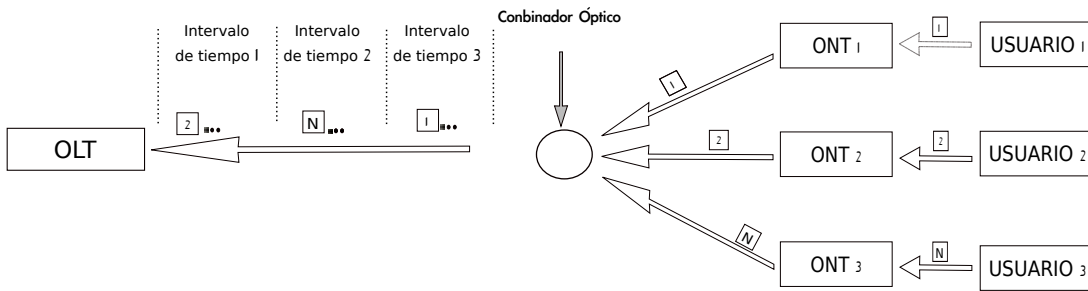
Para el tráfico de *upstream*, con el objetivo de evitar colisiones, cada usuario transmite información dentro de un intervalo específico de tiempo, asignado a una velocidad de datos preestablecido, figura 2.4.

### 2.2.2.4. Splitter

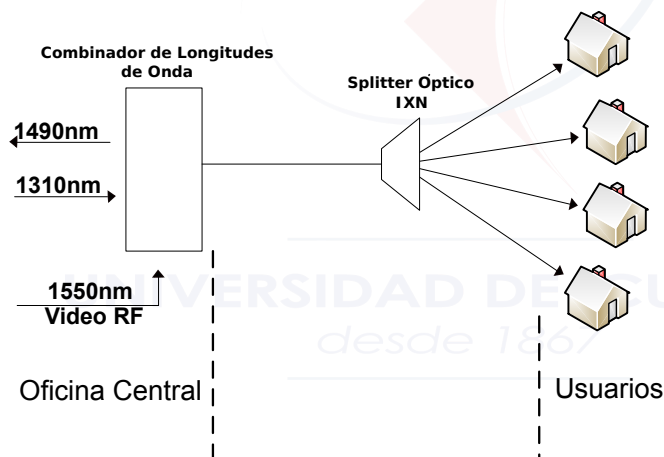
Es un componente pasivo<sup>4</sup> que divide la señal de luz que tiene a su entrada en varias salidas, de esta manera, el tráfico *downstream* originado en la OLT

<sup>3</sup>Tráfico bidireccional: tráfico de datos que viaja en dos direcciones: *upstream* y *downstream*

<sup>4</sup>Componentes pasivos: aquellos que no necesitan una fuente de energía externa para funcionar.

Figura 2.4: Flujo de datos de *upstream*

se distribuye a todos los usuarios. Puede haber una serie de divisores pasivos  $1 \times n$  (donde  $n = \{2, 4, 8, 16, 32, 64\}$ ) utilizados para alcanzar los clientes. Los *splitter* en las redes de fibra óptica, hacen que se obtenga una arquitectura punto a multipunto, algunas veces también denominada topología de árbol. En la figura 2.5 podemos observar la funcionalidad de los *splitter*.

Figura 2.5: Utilización de *Splitter* [3]

### 2.2.2.5. Velocidades de transmisión

**GPON** proporciona velocidades desde  $155 \text{ Mbit/s}$  hasta  $2,5 \text{ Gbit/s}$ , así como la capacidad de soportar tasas de bits asimétricas. Los estándares de **GPON** definen las diferentes velocidades de transmisión tanto de subida (*upstream*) como de bajada (*downstream*) [6]. En el Cuadro 2.1 se muestra las diferentes velocidades



nominales de GPON.

Dirección de la transmisión	Tasa de bits
Downstream	1244,16 <i>Mbit/s</i>
	2488,32 <i>Mbit/s</i>
Upstream	155,52 <i>Mbit/s</i>
	622,08 <i>Mbit/s</i>
	1244,16 <i>Mbit/s</i>
	2488,32 <i>Mbit/s</i>

Cuadro 2.1: Tasa de bits en GPON

Todas éstas combinaciones de velocidades son posibles, pero la mayoría de los proveedores de servicio ofrecen velocidades de 1,2 *Gbit/s* para *upstream* y 2,4 *Gbit/s* para *downstream*.

#### 2.2.2.6. Características de la tecnología GPON

**Longitudes de Onda de Operación:** Una red GPON puede trabajar con dos, tres y cuatro longitudes de onda. La utilización de dos longitudes de onda evita las interferencias entre los contenidos tanto del canal de *downstream* como de *upstream*. [7]. Para transmitir vídeo se utiliza una arquitectura GPON con tres longitudes de onda, como se muestra en la figura 2.6.

En las redes GPON, de cuatro o más longitudes de onda, se utiliza Multiplexación por División de Longitudes de Onda y de Tiempo (*Time Wavelength Division Multiplexing (TWDM)-PON*). En este tipo de redes puede facilitar velocidades simétricas o asimétricas de 2,5 *Gbit/s* ó 10 *Gbit/s* por cada fibra [8].

**Corrección de errores (*Forward Error Correction (FEC)*):** Es una técnica matemática de codificación utilizada en el procesamiento de señales. Permite la corrección de errores en el receptor sin la necesidad de una retransmisión. La corrección de errores hacia adelante o FEC, adiciona redundancia en el flujo de datos transmitidos, con el objetivo de que los errores sean detectados y corregidos en el momento de la recepción. [9].

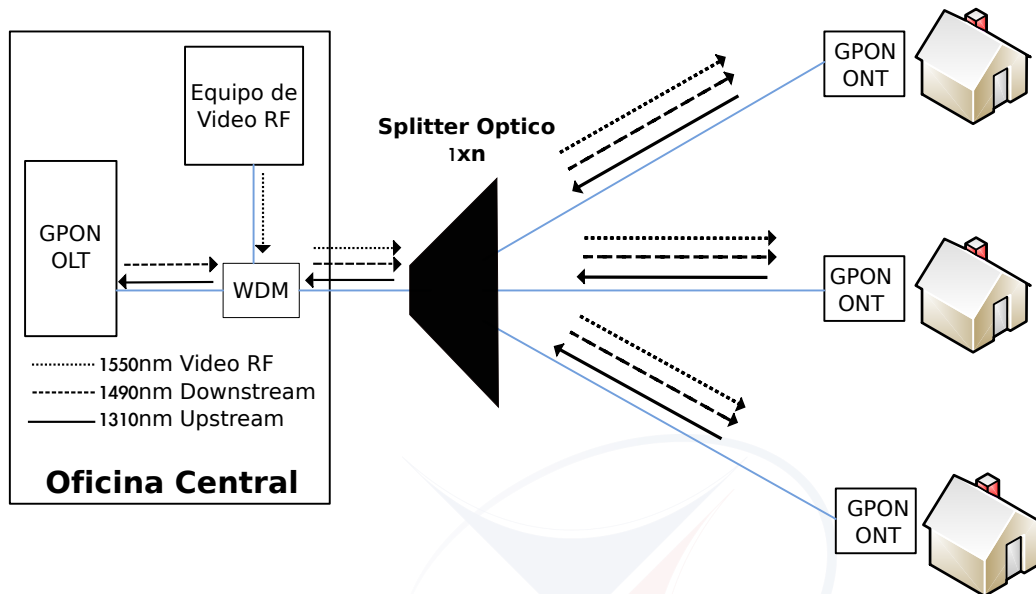


Figura 2.6: GPON de tres longitudes de Onda

### **Dynamic Bandwidth Allocation (DBA) y Contenedores de transmisión:**

Para obtener la máxima utilización del ancho de banda, la OLT lo asigna utilizando un algoritmo [10], permitiendo la asignación rápida del ancho de banda en función del tráfico generado por el cliente. Esta técnica es utilizada para *upstream*.

**Seguridad (ITU G.984.3):** Debido a que en *downstream* el tráfico es difundido para todas las ONU, y por lo tanto todos los usuarios tienen acceso a este tráfico, es necesario encriptarlo en función de una clave de seguridad. Esta clave es diferente para cada usuario, y puede ser cambiada periódicamente sin perturbar el flujo de información. El algoritmo utilizado actualmente para la confidencialidad de la información es *Advanced Encryption Standard (AES)* <sup>5</sup>.

**Protección Redundante:** La entrega de un servicio confiable y de alta calidad,

<sup>5</sup>AES: es un algoritmo de dominio público utilizado en la actualidad, que es rápido tanto en software como en hardware, es relativamente fácil de implementar, y requiere poca memoria. [11]



requiere de una arquitectura de protección redundante. Sin embargo, esta redundancia se considera como un mecanismo opcional, ya que su implementación depende en gran medida del factor económico. Existen dos tipos de protecciones redundantes: cuando se realiza un cambio automático provocado por la detección de fallas (pérdida de la señal, pérdida de la trama, degradación de señal, etc), y cuando existe un cambio forzado activado por eventos administrativos (cambio de ruta de la fibra, sustitución de la fibra, etc).

## 2.3. Visión general de las redes MPLS

Las redes de comunicación se pueden clasificar en dos tipos: redes de conmutación y redes *broadcast*. Las redes de comunicación conmutadas a su vez se pueden clasificar en: redes de conmutación por circuitos (ejm: redes de telefonía antigua) y por paquetes (ejm: redes *IP*, *frame relay*, *ATM* y *MPLS*).

Las redes *broadcast* envían la misma información a todos los usuarios por un mismo canal simultáneamente, este tipo de red no realiza ningún tipo de conmutación y no cuenta con nodos de conmutación, como por ejemplo se tiene: las redes de radio, redes satelitales y redes locales multi-acceso.

Las redes de conmutación por paquetes se clasifican en dos tipos: redes orientadas a la conexión y redes no orientadas a la conexión. En este tipo de redes se puede utilizar dos técnicas: la de datagramas, la cuál no utiliza una ruta definida para el envío de ráfagas de información (ejm: redes *IP*), y la técnica de circuitos virtuales, la cuál establece un canal dedicado virtual para el envío de ráfagas de información, a su vez el medio es compartido por diferentes canales virtuales (ejm: redes *ATM*, *Frame Relay* y *MPLS*). El diagrama conceptual de la clasificación de las redes de comunicación se expone en la figura 2.7.

En este trabajo nos interesamos en la red *MPLS* ya que es utilizada como parte de la red total de ETAPA EP. En esta red se prioriza el tráfico y se entrega *quality of service (QoS)* a diferentes tipos de servicio; ofreciendo de esta manera

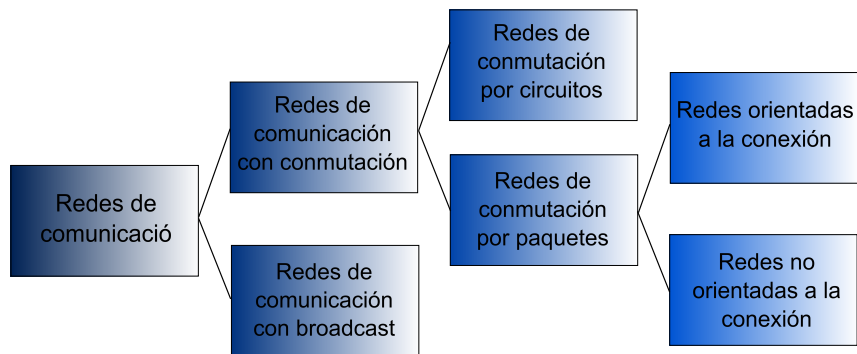


Figura 2.7: Mapa conceptual de redes de conmutación

fiabilidad, calidad y seguridad a la red.

**MPLS** introduce una estructura orientada a la conexión en la que a diferencia de redes **IP**, que utilizan la dirección **IP** destino para enviar paquetes, en esta red lo que se utiliza es una etiqueta que se encuentra en la cabecera. Otros objetivos establecidos al inicio de **MPLS** fueron: mejorar la capacidad de enrutamiento en la capa de red y la flexibilidad en la entrega de servicios de enrutamiento, incrementar el rendimiento implementando ingeniería de tráfico y simplifica la integración de enrutadores y conmutadores basados en tecnologías de celdas.

En general el esquema de **MPLS** estaba basado en conmutación de etiquetas de Cisco (*Cisco's tag switching*), y ésta a su vez inspirada en el esquema de conmutación **IP** con ligeras aproximaciones a la conmutación de paquetes **IP** sobre redes **ATM**. Con respecto a la variación que existe entre **MPLS** y la conmutación de etiquetas de Cisco, tenemos básicamente cambios en la nomenclatura que se utiliza, esto se muestra en el cuadro 2.2.

Básicamente éstas tecnologías tenían una misma funcionalidad respectivamente en cada una de sus redes sin embargo son protocolos diferentes.

Algunas mejoras que presenta **MPLS** en relación a *Cisco's tag switching* son:

**El uso de una infraestructura de red no definida:** esto ya que la idea es etiquetar los paquetes que ingresan basándose en la dirección de destino o algún criterio pre-configurado para así conmutar el tráfico sobre una infraestructura



Terminología de <i>Tag Switching</i>	Terminología de MPLS
<i>Tag switching</i>	MPLS
Tag	Label
TDP – <i>Tag Distribution Protocol</i>	LDP – <i>Label Distribution Protocol</i>
TFIB – <i>Tag Forwarding Information Base</i>	LFIB – <i>Label Forwarding Information Base</i>
TSR – <i>Tag Switching Router</i>	LSR – <i>Label Switching Router</i>
TSC – <i>Tag Switching Controller</i>	LSC – <i>Label Switching Controller</i>
TSP – <i>Tag Switching Path</i>	LSP – <i>Label Switching Path</i>

Cuadro 2.2: Nomenclatura de *Cisco's tag switching* y MPLS

común.

**Redes privadas virtuales punto a punto (*Virtual Private Network (VPN)*):** es una red que emula una red privada sobre una infraestructura común. Esto se logra gracias a que se realiza el enrutamiento con la información de la etiqueta más que con la información de la cabecera IP, permitiendo de esta manera que una etiqueta sirva para distinguir cada una de las redes privadas virtuales.

Por lo tanto, MPLS es una forma para que los *routers*, construyan, en base a etiquetas, un mapa de etiqueta a etiqueta para enrutamiento de datos. Estas etiquetas están “pegadas” a los paquetes IP, permitiendo a los *routers* enviar el tráfico “mirando” la etiqueta y no la dirección IP de destino. Los paquetes se envían por la conmutación de etiquetas.

El lugar que ocupa la etiqueta depende de cada uno de los protocolos, de esta manera tenemos que en IPv6 la etiqueta va en un campo de flujo de etiqueta; sin embargo en IPv4 no existe espacio en la cabecera IP. Si una red IP esta sobre una red *Ethernet*, *token ring* y conexiones punto a punto que trabajan con protocolos de capa de enlace, la etiqueta es encapsulada e insertada entre la cabecera del LLC y la cabecera IP.



### 2.3.1. Arquitectura de MPLS

MPLS está constituido de LSRs y nodos MPLS. Un LSR es un *router IP* que utiliza el protocolo MPLS y este a su vez puede enlazar las etiquetas a los *Forwarding Equivalent Class (FECs)*, enviar paquetes basados en la etiqueta y realizar un envío IP normal. Un nodo MPLS es un LSR, excepto que no necesariamente tiene la capacidad de enviar paquetes basándose en prefijos como es habitual. De esta manera podemos tener los siguientes tres tipos de LSRs.

- **LSRs de Ingreso:** es el encargado de recibir un paquete que no está etiquetado aún, encargado de insertar la etiqueta en el paquete y enviar este en un enlace de datos. También conocido como PE por sus siglas en inglés “*provider edge*”.
- **LSRs de Salida:** recibe un paquete ya etiquetado, remueve la etiqueta y envía éste en un enlace de datos.
- **LSRs intermedios:** reciben un paquete ya etiquetado, realizan una operación en éste, conmutan el paquete y envían el mismo a través de un enlace de datos correcto.

Un conjunto continuo de nodos MPLS que están en el mismo dominio administrativo o de enrutamiento forman un dominio MPLS, en estos dominios los paquetes IP son conmutados por las etiquetas MPLS. Un dominio de este tipo puede estar conectado a un nodo fuera del dominio, el cual puede o no pertenecer a un dominio MPLS.

Como se muestra en la figura 2.8, tenemos básicamente tres dominios, dos de ellos MPLS. El dominio B consta de cinco *router*, dos de los cuales son LSRs (LSR 1 Y LSR 2), los otros tres podrían ser nodos MPLS o también LSRs; para la conexión entre el dominio A y B se tiene el LSR 1 mientras que para interconectar el dominio MPLS B con un dominio que no lo es, se utiliza el LSR 2, a estos dos equipos que interconectan dominios se los llama nodos de borde MPLS.

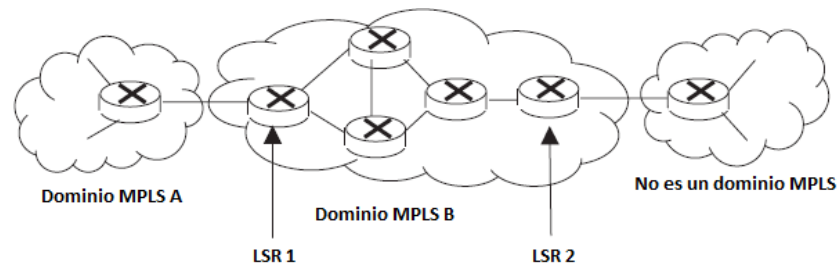


Figura 2.8: Dominios MPLS, LSRs y nodos MPLS

## 2.4. Definición de requisitos de tráfico para múltiples servicios

Los servicios de datos, voz y video tienen requisitos de calidad y características distintas entre todos ellos. Para los servicios de voz y video es necesario un flujo de tráfico no elástico, es decir que los paquetes requieren ser transmitidos en tiempo real y con mucha prioridad, mientras que, para el servicio de datos, el flujo de tráfico que se requiere es elástico, ya que puede tolerar retardos.

### 2.4.1. Servicio de Datos

El ancho de banda requerido para el servicio de datos, va a depender del tipo de usuario al que se quiera proveer el servicio. En general, requiere de anchos de banda bastante elevados. La ventaja de este es la inmunidad al retardo y, aunque puede ser afectado por la pérdida de paquetes, puede recuperarse ante estos efectos. Generalmente para el brindar el servicio de conexión a internet es necesaria una capacidad entre  $512\text{ Kbit/s}$  y  $2\text{ Mbit/s}$  de ancho de banda.

### 2.4.2. Servicio VoIP

El servicio de voz requiere de un ancho de banda bastante reducido, el cual depende del codificador de voz utilizado. Mientras más avanzado sea el codificador menor será el ancho de banda. La pérdida de paquetes puede implicar la pérdida



de información que puede afectar la calidad de información. Los factores más críticos para el servicio de voz es el *delay* y el *jitter* que pueden hacer que se escuchen las palabras mal o que la comunicación sea bastante difícil.

#### 2.4.2.1. Protocolos de señalización

La función de los protocolos de señalización es realizar una gestión de recursos para que se asegure la optimización de la transferencia de la voz de extremo a extremo. Los protocolos más importantes son:

- **H.323**: Este protocolo no garantiza QoS, permite usar más de un canal al mismo tiempo, y además permite que las empresas que lo utilicen puedan agregar sus propias características.
- **Session Initiation Protocol (SIP)**: Carece de madurez y soporte industrial. Sin embargo, debido a su simplicidad, escalabilidad, modularidad y comodidad, es atractivo para uso en arquitecturas VoIP. Su característica principal es la administración dinámica de la sesión entre el host y los *endpoints* [12].
- **Media Gateway Control Protocol (MGCP)**: Integra el control de QoS al *gateway*. Presenta una arquitectura de control de llamada, donde la inteligencia está fuera de las *gateways* y es manejada por elementos de control de llamada externos, conocidos como Agentes de Llamada [13].

#### 2.4.2.2. Codificadores de Voz

Los codificadores de voz cumplen la función de convertir ondas analógicas a información digital. Además de hacer la conversión analógica/digital, el codificador realiza una compresión de datos que permite el ahorro de ancho de banda. En la tabla 2.3 se muestra una tabla comparativa de los codificadores más utilizados. El *Bit Rate* indica la cantidad de información que se envía por segundo y el *Sampling Rate* indica la frecuencia de muestreo de la señal vocal.





Formato	Costo	Tasa de muestreo	Bit Rate	Latencia
G.711	Gratuito	8 kHz	64 kbit/s	= $\mu s$
G.722	Gratuito	16 kHz	64 kbit/s	4 ms
G.723.1	Pagado	8 kHz	5,3, 6,3 kbit/s	37,5 ms
G.726	Gratuito	8 kHz	16, 24, 32, 40 kbit/s	$\mu s$
G.729	Pagado	8 kHz	8 kbit/s	15 ms
GSM	Gratuito	8 kHz	13 kbit/s	20 – 30 ms
iLBC	Gratuito	8 kHz	13,33, 15,20 kbit/s	20 – 30 ms
Speex	Gratuito	8 kHz 16 kHz 32kHz 48 kHz	2,15 – 24,6 kbit/s (NB) 2,15 – 24,6 kbit/s (NB)	30 ms (NB) 34 ms (WB)

Cuadro 2.3: Tabla comparativa de codificadores de voz

En conclusión, para saber la cantidad de tráfico que se va a utilizar, hay que definir que solución técnica se va a tomar para brindar este servicio. El ancho de banda mínimo para brindar este servicio es de alrededor de 64 Kbit/s.

### 2.4.3. Servicio de IPTV

Para dar servicio de IPTV se requieren transmitir grandes volúmenes de datos, y además cumplir ciertas exigencias en cuanto al  *jitter*  y al  *delay* .

#### 2.4.3.1. Unicast y Multicast

Cuando se va a brindar el servicio de IPTV existen dos tipos de tráfico que hay que considerar: el tráfico de TV que es visto por un sólo cliente en un momento dado denominado,  *unicast* , y el tráfico de TV que es visto por varios clientes simultáneamente, denominado  *multicast* .

Con  *multicast* , una sola fuente envía datos a múltiples destinos. Cada canal de televisión abierta tendría un grupo de multi-difusión IP única. La ventaja de  *multicast*  es que ahorra ancho de banda, pero desafortunadamente no hay un



mecanismo de fiable para controlar la pérdida de paquetes.

Por otro lado, para cada sesión **unicast** hay un flujo de contenido independiente en la red para cada usuario, lo que implica que si un cliente utiliza 5 *Mbit/s* de ancho de banda en esta modalidad, se necesitaría de 20 *Mbit/s* para dar este tipo de servicio sólo para cuatro usuarios.

Dependiendo de la calidad del servicio que se requiera entregar, el servicio de **IPTV** necesita en un promedio de 2 *Mbit/s* para una calidad de imagen baja y de 8 *Mbit/s* para tener una imagen de mayor definición.

#### 2.4.4. Resumen de requerimientos de tráfico

En el peor de los casos, ETAPA EP ofertará a sus clientes el servicio de **IPTV** en alta definición, utilizando un ancho de banda máximo de 15 *Mbit/s*, internet de 2 *Mbit/s* y telefonía a 70 *Kbit/s*. En la tabla 2.9, el tráfico para **IPTV** es de 30 *Mbit/s*, debido a que se asume que los clientes pueden requerir el servicio para dos televisores.

RESUMEN DE REQUISITOS DE TRÁFICO				
Ítem	Servicio	Cantidad	Tráfico (Kbit\s)	Tráfico (Mbit\s)
1	Telefonía	1	70	0,07
2	Internet	1	2000	2
3	IPTV	2	30000	30
<b>Total</b>			<b>32070</b>	<b>32,07</b>

Figura 2.9: Requisitos de tráfico.

Entonces, el ancho de banda necesario, para dar los servicios de internet, telefonía y televisión es de 32070 *Kbit/s*, lo que implica que los puertos utilizados para dar estos servicios, deben tener igual o mayor capacidad. La Figura 2.10 muestra un resumen de los anchos de banda necesarios para dar los servicios de datos: **VoIP** e **IPTV**.

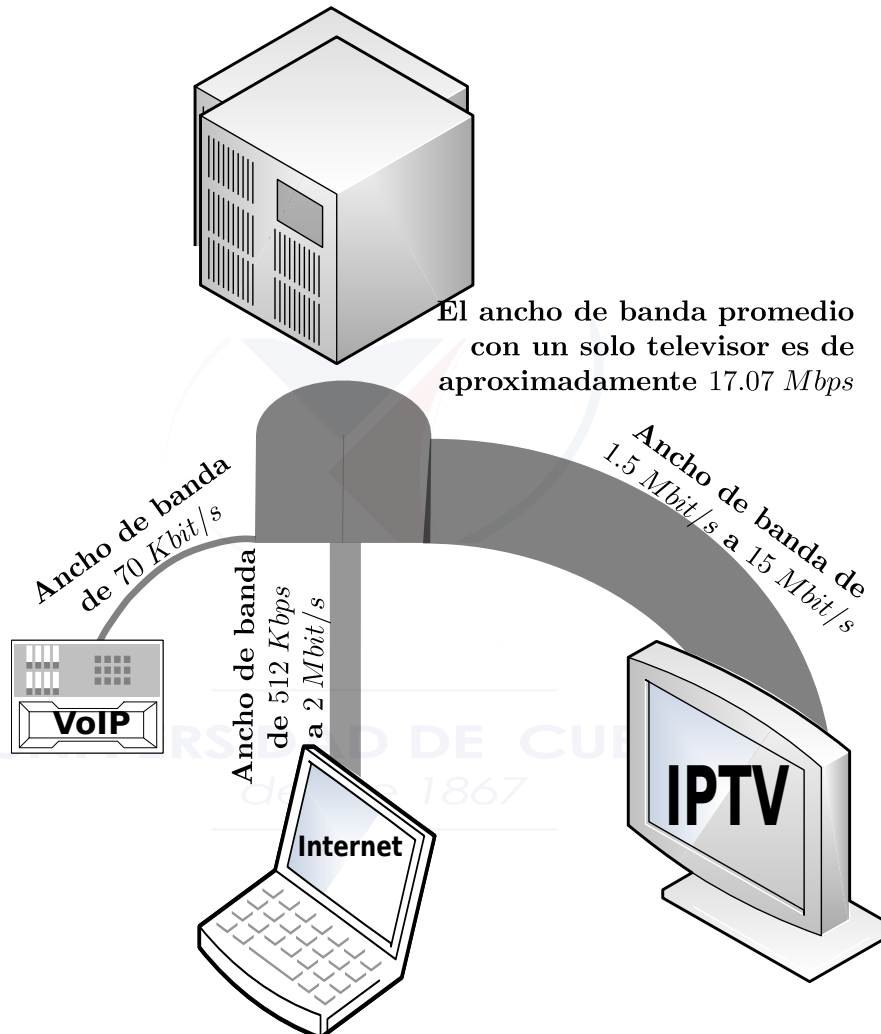


Figura 2.10: Resumen de requisitos de tráfico.



UNIVERSIDAD DE CUENCA  
*desde 1867*



## Capítulo 3

# Estado actual de la red de telecomunicaciones de ETAPA EP

Este capítulo constituye una descripción de la arquitectura de la red de telecomunicaciones de ETAPA EP, que está constituida por dos secciones de red: **MPLS** y **GPON**. Se mencionan todos los equipos utilizados en cada sector de Cuenca, y la disposición de sus tarjetas.

Más adelante, se realiza una especificación de los equipos utilizados en la red, con el objetivo de conocer las características en cuanto a capacidades de tráfico, número de *slots* y puertos. Esto será de utilidad para dimensionamiento de dispositivos, cuando se vayan a desarrollar los **SOPs** para la ampliación de la red. Hay que considerar que estas redes están en constante crecimiento y lo descrito en este capítulo está referido hasta la fecha de realización de esta tesis.

### 3.1. Estado de la red **GPON** en la empresa **ETA-PA EP**

ETAPA EP cuenta con una red **GPON** que presta servicios *doble play* (telefonía e internet) y pensada para que en un futuro pueda prestar servicios *triple play*. Actualmente ETAPA EP tiene instaladas cabeceras (**OLT**) de marca Huawei modelo MA5600T, éstas están distribuidas como se muestra en la figura 3.1.



Figura 3.1: Ubicación de equipos MA5600T en la ciudad de Cuenca.

ETAPA EP tiene 700 **ONTs** modelo HG8245 de marca Huawei para su distribución en la ciudad. El terminal **GPON** HG8245 proporciona dos puertos **POTS**, cuatro puertos Ethernet *Gigabit Ethernet (GE)/Fast Ethernet (FE)* y además WiFi. El HG8245 cuenta con capacidades de reenvío de alto rendimiento para garantizar una excelente experiencia con **VoIP**, Internet y servicios de vídeo de alta definición. Su apariencia se muestra en la figura 3.2.



Figura 3.2: Apariencia de **ONT** HG8245 marca Huawei.

### 3.1.1. Disposición física de tarjetas del **OLT** MA5600T

En los slots 9 y 10 (figura 3.3a), ETAPA EP utiliza la tarjeta de control SCUN (figura 3.3b), esta tarjeta es el núcleo del sistema de control que se comunica con las tarjetas de servicio para la gestión de claves y control de información. Se utilizan dos tarjetas para proveer de redundancia en caso de que una de éstas falle. La tarjeta SCUN admite las siguientes funciones:

- Controla y gestiona el sistema.
- Permite un mantenimiento local y remoto.
- Balancea la carga.
- Canal **GE** o **10GE** a las tarjetas de servicio.
- Monitorea parámetros ambientales.
- Cuenta con cuatro puertos **SFP GE** para transmisión **upstream** o cascada.

En los *slots* de servicios del 1 al 8 y del 11 al 18 (figura 3.4a), ETAPA EP utiliza las tarjetas de acceso óptico GPBH (figura 3.4b). Esta tarjeta de interfaz **OLT** de 8 puertos proporciona servicio de acceso **GPON**.

Los *slots* 19 y 20 (figura 3.5a), son utilizados para los enlaces de **upstream** o enlaces en cascada, se utiliza la tarjeta de interfaz óptica de dos puertos **10GE X1CA** (figura 3.5b). Se incluyen dos por motivos de redundancia.

Para la alimentación de la MA5600T se utiliza la tarjeta de alimentación PRTE (figura 3.6a), en los *slots* 21 y 22 (figura 3.6b), la cual proporciona  $-48V$

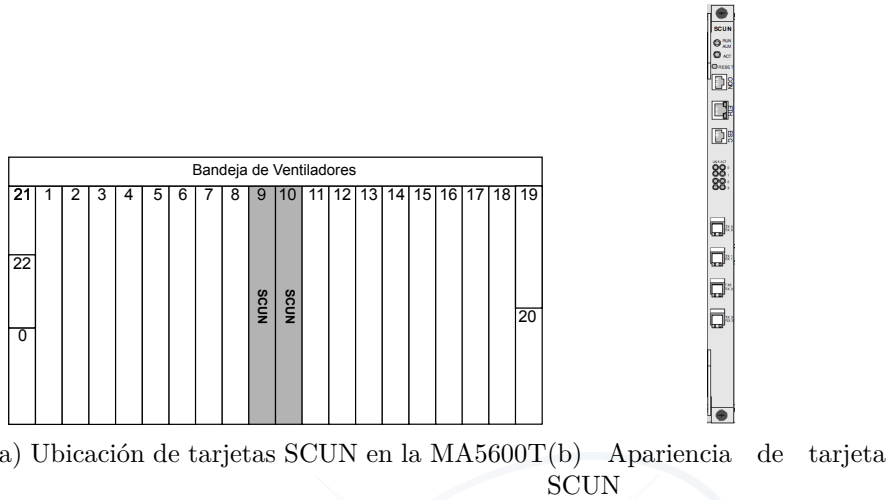


Figura 3.3: Ubicación y apariencia de tarjeta SCUN

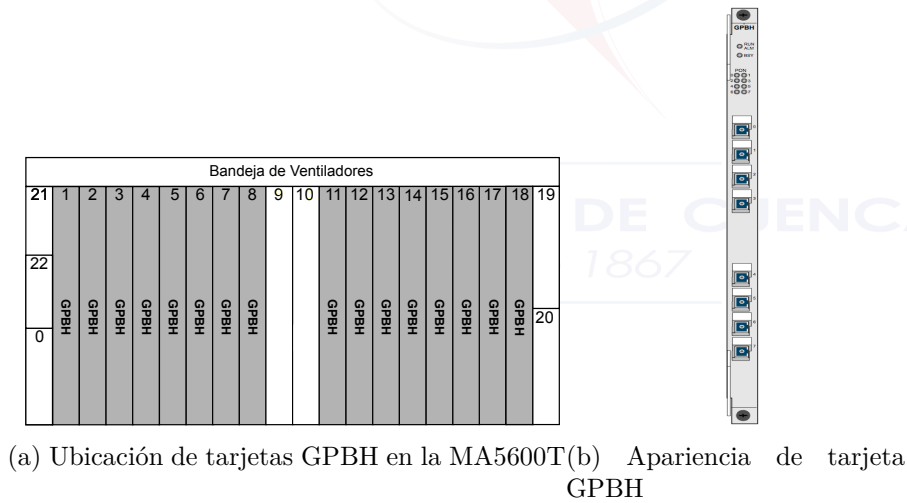


Figura 3.4: Ubicación y apariencia de tarjeta GPBH

de *CC* para el equipo. Se utilizan dos tarjetas para proveer de redundancia en caso de que una de estas falle.



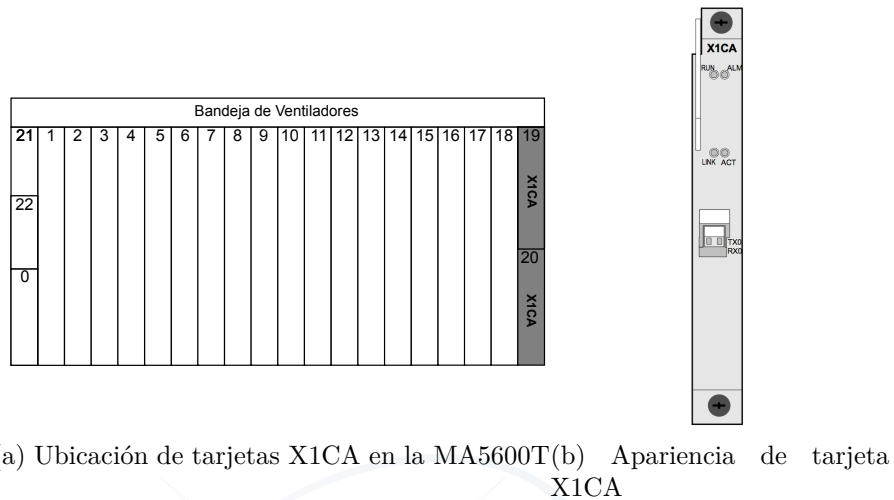


Figura 3.5: Ubicación y apariencia de tarjeta X1CA

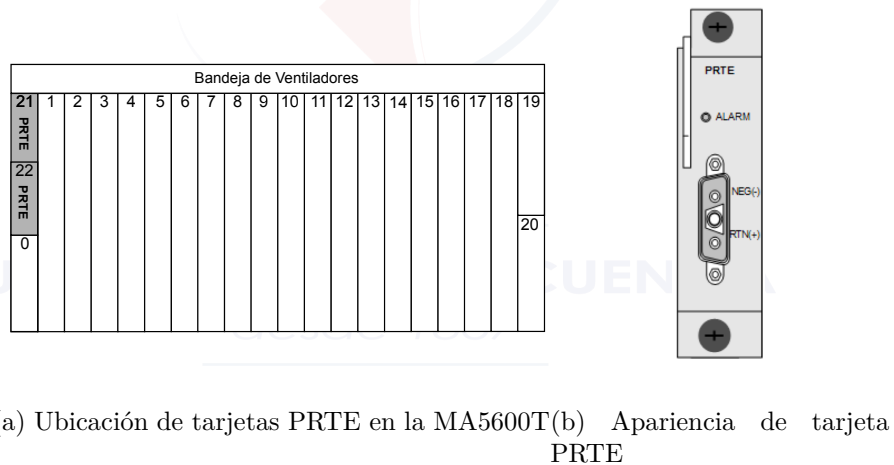


Figura 3.6: Ubicación y apariencia de tarjeta PRTE

### 3.1.2. Módulos ópticos SFP utilizados en la MA5600T

Para los enlaces de [upstream](#) de la tarjeta GICK se utilizan módulos ópticos [GE eSFP-1310nm-1000Base-Lx SM](#), este módulo trabaja en la longitud de onda de los 1310 *nm* con fibra óptica mono-modo, a una distancia máxima de 10 *Km*. Finalmente para las tarjetas de acceso GPBH se utilizan transcep-

tores ópticos **OSG002006**, estos módulos trabajan en la longitud de onda de  $1490\text{ nm}$ (Tx) y  $1310\text{ nm}$ (Rx) con fibra óptica mono-modo, a una distancia máxima de  $20\text{ km}$ . Para mayor información en el apéndice [A.1](#) se expone la definición y características del Equipo MA5600T, y en el apéndice [A.1.3](#) se describe el *hardware*.

## 3.2. Estado actual de la red MPLS en la empresa ETAPA EP

La red IP/MPLS actual de ETAPA EP cuenta con equipos de la marca Huawei y está seccionada en tres segmentos: core-distribución, agregación, y acceso. Teniendo un total de 36 nodos en toda la red; de los cuales cuatro son nodos de core, trece son nodos de agregación y diecinueve son nodos de acceso, a su vez cada uno de ellos está ubicado en diferentes partes de la ciudad. La topología de la red se muestra en la figura [3.7](#).

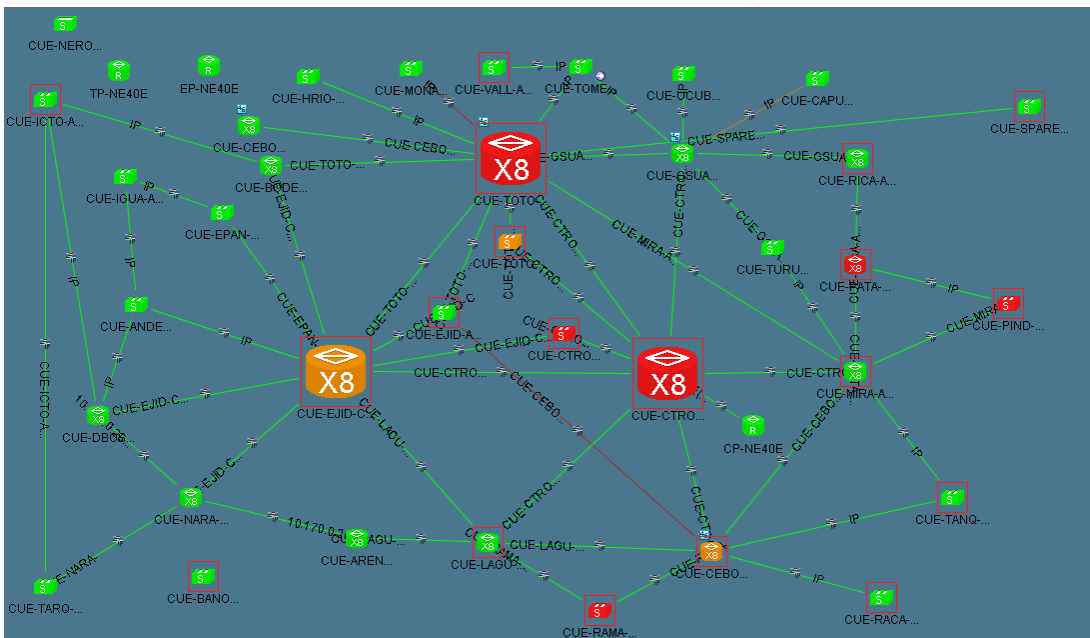


Figura 3.7: Esquema de la topología de la red ETAPA IP/MPLS.



En donde los equipos de la red de core y agregación son equipos NE40Ex8, mientras que para los nodos de acceso se tiene los equipos S9303. En el Apéndice C se expone la ubicación, el segmento al que pertenecen y los equipos utilizados en la red MPLS.

### 3.2.1. Configuraciones y detalles de equipos utilizados

#### 3.2.1.1. Core-Distribución

A continuación se explica la configuración de los nodos de distribución IP/MPLS NE40E-X8, para los nodos Ejido, Centro y Cebollar.

- Dos tarjetas *Switch Routing Unit (SRU)*, para propósitos de redundancia
- Una tarjeta SFU, las tarjetas SFU y SRU trabajan en modo de redundancia 3+1, y balanceo de carga, puesto que cada tarjeta SRU contienen una tarjeta SFU incluida.
- Tarjeta procesadora de vídeo VSUF-10 para manejar funcionalidades de IPTV.
- Una tarjeta LPUF-40 la cual provee dos subranuras, en la cual se colocará una Tarjeta de 2 puertos 10GE, dejando un subslot vacío para futura expansión.
- Una tarjeta LPUI-40 de 40 puertos 10/100/1000 Base-X, esta tarjeta puede ser configurada con transceptores SFP ópticos o eléctricos de acuerdo al número de interfaces requeridas.
- Una tarjeta LPUF-10, con cuatro *sub-slots*. Un *sub-slot* se utiliza para configurar una tarjeta de ocho puertos 10/100/1000 Base-X, esta tarjeta puede ser configurada con transceptores SFP ópticos o eléctricos. En los siguientes dos *sub-slots* se configuran una tarjeta de 24 puertos E1 en cada *sub-slot*. De esta manera se deja un *sub-slot* libre para crecimiento en el equipo.

Las ranuras ocupadas en los equipos NE40E-X8 utilizados en estos nodos, serán como se indica en la figura 3.8.

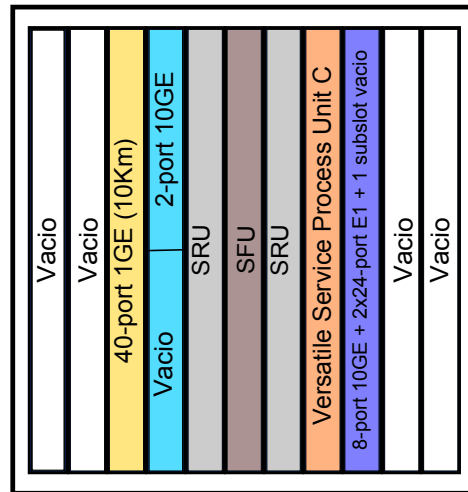


Figura 3.8: Nodo de Core-Distribución NE40E-X8 Ejido y Centro

Para el nodo de distribución de Totoracocha se utiliza un equipo NE40E-X8 con una disposición de tarjetas similar a las utilizadas en los nodos Ejido, Centro y Cebollar; de esta manera este equipo tiene la siguiente configuración:

- Dos tarjetas **SRU**, para propósitos de redundancia.
- Una tarjeta **SFU** que trabaja con las dos tarjetas **SRU** en modo de redundancia 3 + 1 y balanceo de carga.
- Una tarjeta procesadora de vídeo VSUF-10 para manejar funcionalidades de **IPTV**.
- Una tarjeta LPUF-40 cada una de las cuales provee dos sub-ranuras, en la cual se colocará una tarjeta de dos puertos **10GE**, dejando un *sub-slot* vacío para futura expansión.

- Una tarjeta LPUI-40 de 40 puertos 10/100/1000 Base-X, esta tarjeta puede ser configurada con transceptores **SFP** ópticos o eléctricos de acuerdo al número de interfaces requeridas.
- Una tarjeta LPUF-10, con cuatro *sub-slots*. Se utiliza un *sub-slot* para configurar una tarjeta de ocho puertos 10/100/1000 Base-X, esta tarjeta puede ser configurada con transceptores **SFP** ópticos o eléctricos. En los siguientes tres *sub-slots* se configura una tarjeta de 24 puertos E1 en cada sub-slot.

Las ranuras ocupadas en el equipo NE40E-X8 utilizado en este nodo, es como se indica en la figura 3.9.

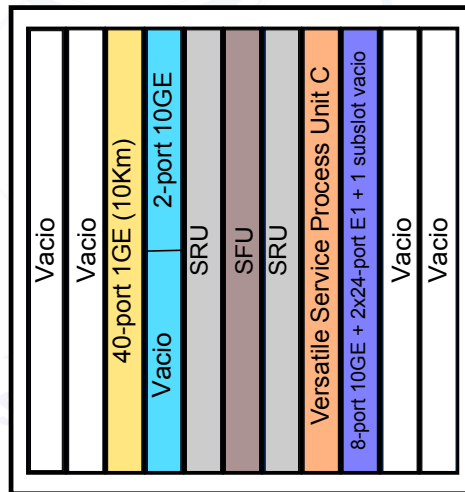


Figura 3.9: Nodo de Core-Distribución NE40E-X8 Totoracocha

### 3.2.1.2. Agregación

La solución a esta sección de la red, está basada en el equipamiento de NE40E-X8. Para los nodos: Arenal, Bodega, Cebollar, Don Bosco, Gonzalez Suarez, Miraflores, Narancay, Patamarca y Ricaurte se aplica la siguiente configuración:

- Dos tarjetas **SRU**, para propósitos de redundancia.



- Una tarjeta **SFU** que trabaja con las dos tarjetas **SRU** en modo de redundancia 3+1 y balanceo de carga.
- Una tarjeta LPUI-40 de 40 puertos 10/100/1000 Base-X, esta tarjeta puede ser configurada con transceptores **SFP** ópticos o eléctricos de acuerdo al número de interfaces requeridas

Para los nodos de agregación: Totoracocha, Centro y Ejido se utilizaron equipos S9312 utilizados como conmutadores de *Data Center*, con la siguiente configuración:

- Dos tarjetas **SRU**, para propósitos de redundancia.
- Se ha configurado una tarjeta 24 puertos 10/100/1000 Base-X, esta tarjeta puede ser configurada con transceptores **SFP** ópticos o eléctricos de acuerdo al número de interfaces requeridas.
- Se ha configurado dos tarjetas de 48 puertos 100M/1000M Ethernet ópticos.
- Dos tarjetas VAMPA.
- Una tarjeta de cuatro puertos 10GE ópticos.

### 3.2.1.3. Acceso

La solución a esta sección de la red, está basada en el equipamiento de S9303. Para los nodos de: Andes, Baños, Capulispamba, Cdls Tomebamba, Dizha, Escuela Panama, Facte, Hospital del Rio, Iguazu, Ictocruz, Monay, Parque Industrial, Racar, Ramada, Tanques, Tarqui, Turuhuaico, Ucubamba y el Valle se tiene que la configuración de los equipos consta de:

- Dos módulos de control principal MCU por motivos de redundancia
- Dos módulos de alimentacion por motivos de redundancia
- Una tarjeta de 24 puertos ópticos Ethernet 100M/1000M



### 3.2.2. Equipos de la red **MPLS** en ETAPA EP

Los componentes que se presentan en la red **MPLS** de la empresa ETAPA EP son básicamente dos, estos son:

- *Routers* de servicio universal NetEngine40E marca Huawei.
- *Quidway S9300 Terabit Routing Switch* marca Huawei.

Cada uno de ellos brinda sus servicios a una parte específica de la red; donde NetEngine40E es un *router* para la red de *core* y distribución, mientras que el S9300 es usado para la red de acceso y distribución en ciertos casos. Para mayor información de las características y arquitectura de estos equipos diríjase al apéndice [A.2](#)

En cuanto a sus características de software tenemos que la familia S9300 utiliza *Versatile Routing Plataforml (VRP)* versión 5 para entregar servicios de software (en el apéndice [B.4](#) se realiza una descripción de las tarjetas soportadas por los equipos de esta familia), consiste de las siguientes partes con tareas específicas que cumplir:

- Plano de sistema de servicio: encargado de manejo de memoria, manejo de tareas y reloj.
- Plano de control general: maneja enlaces, pila de protocolos **IP**, procesamiento de protocolos de enrutamiento y es considerado el corazón de **VRP** versión 5.
- Plano de reenvío de datos: encargado de la retransmisión de datos en el equipo
- Plano de control de servicios: encargado de controlar y manejar el sistema basado en las interfaces del usuario.
- Plano de gestión del sistema: provee interfaces y maneja puertos de entrada/salida, es la base de la gestión y mantenimiento de la red.



UNIVERSIDAD DE CUENCA  
*desde 1867*





## Capítulo 4

# Ampliación de tarjetas en la **OLT** en un nodo existente

En este capítulo se desarrolla el escenario inicial de esta tesis (figura 4.1), se describen los parámetros y el procedimiento utilizado para la ampliación de las tarjetas de acceso óptico GPBH utilizadas por ETAPA EP en el equipo multiplexor MA5600T. La ampliación de estas tarjetas de servicio dependerá de cuatro parámetros: el número de usuarios, la cantidad de tráfico que generan, el nivel de spliteo utilizado y el sector en el que se encuentran los usuarios. Estos parámetros se utilizan para hacer cálculos y para determinar si las tarjetas existentes pueden ser reutilizadas, o es necesaria una ampliación de las mismas.

Inicialmente en este capítulo, se realiza una explicación de cada uno de los parámetros antes mencionados con el objetivo de detallar su importancia en el procedimiento. Seguido a esto, se desarrolla el procedimiento operativo estándar (SOP), para la ampliación de las tarjetas de servicio GPBH.

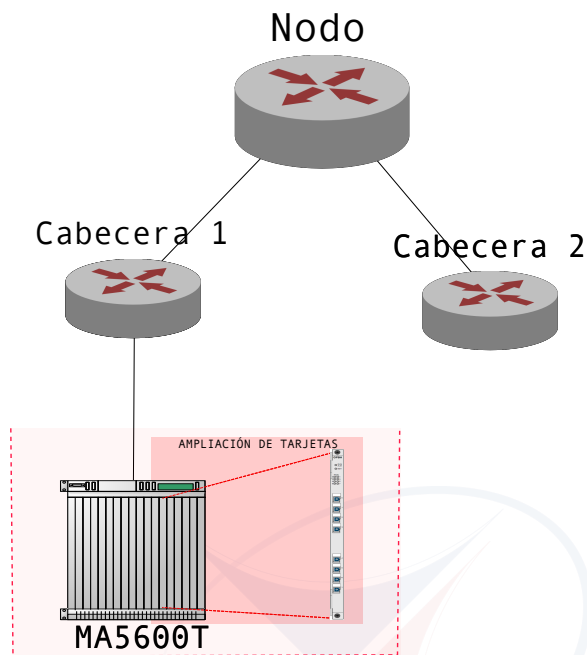


Figura 4.1: Ampliación de tarjetas en la OLT.

#### 4.1. Parámetros a considerar

Para realizar un procedimiento para la ampliación de tarjetas GPBH, es necesario el reconocimiento y descripción de los parámetros iniciales (número de usuarios, cantidad de tráfico, el nivel de spliteo y el sector); estos parámetros de entrada se utilizan para tres finalidades específicas: elegir el nodo que se debe ampliar, la capacidad necesaria, y la cantidad de dispositivos que se van a utilizar.

El sector, es la ubicación de los clientes que permite elegir el nodo para la ampliación; con la cantidad de usuarios y la cantidad de tráfico que genera cada uno de estos, se calcula el ancho de banda que deben soportar los dispositivos. Y finalmente, en función del nivel de spliteo, se calcula el número de puertos, SFPs y tarjetas.

#### 4.1.1. Número de usuarios y tráfico generado

El tráfico generado es directamente proporcional a la cantidad de usuarios y el tipo de servicios que requieran. Conocer la cantidad de usuarios y los servicios que van a utilizar, permite estimar la cantidad de tráfico que debe soportar el puerto de la tarjeta de servicio.

ETAPA EP oferta a sus clientes los servicios de internet, telefonía y en un futuro IPTV. En el mejor de los casos, un cliente va a requerir de los tres servicios, que para funcionar necesitan un ancho de banda promedio de  $32,07\text{Mbit/s}$  aproximadamente.

#### 4.1.2. Nivel de spliteo

Actualmente, la red de fibra óptica de ETAPA EP esta diseñada con dos niveles de spliteo de  $1 \times 8$ , es decir que por cada fibra que proviene del OLT se puede llegar a dar servicio a 64 usuarios, como se muestra en la figura 4.2.

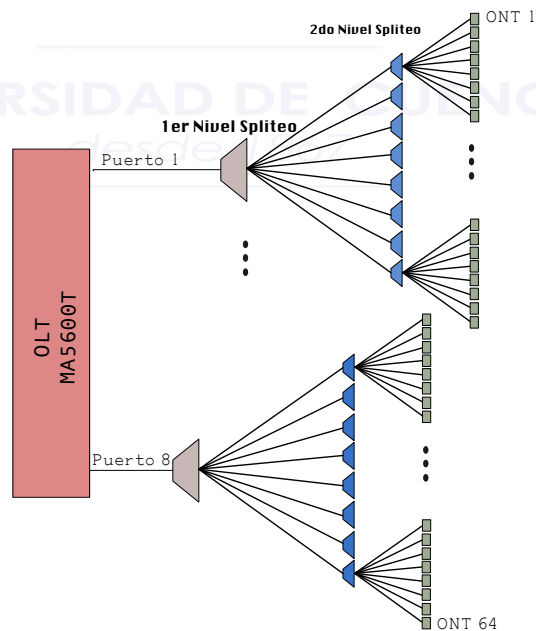


Figura 4.2: Dos niveles de spliteo de  $1 \times 8$ .



Una tarjeta GPBH cuenta con 8 puertos **GPON** que pueden trabajar a 2488 *Mbit/s* [14]. Tomando en cuenta esta consideración, se puede concluir que cada usuario de la red **GPON** puede ocupar un ancho de banda de hasta 38,8 *Mbit/s*. Esta capacidad de ancho de banda se obtiene al dividir 2488 *Mbit/s* entre los 64 usuarios que utilizan el mismo puerto, debido a nivel de spliteo (ecuación (4.1)).

$$\frac{2488 \text{ Mbit/s}}{64 \text{ usuarios}} = 38,8 \text{ Mbit/s} \quad (4.1)$$

### 4.1.3. Sector

Conocer el sector geográfico en el que se encuentran los usuarios, permite definir que nodo **GPON** se va a utilizar para dar los servicios. La elección del nodo también depende de la fibra óptica que se tiene tendida. Como se expuso en la figura 3.1, ETAPA EP cuenta con cabeceras **GPON** en los sectores del Centro, Ejido, Totoracocha, Ricaurte, Lagun y Narancay (figura 3.1). Actualmente la empresa trabaja en un proyecto de ampliación de cabeceras en los sectores de la Ramada, Chaullabamba, Baños, Valle, Miraflores y Zhucay. Lo que permitirá la masificación de la red **GPON** en en cantón Cuenca, para dar mayor cobertura a sus usuarios.

UNIVERSIDAD DE CUENCA  
desde 1867

## 4.2. Dimensionamiento de dispositivos

Uno de los aspectos más importantes que se consideran en el **SOP** para la ampliación de tarjetas de servicio, es el cálculo de los elementos necesarios para la ampliación, entre estos elementos se encuentran: los puertos, los **SFPs** y las tarjetas. El número de usuarios, el tráfico que generan y el nivel de spliteo, son variables claves para calcular el número de dispositivos; los cálculos que se realizan para la obtención de estas cantidades son operaciones matemáticas básicas, que junto a las características de los equipos (cantidad de puertos, cantidad de *slots* y capacidades) expuestas en el capítulo 2, nos permiten obtener el número de elementos para la ampliación.



### 4.2.1. Cálculo de puertos GPON

Como se mencionó con anterioridad, ETAPA EP en su red GPON tiene dos niveles de spliteo de  $1 \times 8$ , es decir, por cada fibra que proviene del OLT, se puede dar servicio a 64 usuarios en el mejor de los casos. De esta manera, para calcular cuantos puertos son necesarios para dar servicio a un determinado número de usuarios, ubicados en un determinado sector; se procede a dividir el número de usuarios entre 64, como se muestra en la ecuación (4.2).

$$N^{\circ}puertos = \frac{N^{\circ}usuarios}{64} \quad (4.2)$$

Por ejemplo, para dar servicio a 1000 usuarios, dividimos 1000 entre 64 y obtenemos 15,62, lo que implica que necesitamos 16 puertos. En caso de que el nivel de spliteo sea otro, se divide en número de usuarios entre el número de terminales que resulte del nivel de spliteo 4.3 (Es necesario aclarar que la tarjeta GPBH puede soportar máximo hasta 128 ONUs por puerto [14])

$$N^{\circ}puertos = \frac{N^{\circ}usuarios}{número\ de\ terminales} \quad (4.3)$$

### 4.2.2. Cálculo de SFPs

La cantidad de SFP que se necesitan para la ampliación, es igual al número de puertos que se van a utilizar. Es decir, si se necesitan 16 puertos también se necesitan 16 SFPs, como se muestra en 4.4.

$$N^{\circ} SFPs = N^{\circ} puertos \quad (4.4)$$

En base a las recomendaciones para la operación de redes de telecomunicaciones, se considera un porcentaje adicional de SFPs. El porcentaje adicional sirve para reemplazar los SFPs que fallen. El cálculo de este porcentaje se realiza en base al histórico de fallas del SFPs.



### 4.2.3. Cálculo Tarjetas

Para el cálculo del número de tarjetas, se necesita conocer con anterioridad la cantidad de puertos necesarios para la ampliación. La tarjeta de acceso óptico GPBH utilizada por ETAPA EP, cuenta con 8 puertos GPON [14], entonces para calcular el número de tarjetas utilizamos la ecuación 4.5.

$$N^{\circ} \text{ Tarjetas} = \frac{N^{\circ} \text{ puertos}}{8} \quad (4.5)$$

Continuando con el ejemplo anterior, si necesitamos 16 puertos para dar servicio a 1000 usuarios, dividimos 16 entre 8 y obtenemos como resultado que necesitamos 2 tarjetas GPBH. Si ETAPA EP opta por utilizar otro tipo de tarjetas, por ejemplo la tarjeta de servicio GPFD que cuenta con 16 puertos GPON [14], para calcular el número de tarjetas se utiliza algo más general como la ecuación 4.6.

$$N^{\circ} \text{ Tarjetas} = \frac{N^{\circ} \text{ puertos}}{N^{\circ} \text{ de puertos } \times \text{ tarjeta}} \quad (4.6)$$

UNIVERSIDAD DE CUENCA  
desde 1867

## 4.3. Revisión de la infraestructura de telecomunicaciones existente

Antes de realizar una ampliación, es fundamental hacer una revisión de la infraestructura existente en el lugar de la ampliación, con el objetivo de reutilizar puertos, SFPs y tarjetas. De esta manera se puede abaratar los costos de la ampliación y al mismo tiempo optimizar la red. Para considerar la infraestructura disponible libre, es decir infraestructura sin utilizar (puertos, SFPs y tarjetas), es importante hacer una revisión de la misma, con el objetivo de descartar elementos dañados.



### 4.3.1. Ubicación de nodo más cercano

Dependiendo de la ubicación de los usuarios, se decide que nodo se va a utilizar para dar los servicios. El nodo tiene que estar lo más cerca posible de los usuarios, y lo más importante, debe existir fibra óptica que provenga del nodo elegido hasta los usuarios a los que se quiere dar el servicio.

### 4.3.2. Verificación de existencia de equipos

Una vez ubicado el nodo que se va a utilizar, se tiene que verificar la existencia del equipo MA5600T. Si en el nodo no existe un MA5600T, primero se aplica el procedimiento explicado en el capítulo 5, cuyo objetivo es la ampliación de un OLT en una cabecera GPON. Si en el nodo existe un equipo multiplexor, entonces se debe proceder a constatar si hay tarjetas existentes con puertos GPON libres en el equipo. Para considerarlos, es necesario comprobar que estos estén operativos, y luego se procede a recalcular el número de puertos. En la ecuación 4.7, el número de puertos necesarios para la ampliación se resta menos el número de puertos GPON disponibles en la OLT.

$$Total\ puertos = N^{\circ}\ de\ puertos\ necesarios - N^{\circ}\ de\ puertos\ disponibles \quad (4.7)$$

Para calcular el total de SFPs, se sigue un procedimiento similar al utilizado para calcular el número total de puertos. En la ecuación (4.8) podemos observar que, de la cantidad de SFP necesarios para la ampliación se restan la cantidad de puertos con SFPs disponibles.

$$Total\ SFPs = N^{\circ}\ de\ SFP\ necesarios - N^{\circ}\ de\ puertos\ con\ SFP\ disponibles \quad (4.8)$$

Debido a que con la ecuación 4.7 se recalcula el número de puertos, también es



necesario recalcular el número de tarjetas, como se muestra en (4.9); esta ecuación es la misma que 4.5, con la diferencia de que en el numerador se considera el total de puertos **recalculados**.

$$Total\ tarjetas = \frac{Total\ puertos}{8} \quad (4.9)$$

Una vez calculada la cantidad de puertos, **SFPs** y tarjetas necesarias para la ampliación, se procede a verificar los **slots** de servicio disponibles en la MA5600T. Si existen un número de **slots** disponibles menor o igual al número de tarjetas necesarias para la ampliación, se procede a la ampliación y se termina con éxito el procedimiento. En caso de que el número de **slots** disponibles es mayor al número de tarjetas necesarias para la ampliación, es necesario aplicar el procedimiento 2 que se describe en el capítulo 5.

#### 4.4. **SOP** para ampliación de tarjetas en la **OLT**

El en anexo E.1, se presenta el **SOP** para la ampliación de tarjetas **GPON** en el equipo multiplexor MA5600T. En este procedimiento se utiliza lenguaje técnico debido a que está orientado al personal técnico que trabajan con redes de telecomunicaciones, y fue realizado en base a los requerimientos del personal de ETAPA EP. El **SOP** propuesto fue revisado y aprobado por el departamento de planificación y nuevas tecnologías de la de ETAPA EP.





## Capítulo 5

# Agregación de un **OLT** en una cabecera **GPON** existente.

Continuando con el desarrollo de procedimientos para la ampliación de la red **GPON** de ETAPA EP, en el presente capítulo describe las consideraciones para el desarrollo de un **SOP** para la ampliación de un **OLT** en una cabecera, este se aplica cuando se necesita un nuevo equipo multiplexor MA5600T en una cabecera **GPON** existente. Inicialmente se definen las circunstancias por las que se necesita poner en operación un nuevo MA5600T; seguido a esto se describen los criterios que se toman en cuenta antes de realizar esta ampliación, y finalmente se realiza el esclarecimiento de los pasos que se consideran para el desarrollo del **SOP**. En la figura 5.1 se observa de manera gráfica la explicación de este procedimiento.

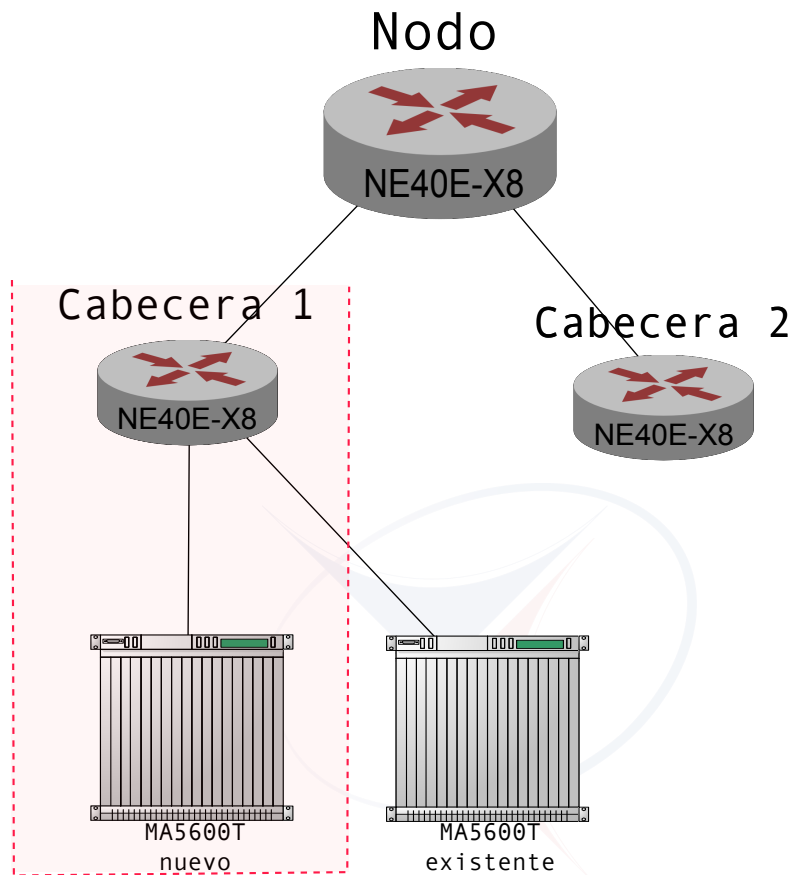


Figura 5.1: Ampliación de una OLT.

## 5.1. Circunstancias para la ampliación de un OLT.

Existen varias razones por la que es necesaria la agregación de un equipo MA5600T. Aunque este equipo es de gran capacidad, tiene limitaciones en cuanto al número de *slots* de servicio, número de puertos y cantidad de tráfico que soporta el equipo y sus enlaces de *upstream*. Según Huawei, fabricante de este equipo multiplexor, puede dar servicio de IPTV hasta 8000 usuarios y 4000 canales *multicast*, es decir, al sobrepasar este límite es necesario que adquiera otro equipo.

El MA5600T tiene la capacidad física de soportar de 16 *slots* de servicio, los mismos pueden soportar tarjetas de varios tipos. Como se mencionó con anterioridad, ETAPA EP utiliza tarjetas de servicio GPBH que cuenta con 8 puertos



GPON, estas tarjetas según las especificaciones del fabricante pueden manejar hasta 128 ONUs por puerto [14], es decir 1024 ONUs por tarjeta, lo que permite llegar a la conclusión de que el equipo a su máxima capacidad podría manejar hasta 1600 ONUs aproximadamente.

Las tarjetas para el enlace de *upstream* X1CA, tienen un puerto *10-gigabit Ethernet (10GE)* de alta densidad con el que se conectan a la red MPLS. Si el tráfico de *upstream* sobrepasa los 10 Gbit/s, por la cantidad de tráfico generado por los usuarios, será necesario aumentar la capacidad de la red adquiriendo un nuevo MA5600T. También, hay que considerar que algunos slots de los equipos MA5600T de la red de ETAPA EP, están siendo utilizados para dar servicio de *Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL)*, lo que implica que gran parte de sus puertos y su capacidad está siendo utilizada para dar este servicio.

## 5.2. Parámetros a considerar.

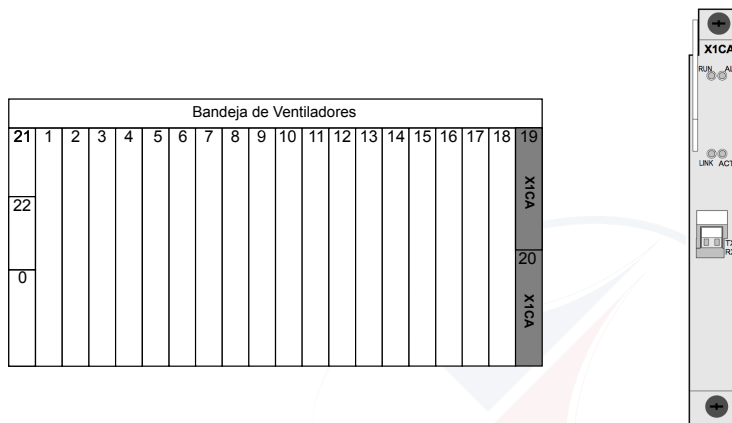
Los parámetros que se deben considerar para la ampliación de un MA5600T, son más críticos que los del capítulo anterior. La cantidad de tráfico generado por los servicios, y la disponibilidad de los puertos de *upstream* y SFPs en el equipo de agregación, son los parámetros más importantes que se deben tener en cuenta.

Un equipo MA5600T se puede conectar a la red MPLS de dos maneras: en cascada mediante otro equipo MA5600T y directamente hacia la red MPLS; debido a que las tarjetas X1CA utilizadas para el enlace de *upstream* cuentan con un solo puerto de 10GE, solo es posible conectarse de forma directa a la red MPLS.

### 5.2.1. Disponibilidad de puertos y SFPs para enlace de *upstream*.

El equipo MA5600T cuenta con dos *slots* (19 y 20) para el enlace de *upstream*, como se muestra en la figura 5.2a. En estos *slots* ETAPA EP utiliza las tarjetas X1CA 5.2b que a su vez cuentan con un puerto 10GE, con estos puertos los

equipos MA5600T se conectan a la red [MPLS](#). Debido a que cuenta con dos [slots](#) para tarjetas de [upstream](#), se puede brindar redundancia para el enlace de upstream.



(a) Ubicación de tarjetas GICK en la MA5600T (b) Apariencia de tarjeta GICK

Figura 5.2: Ubicación y apariencia de tarjeta GICK

Los enlaces de [upstream](#) que provienen de los equipos multiplexores, se conectan a la red [MPLS](#) mediante los equipos de agregación. Para los nodos de agregación, ETAPA EP utiliza los equipos NE40E-X8 (ver figura 5.3), estos equipos disponen de 8 [slots](#) de servicio que soportan distintas tarjetas madres que pueden entregar de 2 a 4 [subslots](#) según su modelo, cada [subslot](#) puede ser configurado con distintos tipos de tarjetas dando de esta manera una gran flexibilidad en su configuración.

Para la ampliación de un MA5600T, es indispensable que existan dos puertos libres en el equipo de agregación de la red [MPLS](#) para propósitos de redundancia. Los dos puertos necesariamente tienen que soportar todo el tráfico que proviene del [OLT](#), debido a que los puertos de [upstream](#) del MA5600T son de [10GE](#), los puertos de los equipos de la red [MPLS](#) también deben ser de [10GE](#) o de mayor capacidad.

Vacío
Vacío
40 puertos 10/100/1000 Base-X
Vacío
2 puertos 10GE
SRU
SFU
SRU
VSUF-10 (iVse)
8 puert GE
24 puert E1
24 puert E1
24 puert E1
Vacío
Vacío

Figura 5.3: Equipo de agregación NE40E-X8.

### 5.2.2. Capacidad de puertos para el enlace de **upstream**.

Como se mencionó anteriormente la tarjeta X1CA utilizada para en enlace de **upstream** cuenta solo con un puerto **10GE**, es decir, cada puerto puede transferir datos a velocidades de hasta 10 *Gbit/s*. La tasa de transferencia de datos de 10 *Gbit/s* es mucho menor a la velocidad que se necesita para manejar el tráfico generado por los usuarios de forma simultánea, por esta razón, para calcular la capacidad del enlace de **upstream**, se debe considerar el nivel de concurrencia de los servicios en base a datos históricos de ETAPA EP y las herramientas de QoS con las que cuenta el equipo multiplexor.

En los siguientes gráficos se muestra el histórico de tráfico de telefonía e internet, obtenido por el monitor de red PRTG utilizado por ETAPA EP, de algunos de los equipos MA5600T con más tráfico en la red de ETAPA EP.

- **Totoracocha:** el pico máximo de tráfico en un día normal es de 159 *Mbit/s*, es decir, esta ocupado el 1,6% del puerto **10GE**(ver figura 5.4 y 5.5).

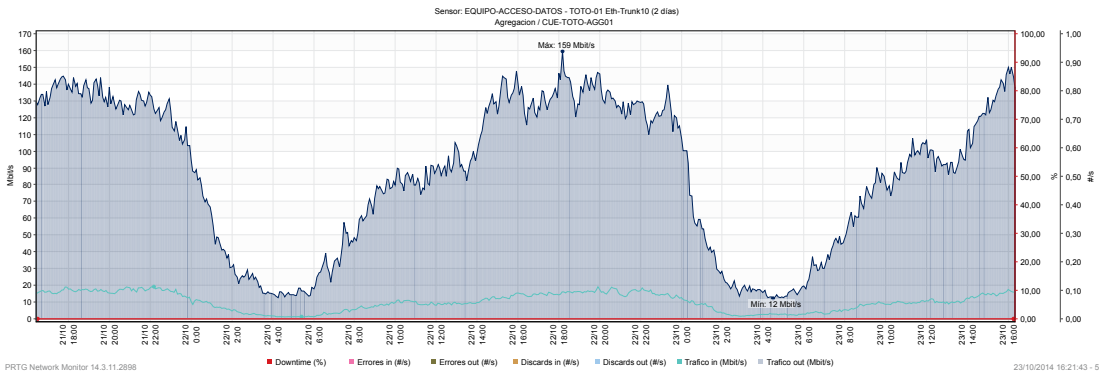


Figura 5.4: Tráfico de Totoracocha en dos días.

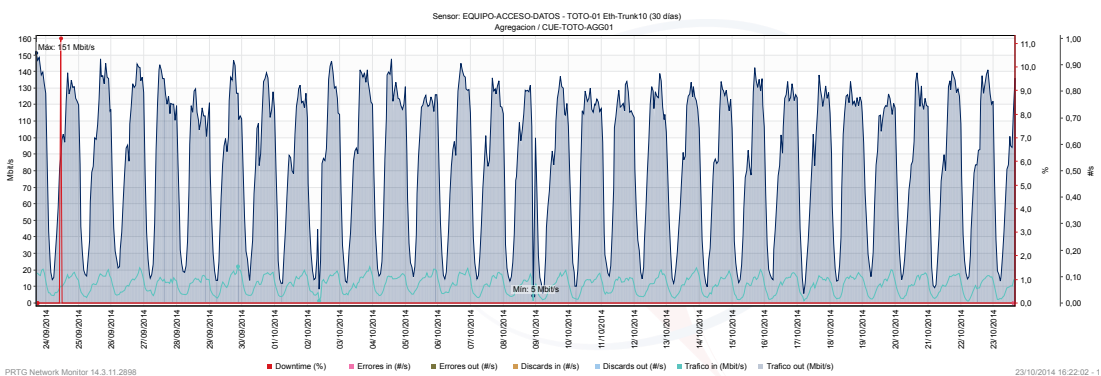


Figura 5.5: Tráfico de Totoracocha en treinta días.

- **Centro:** el pico máximo de tráfico en un día normal es de  $256 \text{ Mbit/s}$ , es decir, esta ocupado el 2,6 % del puerto 10GE (ver figura 5.6 y 5.7).

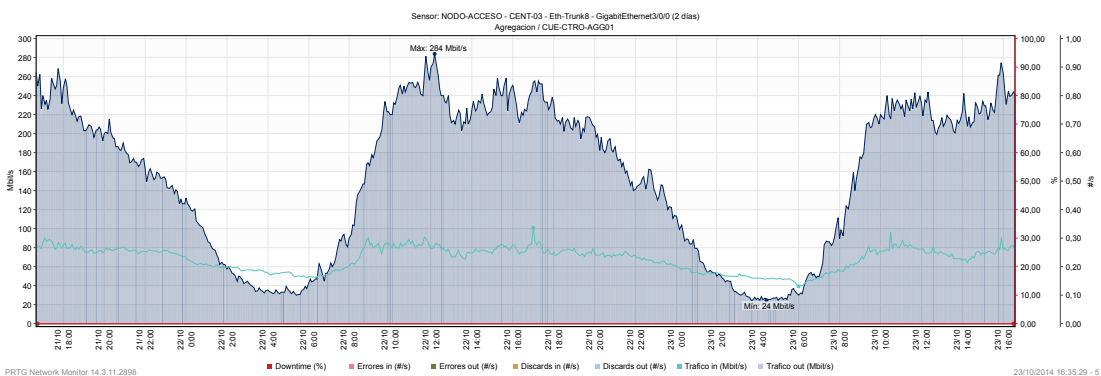


Figura 5.6: Tráfico del sector Centro en dos días.

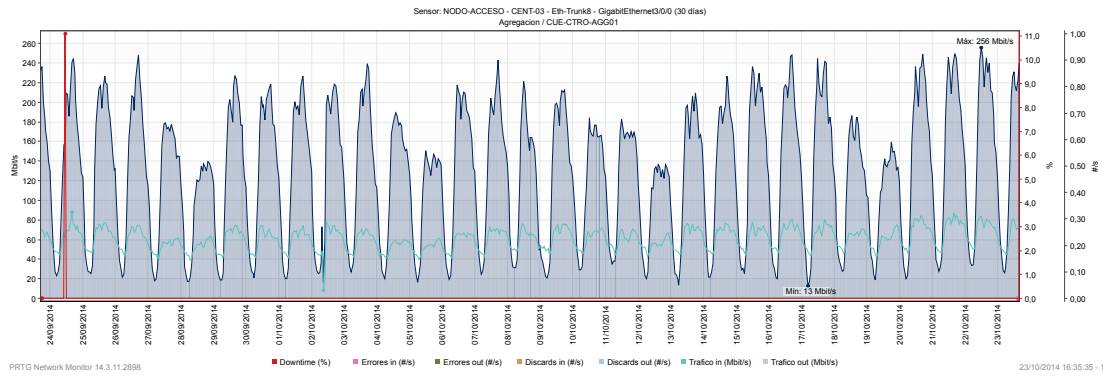


Figura 5.7: Tráfico del sector Centro en treinta días.

- **Arenal:** el pico máximo de tráfico en un día normal es de 192 *Mbit/s*, es decir, esta ocupado el 1,9% del puerto 10GE (ver figura 5.8 y 5.9).

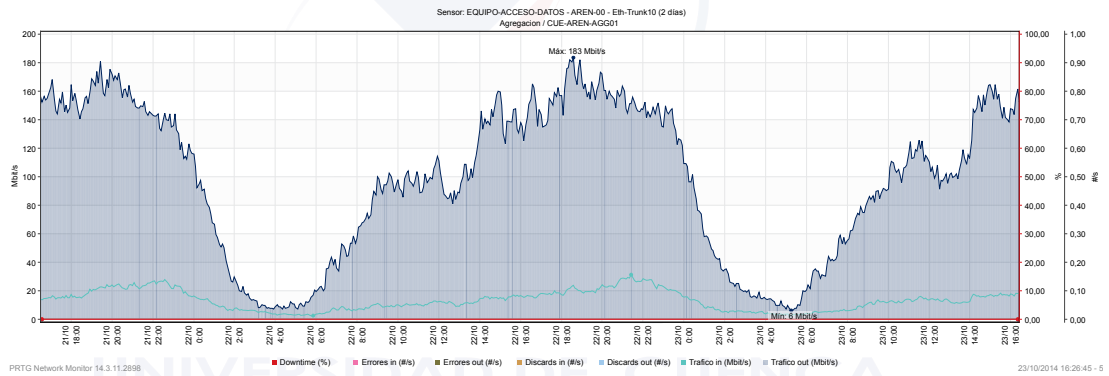


Figura 5.8: Tráfico del sector Arenal en dos días.

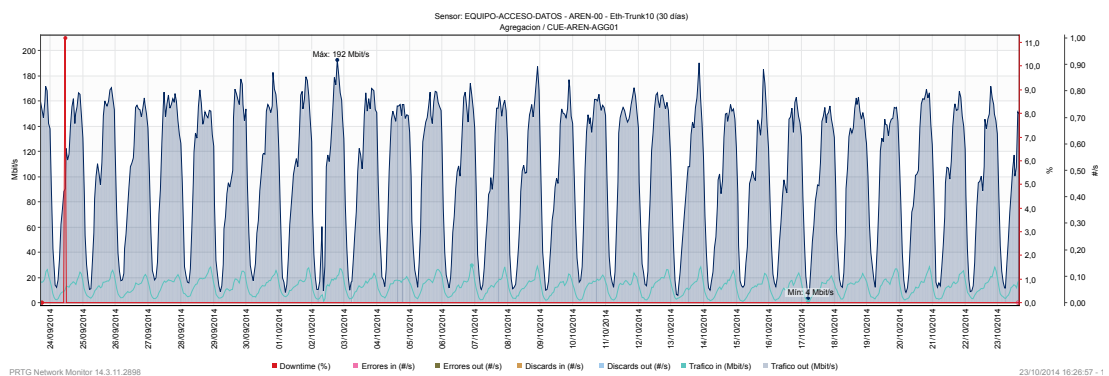


Figura 5.9: Tráfico del sector Arenal en treinta días.

- **Ejido:** el pico máximo de tráfico en un día normal es de 195 *Mbit/s*, es decir, esta ocupado el 2% del puerto 10GE (ver figura 5.10 y 5.11).

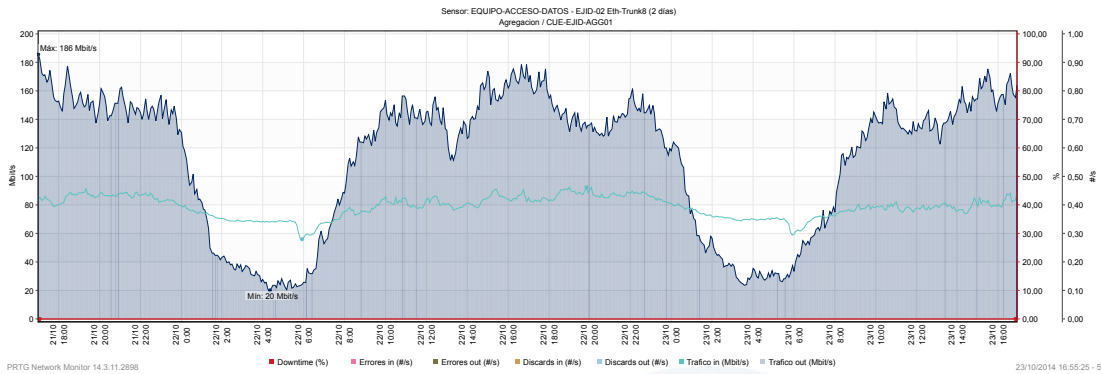


Figura 5.10: Tráfico del sector Ejido en dos días.

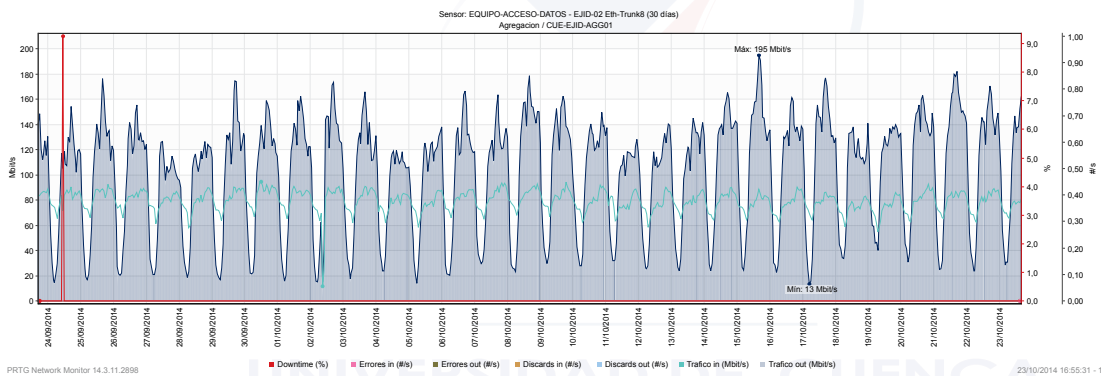


Figura 5.11: Tráfico del sector Ejido en treinta días.

- **Naracay:** el pico máximo de tráfico en un día normal es de 174 *Mbit/s*, es decir, esta ocupado el 1,7% del puerto 10GE (ver figura 5.12 y 5.13).

En base a los datos históricos, se puede observar que los enlaces de [upstream](#) de la tarjeta X1CA están sobredimensionados, se puede llegar a esta conclusión por que los enlaces no se utilizan ni al 5% de su capacidad. Este sobredimensionamiento le permite a ETAPA EP tener la facilidad de adicionar nuevos servicios como [IPTV](#).

Los enlaces de upstream que provenientes de la MA5600T, se conectan a los equipos de agregación en los puertos de [10GE](#) disponibles. Es necesario recalcar



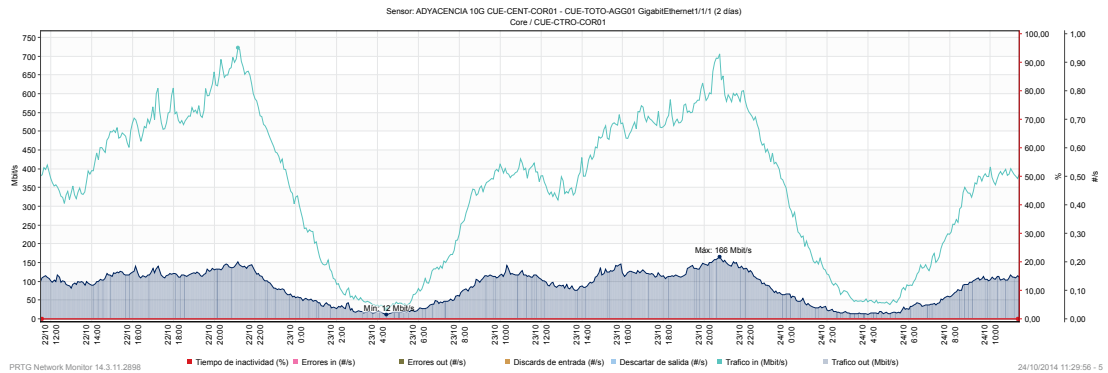


Figura 5.12: Tráfico del sector Narancay en dos días.

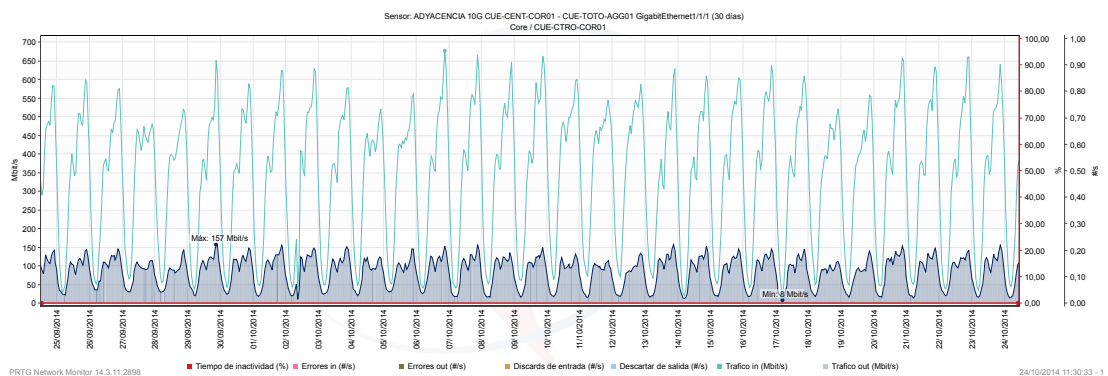


Figura 5.13: Tráfico del sector Narancay en treinta días.

que los puertos a los que se conecta el enlace de **upstream**, tienen que ser puertos **10GE**.

### 5.2.3. Capacidad de los equipos para el enlace de **upstream**.

Los equipos NE40E-X8 tienen una capacidad de conmutación de  $1.44 \text{ Tbit/s}$  y  $800 \text{ Mbit/s}$  para redireccionamiento de paquetes, y además, soportan **slots** de  $40 \text{ Gbit/s}$  de **wirespeed**, lo que permite la creación de redes de alta velocidad y escalabilidad.

Los nodos de agregación según los requerimientos de tráfico de ETAPA EP, deben disponer de al menos  $700 \text{ Gbit/s}$  de capacidad de conmutación y  $200 \text{ Mbit/s}$



de [forwarding](#), esto nos permite concluir en que la capacidad del equipo NE40E-X8 cumple con estos requerimientos y además garantiza el crecimiento en el número de [slots](#).

Finalmente, en el equipo NE40E-X8 en ningún caso, la capacidad total de las interfaces instaladas excede la capacidad de [wirespeed](#) por slot, es decir, no admite sobreescripción <sup>1</sup> de puertos activos. Siendo este el caso, para la ampliación de equipos MA500T solo se necesita constatar si existen puertos con [SFPs](#) libres, debido a que los nodos de agregación están diseñados para manejar todo el tráfico proveniente de los enlaces de [upstream](#), hasta llenar la capacidad física de sus puertos.

#### 5.2.4. Sumatoria de tráfico generado por los servicios.

Debido a la gran capacidad del equipo multiplexor MA5600T, es posible ofertar a los usuarios muchos servicios que a final de cuentas se traduce a tráfico que se debe enviar y recibir por los enlaces de [upstream](#). A medida que se agregan estos servicios, el enlace de [upstream](#) se satura, por lo que es necesario conocer la cantidad de tráfico que estos servicios generan, con el objetivo de conocer si es necesario un nuevo enlace o un enlace con mayor capacidad. El tráfico total del enlace de [upstream](#), tiene que ser considerado para los enlaces aguas arriba (agregación - distribución), para conocer si los enlaces de esa sección, soportan el tráfico que se genera en los equipos multiplexores.

### 5.3. Dimensionamiento de dispositivos.

Los dispositivos necesarios para la ampliación de un [OLT](#) en una cabecera [GPON](#) básicamente son dos: puertos, y [SFPs](#).

---

<sup>1</sup>Sobreescripción: parámetro que determina el rendimiento de la red, básicamente relaciona la capacidad que tenemos disponible en una determinada interfaz del equipo y la capacidad total que podría necesitar gestionar el mismo en el peor de los casos

### 5.3.1. Cálculo de puertos para el enlace de **upstream**.

Por motivos de redundancia, se necesitan de dos puertos **10GE** por cada **OLT** que se vaya a agregar, tanto en el **OLT** como en el nodo de agregación. Debido a que se va a agregar un nuevo **OLT**, y este viene con dos tarjetas GICK para el enlace de **upstream** (por políticas de ETAPA EP), no es necesario calcular el número puertos en la **OLT**. Tomando en cuenta esta última consideración, para la agregación de un **OLT** se necesita únicamente dos puertos disponibles en el equipo NE40-X8 de agregación. Esto se puede ver en la figura 5.14.

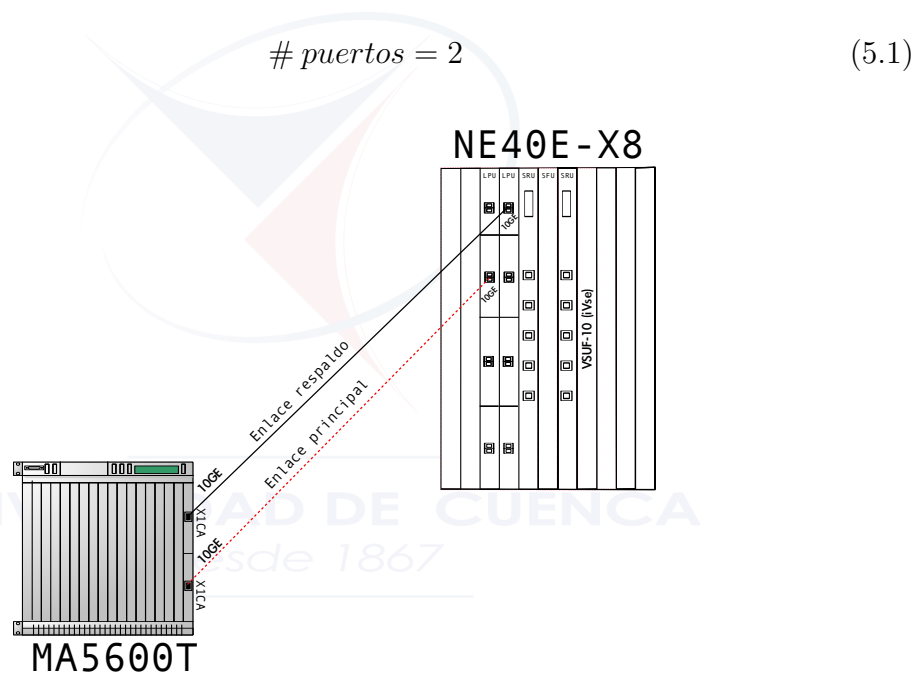


Figura 5.14: Conexión de enlaces de **upstream** del MA5600T .

### 5.3.2. Cálculo de **SFPs** para el enlace de **upstream**.

La cantidad de **SFPs** depende del número de enlaces de **upstream** que se van a realizar. Como se conoce que para los enlaces entre el MA5600T y el nodo de distribución utilizamos dos enlaces, necesitamos cuatro **SFPs**, dos para conectarlos al MA5600T y dos para conectarlos al equipo de distribución.

$$\# \text{ SFPs} = 4 \quad (5.2)$$

Los puertos tanto en los nodos de agregación como en las tarjetas X1CA soportan SFPs eléctricos u ópticos. ETAPA EP utiliza SFPs GE 1000BaseT ópticos, que pueden transmitir una distancia máxima de 100 m (ver figura 5.15).



Figura 5.15: XFP-1310-STM64/FC10G/10GbE/OTU2-10km.

#### 5.4. Revisión de la infraestructura de telecomunicaciones existente.

La revisión del equipo de agregación NE40E-X8, permitirá constatar los puertos, SFPs y tarjetas disponibles para la ampliación. La utilización de los puertos y SFPs sin usar de tarjetas ya instaladas, abarata los costos de la ampliación y al mismo tiempo permite optimizar la red. Antes de considerar la infraestructura existente (puertos, SFPs y tarjetas), es importante hacer una verificación de la misma, con el objetivo de descartar elementos dañados.



#### 5.4.1. Verificación de puertos en el equipo de agregación.

Como se mencionó anteriormente, los enlaces de [upstream](#) que provienen del MA5600T, se conectan al módulo LPUF-40 con dos tarjetas con 2 puertos [10GE](#); la misma que además de servir para la conexión entre la red [GPON](#) y la red [MPLS](#), sirve para conectarse con los equipos NE40E-X8 de los nodos de distribución.

Para conectar un nuevo [OLT](#) al nodo de agregación, es necesario constatar que existen dos puertos libres y en buen estado, en las tarjeta del modulo LPUF-40. Si los puertos de la tarjeta LPUF-40 están ocupados o dañados, será necesaria la adquisición de un nueva tarjeta, en tal caso, debido a que el nodo de agregación cuenta con varios slots libres que fueron pensados para futuro crecimiento, es posible esta expansión .

Si en algún momento los puertos y los [slots](#) del nodo de agregación están completamente llenos, es necesaria la adquisición de un nuevo equipo de agregación, el mismo que deberá conectarse al nodo de distribución mediante sus enlaces de [upstream](#) de gran capacidad. Este procedimiento se detalla en el capítulo 6 de esta tesis.

#### 5.4.2. Verificación de [SFPs](#) en el equipo de agregación.

En el momento de la adquisición de los equipos de red, en algunos puertos de las tarjetas se servicio, se incluyeron varios [SFPs](#) extras que deben ser considerados en el momento de la ampliación, para evitar gastos innecesarios para la empresa. Con esa acotación, si existen dos puertos libres con [SFPs](#) incluidos en una tarjeta LPUI-40 del nodo de agregación, se procede a aprovechar estos puertos. Este mismo análisis se realiza con en equipo multiplexor de donde provienen los enlaces de [upstream](#).

Es necesario mencionar que es imprescindible que exista un porcentaje sobrante de puertos con [SFPs](#) libres en los slots de servicio, con el objetivo de tener un respaldo de puertos que entren a funcionar en caso de los puertos activos fallen.



## 5.5. SOP para ampliación de un OLT en una cabecera GPON.

En el apéndice E se expone un SOP para la ampliación de un OLT en una cabecera GPON existente. Este procedimiento está dirigido a técnicos y contratistas que trabajan con la Red de telecomunicaciones de ETAPA EP. El SOP propuesto fue revisado y puede ser modificado a conveniencia de ETAPA EP.



UNIVERSIDAD DE CUENCA  
*desde 1867*



## Capítulo 6

# Ampliación de un equipo de agregación en la red **MPLS**.

El presente capítulo describe el último escenario para la expansión de la red de telecomunicaciones de ETAPA EP, aquí se describen las consideraciones que deben tomarse para la incorporación de un nuevo equipo de agregación en la red **MPLS** de la empresa. Es necesario poner un nuevo equipo de NE40E-X8 en un nodo de agregación, cuando el equipo existente está saturado (ver figura 6.1), y se incorpora un nuevo nodo de agregación cuando un sector tiene gran demanda de servicios 6.2.

En la primera sección, se realiza una explicación de los escenarios que pueden suscitarse cuando se va a incorporar un nuevo equipo de agregación a la red; más adelante se explican las consideraciones que deben tomarse antes de la ampliación, como la disponibilidad de los puertos y a la capacidad de los equipos. Y finalmente se desarrolla un **SOP** para incorporar un equipo de agregación en la red de ETAPA EP. En las figuras 6.1 y 6.2 se observa de manera gráfica el objetivo de este procedimiento.

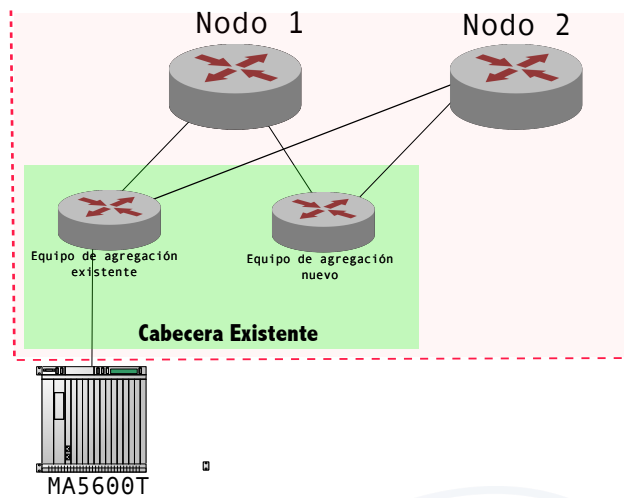


Figura 6.1: Ampliación de equipo de agregación en un nodo existente.

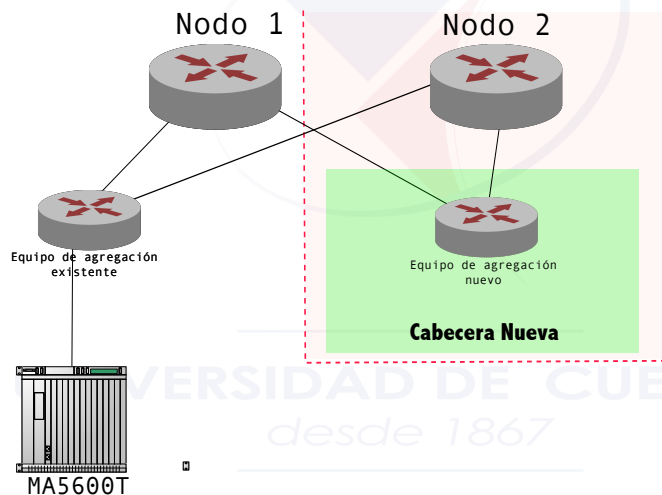


Figura 6.2: Ampliación de equipo de agregación en un nodo nuevo.

## 6.1. Escenarios para la incorporación de un nuevo equipo de agregación.

Existen dos casos que pueden suscitarse cuando se pretende incorporar un nuevo equipo de agregación, el primer caso se da cuando en una cabecera existente el equipo de agregación está saturado ya sea por capacidad de puertos ó tráfico. En el segundo caso no existe un equipo de agregación en la cabecera y debido





a la gran demanda de servicios en el sector es necesaria la incorporación de un equipo de agregación.

### 6.1.1. Equipo de agregación en una cabecera existente.

En ETAPA EP, los equipos de agregación utilizados en las cabeceras, son los routers NE40E-X8; como todo equipo, estos tienen un límite de capacidad. El nodo de agregación NE40E-X8 tiene una capacidad de 1.44 *Tbit/s* de capacidad de conmutación y 800 Mbit/s de capacidad de redireccionamiento de paquetes, además soporta *slots* de hasta 40Gbps de *wirespeed* que soportan tarjetas con puertos 10 GE, 1 GE, etc. En la figura 6.3 se muestra la configuración del router NE40E-X8 utilizado como nodo de agregación, se puede observar que tienen una gran capacidad de crecimiento debido a que tienen varios *slots* vacíos.

Si la capacidad física o de tráfico del router no abastecerá la demanda de los clientes y sus servicios, en este caso es necesario la incorporación de un nuevo router NE40E-X8 que se conectará a los nodos de distribución.

### 6.1.2. Equipo de agregación en una cabecera nueva.

En la actualidad existen nodos de Agregación en los siguientes sitios: Gonzáles Suárez, Bodega, Don Bosco, Narancay, Arenal, Cebollar, Laguna, Miraflores, Catamarca, Ricaurte. Si la demanda de clientes crece en otro sector, es necesario la integración de un equipo de agregación, esto facilitará a ETAPA EP llegar a los clientes, debido a que el tendido de fibra se realizará para enlaces más cortos; además, esto permitirá que los nodos de agregación existentes no se saturen y se puedan dar más servicios a los abonados del sector.

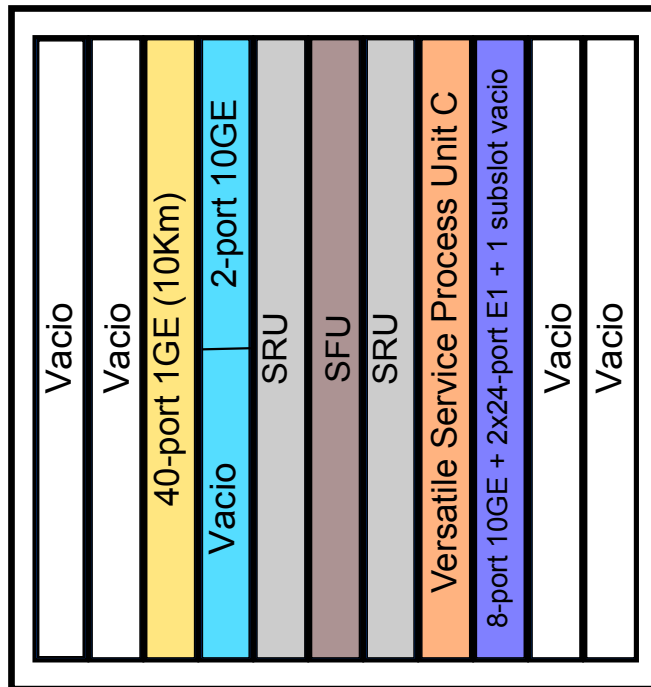


Figura 6.3: Configuración inicial de los nodo de Agregación

## 6.2. Consideraciones previas a la ampliación.

Para poner en operación un equipo de agregación NE40E-X8, se consideran dos parámetros: la cantidad de tráfico que se va a generar en el enlace de *upstream*, y la disponibilidad de puertos de 10GE en los nodos de distribución. Un equipo NE40E-X8 se puede conectar al nodo de distribución de dos formas: en cascada con otro NE40E-X8 y directamente hacia el nodo de distribución. Por políticas de ETAPA EP para tener alta redundancia, los equipos de agregación se conectan directamente a los dos nodos de distribución.

### 6.2.1. Disponibilidad de puertos para enlace de *upstream*.

Como se mencionó con anterioridad, en la red de telecomunicaciones de ETA-PA EP los equipos de agregación y distribución son los mismo. Para el enlace de *upstream*, según las políticas de la empresa, se necesitan dos puertos en el equipo de agregación y dos puertos en los equipos de distribución (uno en cada nodo de distribución). Debido a que el equipo de agregación es nuevo, lo más crítico es encontrar puertos libres en los equipos de distribución (esto se puede ver en la figura 6.4).

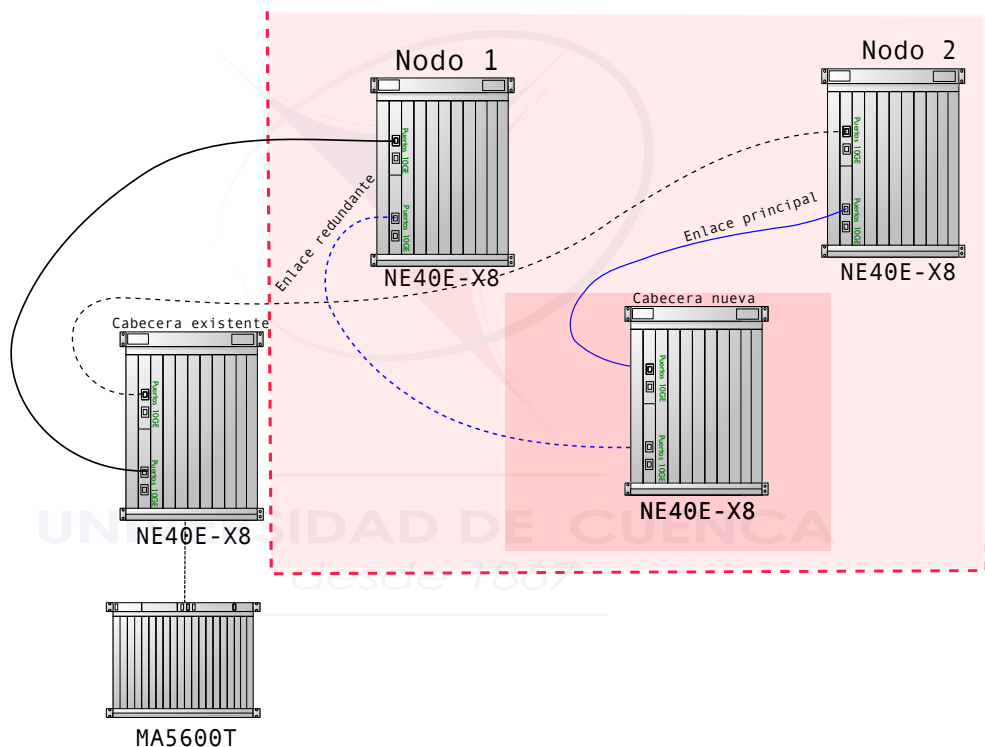


Figura 6.4: Configuración de puertos para incorporar un nuevo equipo de agregación.

### 6.2.2. Capacidad de puertos para el enlace de *upstream*.

La interconexión del nuevo equipo de agregación y los nodos de distribución, se realiza mediante puertos con velocidad de 10 *Gbit/s* ya sean ópticos o eléctricos.



En base a datos históricos de tráfico de los enlaces de upstream de equipos de agregación existentes, el puerto de 10 *Gbit/s* tiene la capacidad suficiente para transportar el tráfico generado en el NE40E-X8, y además, con este enlace es posible adicionar más servicios debido a su gran capacidad.

En los gráficos del apéndice D, se expone el estado de los enlaces de *upstream* de los equipos de agregación en horas picos; estos datos fueron obtenidos en el PRTG utilizado por ETAPA EP. El resumen de los datos históricos se muestra en la figura 6.5.

Ubicación del equipo de agregación	Ubicación del equipo de core-distribución	Tafico in (Mbit\ś)	Tafico out (Mbit\ś)	Total trafico (Mbit\ś)	Utilización del puertos 10GE
CENTRO	CENTRO	1840	1240	3080	30,80%
TOTORACOCHA		680	157	837	8,37%
LAGUNA		25	707	732	7,32%
MIRAFLORES		23	660	683	6,83%
GSUA		140	653	793	7,93%
CEBOLLAR		130	393	523	5,23%
EJIDO	EJIDO	200	1185	1385	13,85%
CENTRO		500	339	839	8,39%
LAGUNA		180	572	752	7,52%
DBOS		31	126	157	1,57%
NARANCAY		180	1293	1473	14,73%
BODEGA		45	248	293	2,93%
TOTORACOCHA	TOTORACOCHA	1260	1903	3163	31,63%
EJIDO		55	239	294	2,94%
GSUA		125	697	822	8,22%
MIRAFLORES		175	927	1102	11,02%

Figura 6.5: Historial de tráfico promedio de enlaces Agregación - Distribución

Como se puede observar en el gráfico 6.5, el tráfico en las horas pico, no sobrepasa la velocidad de 10 *Gbit/s*.

### 6.2.3. Límite de capacidad del enlace de *upstream*.

Es importante considerar la capacidad máxima de los enlaces que existen entre el equipo de agregación NE40E-X8 y los nodos de distribución. Cuando se agrega un nuevo equipo MA5600T, este genera tráfico que debe salir hacia los nodos de

distribución mediante su enlace de upstream; al agregar varios equipos, la sumatoria del tráfico que se genera en cada uno de los *OLT* (equipos MA5600T), no debe exceder la capacidad máxima del enlace de *upstream* del equipo de agregación. En la figura 6.6 podemos observar varios equipos MA5600T conectados a dos equipos de agregación y estos a su vez están conectados a los nodos de distribución. En ambos casos la sumatoria de los enlaces de *upstream* no sobrepasa los 10 *Gbit/s* de velocidad que es la capacidad del puerto, por lo que la configuración es correcta.

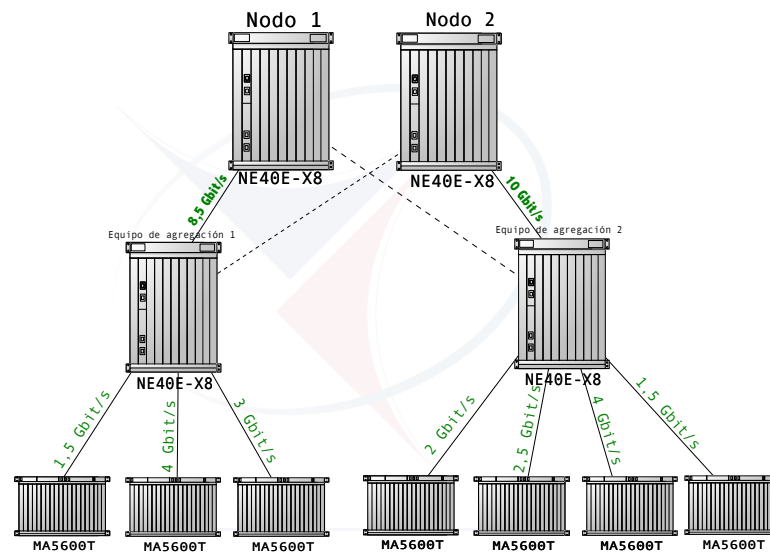


Figura 6.6: Capacidad del enlace de *upstream* correcto .

En la figura 6.7, la sumatoria de los enlaces de upstream de los equipos MA5600T sobrepasan en límite de capacidad del puerto de *upstream* del equipo de agregación, por lo que disponer los equipos de esta forma traería problemas. La solución más práctica para este caso es agregar un nuevo enlace de *upstream*, con su respectivo enlace redundante, entre el equipo de agregación y el nodo de distribución, de tal modo que soporte todo el tráfico que se genera en los *OLT*.

Utilizar el enlace redundante también puede solucionar esta eventualidad; en tal caso, es necesario que se haga un balanceo de carga entre el enlace principal y el enlace redundante, como se muestra en la figura 6.8. Aquí, el tráfico generado por los *OLTs* pasa por el enlace principal y el enlace redundante según como

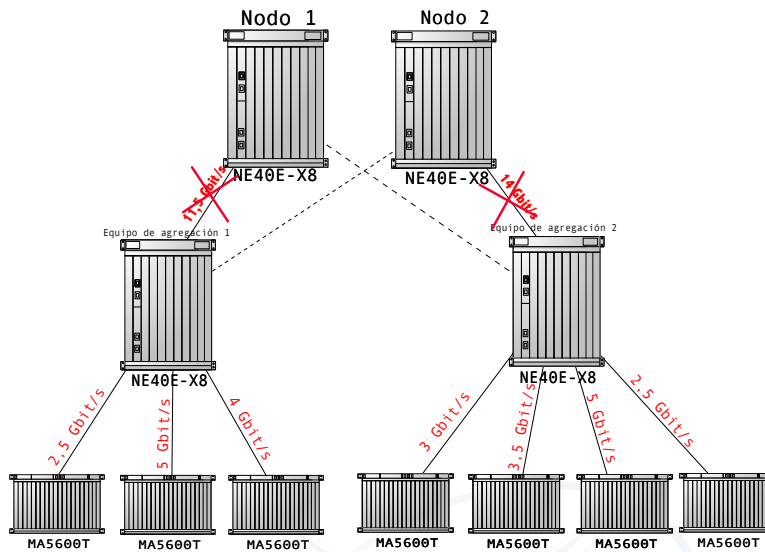


Figura 6.7: Capacidad del enlace de *upstream* incorrecto.

se configure el router NE40E-X8. El problema de esta solución alternativa, se produce cuando uno de estos dos enlace falla y todo el tráfico tiene que pasar por el enlace activo.

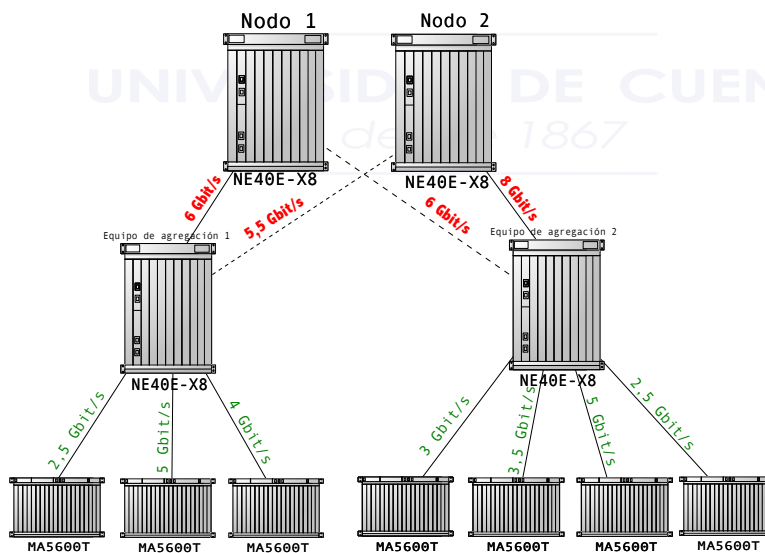


Figura 6.8: Balanceo de carga para no exceder el límite de enlace de *upstream*.



### 6.3. Dimensionamiento de dispositivos.

El número de dispositivos para la ampliación en este escenario depende del nivel de redundancia que requiere la empresa y la arquitectura de la red, ETAPA EP tiene dos routers NE40E-X8 que funcionan como nodos de distribución a los que se deben conectar todos los equipos de agregación (equipos NE40E-X8).

#### 6.3.1. Número de puertos para el enlace de *upstream*.

Para agregar un nuevo equipo de agregación se necesita dos puertos 10GE en los nodos de distribución, uno en cada nodo. En el equipo de agregación, también se necesita dos puertos 10GE de preferencia en tarjetas distintas, para tener alta redundancia; pero debido a que es un equipo nuevo, no es necesario considerar este número puertos. Esto se puede ver en la figura 6.9.

$$\# \text{ puertos} = 2 \tag{6.1}$$

#### 6.3.2. Cálculo de SFPs para el enlace de *upstream*.

Como se explico en la sección anterior, se necesitan dos enlaces de *upstream* para conectar el nuevo equipo de agregación, por lo que se concluye en que se necesita cuatro SFPs, dos para conectarlos al equipo de agregación y dos para conectarlos al los nodo de distribución, uno en cada nodo. Debido a que los puertos son de 10GE se necesitan SFPs ópticos o eléctricos que soporten esta capacidad.

$$\# \text{ SFPs} = 4 \tag{6.2}$$

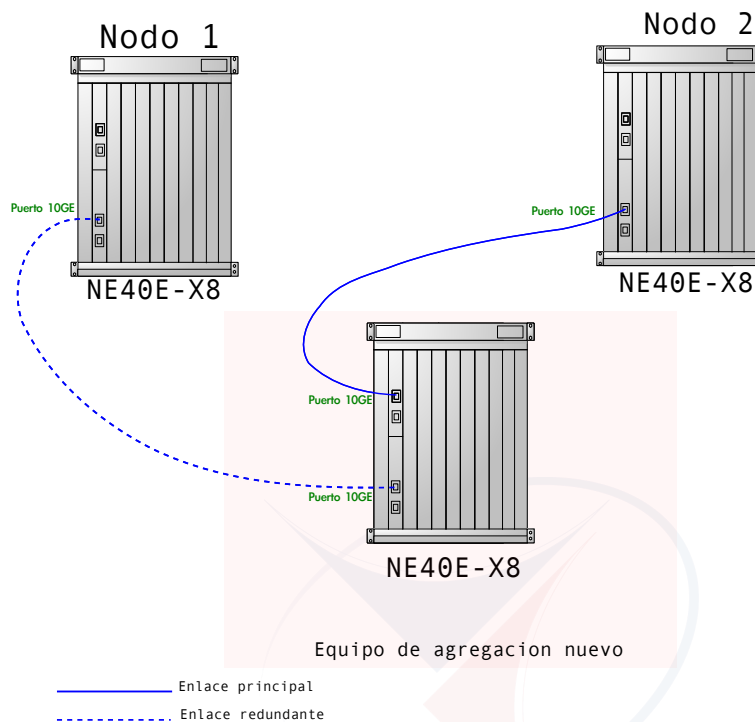


Figura 6.9: Número de puertos necesarios para incorporar nuevo equipo de agregación.

## 6.4. Revisión de la infraestructura de telecomunicaciones existente.

Antes de presentar una lista de dispositivos que se necesitan para la ampliación, es necesario considerar los dispositivos existentes para reutilizarlos. Como en escenarios anteriores, la revisión de la infraestructura de telecomunicaciones existente permite abaratar los costos de la ampliación, y al mismo tiempo permite optimizar la red. Es necesario mencionar que para considerar la infraestructura existente (puertos, SFPs y tarjetas), es importante hacer una verificación de la misma, con el objetivo de descartar elementos dañados. Para este escenario, se constatan los equipos a los que se van a conectar los equipos de agregación, es decir, los nodos de distribución.





### 6.4.1. Verificación de puertos en el nodo de agregación.

Para conectar un nuevo equipo de agregación a los nodos de distribución, se constata que exista un puerto libre y en buen estado en cada nodo de distribución, con una capacidad de 10GE. En caso de no existan puertos libres, será necesaria la adquisición de un nueva tarjeta con puertos que tengan estas características; en tal caso, debido a que el nodo de agregación cuenta con varios *slots* libres que fueron pensados para futuro crecimiento, es posible esta expansión.

En el caso de que los puertos y los *slots* del nodo de distribución estén completamente llenos, es necesaria la adquisición de un nuevo equipo de distribución, el mismo que deberá conectarse en cascada al nodo de distribución saturado.

### 6.4.2. Verificación de SFPs en el nodo de agregación.

Si existen un puerto libre de 10GE con SFPs en cada nodo de distribución, se procede a aprovechar estos puertos para la ampliación. Es necesario mencionar que es imprescindible que exista un porcentaje de puertos con SFPs libres, esto con el objetivo de tener un respaldo de puertos que entren a funcionar en caso de los puertos activos fallen.

## 6.5. SOP para incorporación de un nuevo de equipo de agregación.

En el anexo E se expone un SOP tentativo para la ampliación de un equipo de agregación. Este procedimiento esta dirigido a técnicos y contratistas que trabajan con la Red de telecomunicaciones de ETAPA EP.

El SOP propuesto fué revisado y puede ser modificado a conveniencia de ETAPA EP.



UNIVERSIDAD DE CUENCA  
*desde 1867*



## Capítulo 7

# *Software* para la ampliación de la red **GPON** de ETAPA EP

En este capítulo, se realiza una descripción del *software* que fue implementado con el objetivo de facilitar el proceso de expansión de la red de telecomunicaciones de ETAPA EP. Este fue desarrollado en el lenguaje de programación Java, en el entorno de desarrollo integrado NetBeans, y además utiliza *MySQL*<sup>1</sup> para el almacenamiento de los parámetros pertinentes relacionados con una red. Inicialmente se realiza una descripción del sistema con diagramas UML que ayudarán a comprender el comportamiento del sistema y la interacción entre sus actores. Y luego se expone un manual en el que se muestra todas las funcionalidades y características del sistema implementado.

### 7.1. Descripción del *software*

El sistema desarrollado, está orientado para técnicos que trabajan en el área de planificación de ETAPA EP, su función principal es realizar el cálculo de los elementos que se necesitan para una ampliación en la red de **GPON**. En la figura 7.1, se realiza una explicación de manera gráfica de las principales funciones del

---

<sup>1</sup>MySQL: es un sistema de gestión de bases de datos

sistema.

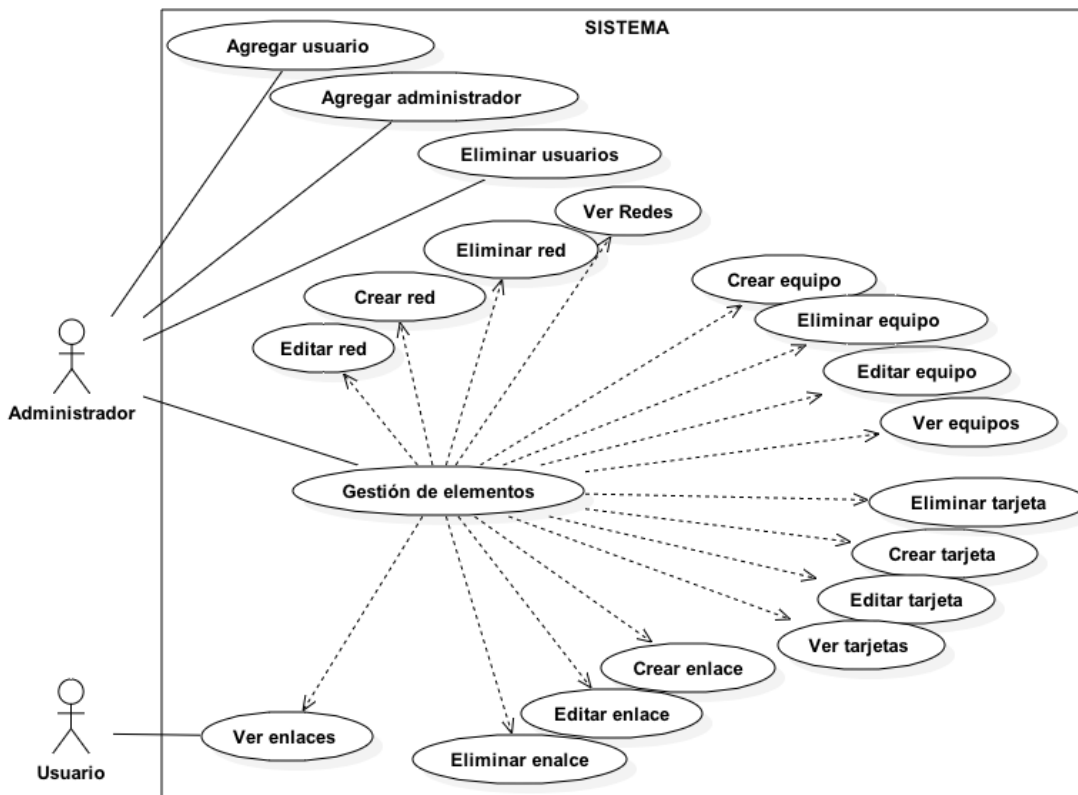


Figura 7.1: Diagrama de funcionalidad del sistema.

En el sistema van a existir dos actores: el administrador del sistema, que es el encargado de agregar nuevos usuarios y gestionar el sistema; y por otra parte, el usuario normal, que tiene acceso únicamente a los enlaces creados entre equipos de la red.

En lo concerniente a la gestión del sistema, el administrador tiene la capacidad de crear elementos de red como: equipos, tarjetas, xs, etc., que luego pueden ser utilizados en las redes que se vayan creando. Como este sistema fue diseñado para ayudar en el proceso de planificación de la red de ETAPA EP, tiene la capacidad de calcular los elementos necesarios para ampliaciones de la red **GPON**, tomando en cuenta consideraciones como disponibilidad de los puertos en los equipos y las capacidades de los enlaces.

## 7.2. Estructura de programación

Para la programación del *software*, se utilizó una arquitectura basada en tres capas (ver figura 7.2): capa de datos, capa de negocio y capa de presentación. La utilización de estas capas permite llevar a cabo varios niveles de programación, de tal forma que si es necesario hacer una cambio solo se edita el nivel requerido.

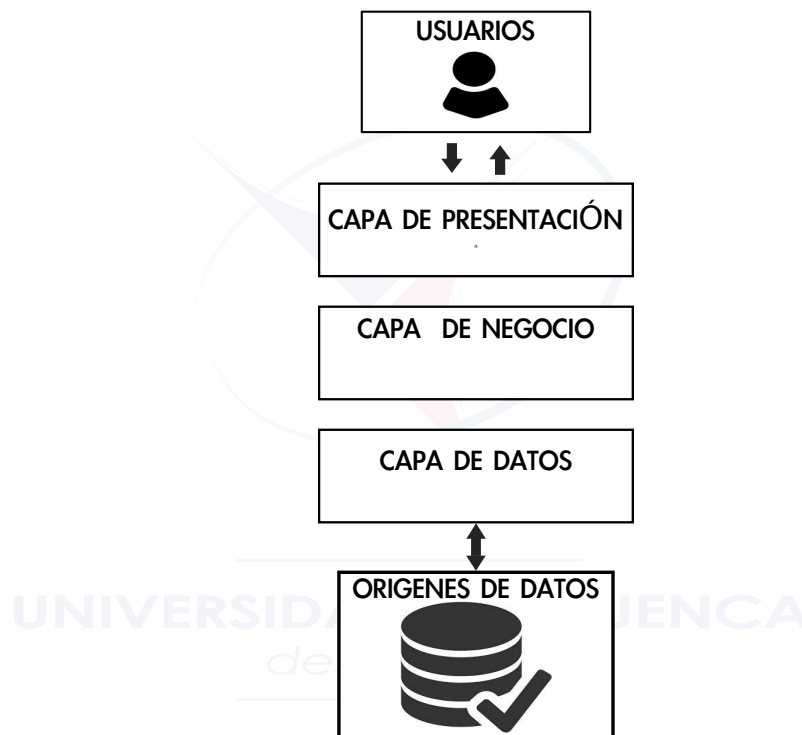


Figura 7.2: Programación en tres capas.

### 7.2.1. Capa de presentación

En esta capa, se realiza la interfaz gráfica que se va a mostrar al usuario del *software*. Para esta capa se tomaron consideraciones de diseño, de tal manera que el *software* sea intuitivo y fácil de manejar, además que siga la misma lógica y secuencia en todas las ventanas.



### 7.2.2. Capa de negocio

Aquí se reciben las peticiones del usuario y se efectúa las respuestas tras el proceso. En esta capa se realizaron todas las validaciones y cálculos para mostrar los resultados requeridos por cada escenario de la ampliación. Además, esta capa se comunica con la capa de presentación, para recibir las solicitudes de los usuarios; y con la capa de datos, para solicitar al gestor almacenar u obtener los datos.

### 7.2.3. Capa de datos

En esta capa se realiza las transacciones con la base de datos. Aquí se gestiona el acceso para el almacenamiento, edición y eliminación de datos de las tablas de la base de datos. Ésta se comunica únicamente con la capa de negocio.

## 7.3. Manual de usuario

Para el manejo adecuado del sistema, es muy importante la creación de un manual de operación del mismo. Para el *software* implementado, se ha desarrollado un manual en el que se detallan todas las funciones y características del sistema, en éste se muestran impresiones de pantalla de cada una de las ventanas implementadas con su respectiva explicación. En el apéndice [F](#) se adjunta el manual de usuario presentado a los técnicos de ETAPA EP para el manejo del sistema.



## Capítulo 8

# Conclusiones y Recomendaciones

### 8.1. Conclusiones

Como producto del trabajo efectuado a lo largo de esta tesis y en función de los objetivos planteados, a continuación se detalla las conclusiones obtenidas:

- Las ampliaciones de la red de telecomunicaciones de ETAPA EP, deben realizarse siguiendo reglas y lineamientos previamente establecidos, es decir, se deben desarrollar **SOPs**, que se basan en estándares internacionales de gestión de calidad, de manera que faciliten estas actividades y que al mismo tiempo reduzcan los costos de la ampliación.
- Los **SOPs** elaborados para la ampliación de la red **GPON** de ETAPA EP, fueron desarrollados y consensuados junto a un grupo de ingenieros del departamento de planificación y nuevas tecnologías de la empresa, de una forma exitosa; lo que garantizará que estos serán útiles y funcionales.
- La red de cobre de ETAPA EP será remplazada de forma progresiva por una red de fibra óptica, esto se debe al gran ancho de banda que esta tecnología ofrece, y además, por la notoria mejora de los servicios prestados actualmente por su red **GPON/FTTH**.



- Contar con equipos que manejan el protocolo **MPLS** de forma nativa, le permite a ETAPA EP eliminar la complejidad de la implementación y el mantenimiento de las múltiples tecnologías que utiliza la empresa en los diferentes niveles de la red.
- En cuanto al estado actual de la red **GPON** y **MPLS**, se notó que el tráfico generado es bajo en comparación a la capacidad de los equipos, esto permitirá a la empresa ofrecer en un futuro; una mayor gama de servicios como por ejemplo triple play, o a su vez un gran crecimiento en cuanto a cantidad de usuarios de la red.
- En la actualidad, las ampliaciones que se realizan en la red **GPON** de ETAPA EP, no están sujetas a ningún tipo de procedimiento, por lo que la implementación de **SOPs** para los tres escenarios propuestos, serán de mucha utilidad para la empresa.
- La implementación de **SOPs**, posibilita un mayor control en cuanto a la documentación y asignación de responsabilidades, esto le permitirá a ETAPA EP tener información actualizada sobre los cambios realizados en su red.
- No se han podido adquirir **SOPs** de empresas similares a ETAPA EP para tomarlos como referencia, debido a que forman parte de la información confidencial de las empresas, y en algunos casos aún no han sido implementados.

## 8.2. Recomendaciones

- Actualmente, los enlaces de *upstream* que provienen del **OLT**, se conectan al equipo de agregación en la misma tarjeta; se recomienda a ETAPA EP, que estos enlaces se conecten en tarjetas diferentes, para obtener una redundancia más eficiente.
- Para obtener un documento actualizado de enlaces activos existente, se recomienda que se realice un levantamiento de información de la red.





- Los equipos MA5600T deben conectarse a la red **MPLS** a través de los puertos de *upstream*, y no de los puertos de las tarjetas controladoras como se encuentra actualmente.
- Se recomienda mantener un mismo esquema de interconexión entre los equipos de la red **MPLS** y **GPON**, debido a que en casos específicos, existen equipos MA5600T que se encuentran conectados a equipos S9312 , que están diseñados para la gestión de la red.
- Se debería actualizar el software del equipo de gestión U2000, para que la información obtenida de éste sea correcta.
- ETAPA EP debería buscar la manera de promocionar más servicios ya que su red actualmente se encuentra sub-utilizada con los servicios que brinda actualmente.
- La aplicación de los **SOPs** debería ser ampliada por la empresa para todas las operaciones en la red, ya que esto permitirá mantener un estándar en los procesos realizados e uniformidad en las tareas.



UNIVERSIDAD DE CUENCA  
*desde 1867*



# Apéndices

UNIVERSIDAD DE CUENCA  
*desde 1867*





# Apéndices A

## Equipos utilizados en la red GPON y MPLS

### A.1. Definición y características del MA5600T

A continuación se expone la definición y características de los equipos GPON y MPLS utilizados en la red de telecomunicaciones de ETAPA EP.

UNIVERSIDAD DE CUENCA  
desde 1867

#### A.1.1. Definición

La SmartAX MA5600T es un equipo multiplexor que tiene una potente capacidad de procesamiento de ancho de banda, que proporciona acceso óptico y *Digital Subscriber Line (DSL)*. Además de soportar múltiples topologías, puede proporcionar múltiples modos de acceso de alta densidad a la línea de abonado: ADSL2+, VDSL2, POTS, RDSI, GPON y Ethernet de fibra *Peer-to-peer (P2P)*, servicio *Triple Play* y servicios de líneas arrendadas TDM/ATM/Ethernet para clientes empresariales[14].

La SmartAX MA5600T también puede ser utilizada como *backhaul* móvil con una alta fiabilidad y un reloj de alta precisión e interfaces *GE* y *10GE* de alta



densidad para conectar en cascada equipos de acceso remoto. Puede ayudar a simplificar la arquitectura de red para permitir la migración sin inconvenientes en la red [FTTx](#) y reducir el coste total de propiedad[15].

### A.1.2. Características

Hay dos tipos de sub-bastidores: el sub-bastidor grande incorpora 16 ranuras de servicio, mientras que el mediano (MA5603T) solo 6. El *hardware* y el software de las plataformas MA5600T y MA5603T son compatibles.

**Cualquier tipo de acceso:** La MA5600T puede soportar múltiples tipos de acceso como: [VDSL2](#) / [ADSL2+](#) / [G.SHDSL](#) / [POTS](#) / *Integrated Services for Digital Network* ([ISDN](#)) / [GPON](#) / [Ethernet P2P](#). Además puede tener la capacidad de trabajar en múltiples escenarios [FTTCab](#) / [FTTB](#) / [FTTH](#) / *Fiber To The Office* ([FTTO](#)) / *Fibre to the Meter* ([FTTM](#)). [15]

El equipo MA5600T es una plataforma de acceso global integral que proporciona acceso óptico integrado y DSL. Puede proporcionar acceso de alta densidad [ADSL2+](#), [VDSL2](#), [POTS](#), [RDSI](#), [GPON](#) y *Ethernet* de fibra [P2P](#), servicio *Triple Play* y servicios de líneas arrendadas [TDM/ATM/Ethernet](#) para clientes empresariales.

**Cualquier tipo de servicio:** La SmartAX MA5600T puede proporcionar el servicio de IPTV para 8.000 usuarios y 4.000 canales [multicast](#). Cuenta con la herramienta *Hierarchical quality of service* ([H-QoS](#)), que admite 3 niveles de [QoS](#) para garantizar [OLT](#) a nivel mayorista. Ofrece [TDM](#) nativo o *Circuit emulation services over packet* ([CESoP](#)) para el servicio E1 tradicional para empresas y backhaul móvil. También proporciona garantía de alta calidad *End to end* ([E2E](#)) para backhaul móvil y de empresas, *Bidirectional Forwarding Detection* ([BFD](#))/[LAG](#)/Smart Link para redundancia de [uplink](#) y tiempo de conmutación de 50 ms tipo B (3 posibles fuentes de suministro y solo una de ellas puede estar conectada[16]) para protección de fibras. Finalmente admite autoconmutación de tráfico local, que satisface los requisitos de las redes de empresas y campus.[15]



**Acceso y agregación integrados:** Hay dos tipos de subracks. El subrack grande incorpora 16 ranuras de servicio, mientras que el mediano (MA5603T) solo 6. El *hardware* y el software de las plataformas MA5600T y MA5603T son compatibles.

Posee varios métodos para combinar múltiples conexiones de red en paralelo para aumentar el rendimiento, y para proporcionar redundancia en caso de que uno de los enlaces falle. Cuenta con capacidad de *backplane* de 3.2T bit/s; capacidad de conmutación de 960 Gbit/s, 512 mil direcciones MAC. Se le puede integrar interfaces GE/10GE de alta densidad para conexiones en cascada, hasta 36 interfaces de 10 GE o 140 GE, y no se requiere inversiones adicionales en switches de agregación[15].

**Ecología:** Existe un menor consumo de energía debido a que Huawei es la primera empresa que cumple con la norma *Chain of Custody (COC)*, que es el encargado en verificar que el material sea certificado por el *Forest Stewardship Council (FSC)*. El consumo promedio de energía de los puertos DSL es un 10% menos que del resto de la industria. La MA5600T tiene chipsets *GPON* de desarrollo propio, el consumo máximo de energía de la tarjeta de línea *GPON* de 8 puertos es de solo 55 W, un 30% menos que del resto de la industria.[15]

### A.1.3. Descripción del Hardware

A continuación se realiza una descripción del *hardware* del equipo MA5600T utilizado en la red de telecomunicaciones de ETAPA EP; este equipo básicamente está compuesto por tres partes: gabinete, frames y tarjetas.

#### A.1.3.1. Gabinete

El gabinete utilizado para la MA5600T es el N63E-22 y es de acceso frontal como de muestra en la Ilustración A.1. Las dimensiones del gabinete son: 600mm de ancho, 300mm de profundidad, 2200mm de altura. Los gabinetes para

la MA5600T pueden tener varios tipos de configuraciones, las mismas dependerán de la cantidad de subscriptores o el uso que se va a dar al OLT.

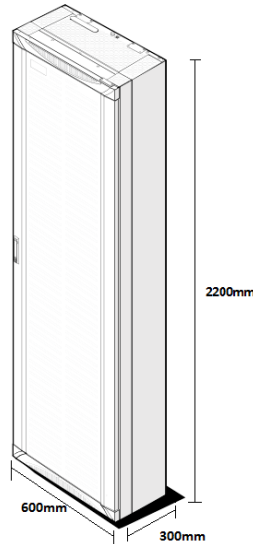


Figura A.1: Gabinete N63E-22 para la MA5600T

#### A.1.3.2. Subracks

- **Subrack de servicio ETSI** Este subrack se instala dentro del gabinete, tiene la capacidad de soportar 23 slots; 16 slots para tarjetas de servicio, 2 slots (9 y 10) para tarjetas de control, 2 slots (21 y 22) para tarjeta de alimentación, 2 slots (19 y 20) para uplink y 1 slot para *General Purpose Input/Output (GPIO)*. Además cuenta con una bandeja de ventiladores para su enfriamiento. En la Ilustración A.2 se muestra la configuración del subrack y en la Ilustración A.3a A.3b podemos observar la apariencia de los subrack para proveer servicios de PON y xDSL respectivamente.

En las tablas B.1, B.2, B.3, B.4 del Apéndice B.1 se listan los tipos de tarjetas que se pueden montar en el bastidor de servicio ETSI y su ubicación en cada ranura, y en el Apéndice B.2 se realiza una descripción y la función de cada una de las tarjetas soportadas por el equipo MA5600T.



Bandeja de Ventiladores																			
21	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Power									Tarjeta de Control	Tarjeta de Control	Tarjeta de Servicio	Tarjeta de Servicio	Tarjeta de Servicio	Tarjeta de Servicio	Tarjeta de Servicio	Tarjeta de Servicio	Tarjeta de Servicio	Tarjeta de Servicio	GPU
22																			GPU
Power																			
0																			GPIO

Figura A.2: Configuración de subrack ETSI

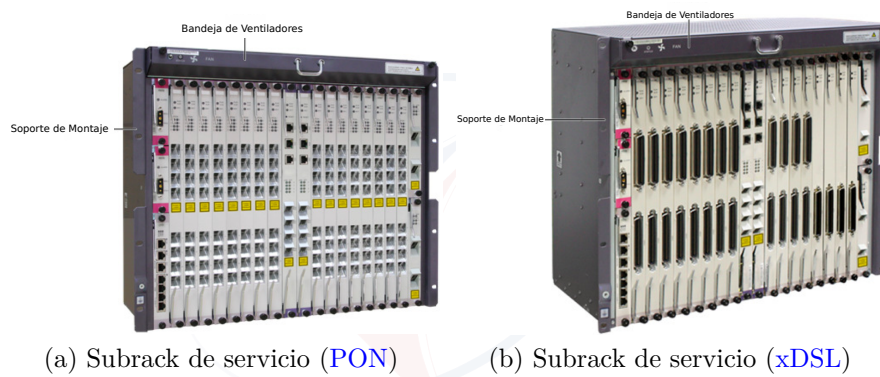


Figura A.3: Apariencia de Subracks de Servicio ETSI

## A.2. Definición y Características del equipo NE40E

Es un *router* de gama alta conocido como NE40E de la marca *Huawei* con interfaces de 10 Gbit/s desarrollado para redes de *core*. Este equipo por lo general es un *router* de borde o convergencia en la red en la cual se lo implemente.

Las características que presenta el NE40E se basan lo poderosa plataforma de enrutamiento con la que trabaja, *VRP*, brindando así:

- Grandes capacidades
- Alta disponibilidad
- Alto Rendimiento
- Alta gama de servicios

La clasificación que se tiene para los NE40E es de acuerdo al número máximo de *Line Process Unit (LPU)* que se pueden instalar en cada equipo; de acuerdo a este parámetro se tiene:

- NE40E-X16
- NE40E-X8
- NE40E-X3
- NE40E-8

En la figura A.4 se encuentra la forma física de cada uno de estos equipos.



Figura A.4: Forma física de cada modelo de NE40E

En los equipos NE40E existe una distribución física de ranuras, los cuales solo pueden ser ocupados por un cierto tipo de tarjeta o módulo; de esta manera se presenta en la figura A.5 el diseño de los ranuras para los equipos NE40E-X16, NE40E-X8 y NE40E-X3.

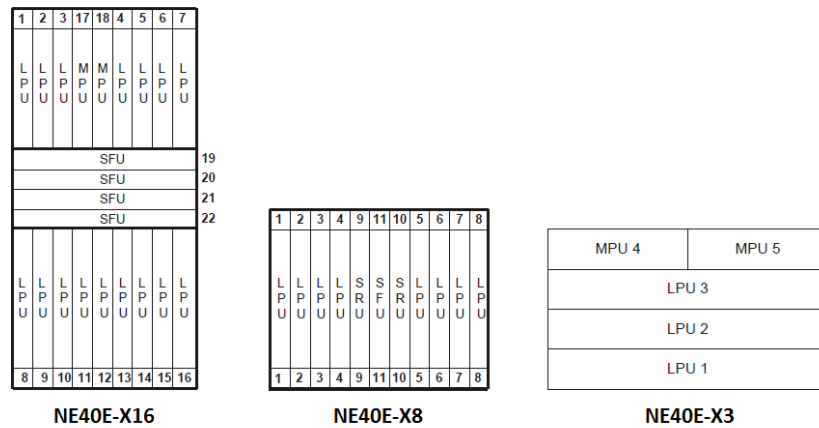


Figura A.5: Diseño de ranuras para los equipos NE40E

### A.2.1. Arquitectura

En cuanto a su arquitectura física que posee cada modelo de NE40E se incluyen los siguientes sistemas:

- Sistema de distribución de potencia
- Sistema funcional del usuario
- Sistema de disipación de calor
- Sistema de manejo de red

Todos estos sistemas, exceptuando el sistema de manejo de red (*Network Management System (NMS)*) están localizados en una misma cabina. El sistema funcional del usuario, comprende el sistema de backplane, unidades de proceso principal (*Main Processing Unit (MPUs)*), unidades de proceso de línea (*LPU*) y unidades de fabrica y conmutación (*SFU*).

Para la parte de su arquitectura lógica se tiene los siguientes planos:

- Plano de datos



- Plano de control y manejo
- Plano de monitoreo

Dentro de la arquitectura lógica, el plano de datos es el responsable de las altas velocidades de procesamiento y de que no exista bloqueo de conmutación de paquetes. Este plano a su vez es el encargado de la encapsulación de paquetes, reenvío de paquetes **IPv4**, **IPv6** y **MPLS**, también es encargado del **QoS** tanto como la esquematización y conmutación interna a altas velocidades guardando una colección de estadísticas de operaciones.

El plano de control y manejo es el encargado de todas las funciones de control y manejo para el sistema; es considerado el núcleo de todo el sistema. El plano de monitoreo es el encargado de monitorear el entorno ambiental para asegurar seguridad y operación estable del sistema. También es el encargado de detectar los niveles de voltaje, controla el sistema de encendido y apagado, monitorea la temperatura y controla los módulos de ventilación.

En la siguiente sección se muestran los tableros y sus respectivas tarjetas soportadas por los NE40E.

### A.2.2. Características **MPLS** del equipo NetEngine40E

El NE40E soporta características **MPLS**, y *Label switching path (LSP)* estáticas y dinámicas. **LSP** estáticas requieren que el administrador configure los **LSRs** a lo largo del **LSP** y establecer los **LSP** manualmente. Mientras que los **LSP** dinámicos están configurados de forma dinámica de acuerdo con la información de enrutamiento a través del *label distribution protocol (LDP)* y RSVP-TE.

El retraso que tienen los paquetes de **MPLS** pueden ser controlados de las siguientes maneras:

- En el caso de que no hay congestión de tráfico, el NE40E adopta una velocidad alta de procesamiento para garantizar el **forwarding** a una velocidad lineal y de bajo retardo.



- En el caso de la congestión del tráfico, la NE40E asegura reenvío preferencia y bajo retardo para el tráfico de alta prioridad a través de mecanismos tales como **QoS**, **QoS** jerarquico, ingeniería de tráfico en **MPLS** e ingeniería de tráfico en **MPLS** con *differentiated services* (DiffServ).

### A.3. Características del equipo de distribución Quidway S9300

Quidway S9300 es un *Terabit Routing Switch* de marca *Huawei* de gama alta que de ahora sera tratado unicamente como S9300. Su uso en una red se da principalmente en acceso, convergencia y trasmisión. Como dispositivo de acceso y convergencia el S9300 puede brindar interfaces EPON, **FE**, **GE** y **10GE** que transmiten servicios a velocidades lineales. El S9300 puede ser aplicado a redes, *data centers*, dando una alta densidad de interfaces con altas capacidades de servicios agregados. Existen tres tipos de modelos del S9300:

- S9303 que trabaja con un máximo de 3 **LPU**s
- S9306 que trabaja con un maximo de 6 **LPU**s
- S9312 que trabaja con un máximo de 12 **LPU**s

Las especificaciones de la serie S9300 se presentan en el cuadro **A.1**.

Características	S9312	S9306	S9303
Capacidad de Conmutación	1 Tbit/s o 2Tbit/s	1 Tbit/s o 2Tbit/s	720 Gbit/s
Capacidad del Backplane	12 Tbit/s	6 Tbit/s	S3 Tbit/s
Capacidad de Reenvío	1320 Mpps	1080 Mpps	540 Mpps

Cuadro A.1: Especificaciones del sistema S9300



En la tabla (A.2) se describe la máxima densidad de interfaces Ethernet en cada LPU y el sistema entero.

Tipo de Interfaz	Densidad de interfaces en el LPU	Densidad de interfaces en el sistema
10GE	48	S9312: 576 S9306: 288 S9303: 144
GE	48	S9312: 576 S9306: 288 S9303: 144
FE	48	S9312: 576 S9306: 288 S9303: 144

Cuadro A.2: Tabla de densidad de interfaces de los tableros y el sistema

### A.3.1. Arquitectura

El S9300 adopta una arquitectura de hardware distribuido y consiste de los siguientes componentes:

- Chasis
- Backplane
- Módulo de potencia
- Ventiladores
- SRU y *Main Control Unit* (MCU)
- LPU
- *Central Management Unit* (CMU)

Entre los diferentes tipos de tarjetas que soporta la serie S9300 se tiene:

- SRU
- MCU
- LPU
- *Flexible Service Unit (FSU)*
- *Virtual Switch Unit (VSU)*
- *Service Processing Unit (SPU)*

El SRU y MCU son unicamente aplicables al S9312 y S9306 mientras que el MCU es aplicable unicamente al S9303. En la figura A.6 se muestra el diseño de los ranuras para los equipos S9303, S9306 y S9312

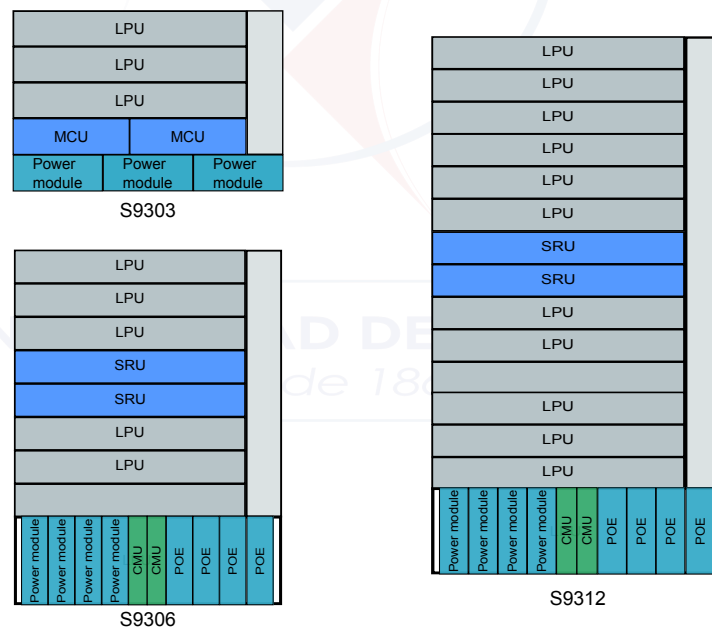


Figura A.6: Diseño de ranuras para los equipos S9300



UNIVERSIDAD DE CUENCA  
*desde 1867*





## Apéndices B

# Tarjetas soportadas por los equipos de la red de ETAPA EP

### B.1. Tarjetas soportadas por el bastidor de **ET-SI** del equipo MA5600T

El tipo de tarjeta que puede soportar el **subrack**, depende de la tarjeta de control instalada, esta puede ser SCUB, SCUN, SCUF y SCUH. Las tarjetas de control son el núcleo del sistema de control, de la conmutación de los servicio y de la agregación. A continuación se lista las tarjetas soportadas por el equipo MA5600T

Tipo de Tarjeta	Serigrafía	Nombre Completo	Slot
Tarjeta de Control	SCUB	Super Unidad de Tarjeta de Control.	9 y 10
Tarjetas de Servicio	ADKM	Tarjeta de servicio de 64 puertos <b>ADSL2+</b> .	1 al 8 y 11 al 18
	ADPD	Tarjeta de servicios de 64 puertos <b>ADSL2+</b> sobre <b>POTS</b> .	
	ADPE	Tarjeta de servicios de 64 puertos <b>ADSL2+</b> sobre <b>POTS</b> .	
	ADPM	Tarjeta de servicios de 64 puertos <b>ADSL2+</b> sobre <b>POTS</b> .	



Tipo de Tarjeta	Serigrafía	Nombre Completo	Slot
	ADQD	Tarjeta de servicios de 64 puertos <b>ADSL2+</b> sobre <b>ISDN</b> .	
	AIUG	Tarjeta de interfaz <b>ATM</b> .	
	ASPB	Tarjeta de suscriptor de 64 puertos de <b>VoIP</b> .	
	CAME	Tarjeta combinada de 48 puertos <b>ADSL2+</b> & <b>POTS</b> .	
	CVME	Tarjeta combinada de 48 puertos <b>VDSL2</b> & <b>POTS</b> .	
	DSRD	Tarjeta de suscriptor digital de 32 puertos <b>ISDN</b> .	
	DSRE	Tarjeta de suscriptor digital de 32 puertos <b>ISDN</b> .	
	ETHB	Tarjeta de acceso de servicio de Ethernet.	
	H802EDTB	Tarjeta de servicio de 16 puertos <b>SHDSL</b> y 16 puertos E1.	
	OPFA	Tarjeta de Interfaz optica <b>FE P2P</b> .	
	SHLM	Tarjeta de servicio de 16 puertos <b>SHDSL</b> .	
	SPUB	Tarjeta de unidad de procesos de servicio MPLS	
	VCMM	Tarjeta de servicio de 48 puertos <b>VDSL2</b> sobre <b>POTS</b> .	
	VDJM	Tarjeta de servicio de 48 puertos <b>VDSL2</b> .	
	VDMF	Tarjeta de servicio de 48 puertos <b>VDSL2</b> sobre <b>POTS</b> .	
	VDNF	Tarjeta de servicio de 48 puertos <b>VDSL2</b> sobre <b>ISDN</b> .	
	VDPE	Tarjeta de servicio de 64 puertos <b>VDSL2</b> sobre <b>POTS</b> .	
	VDPM	Tarjeta de servicio de 64 puertos <b>VDSL2</b> sobre <b>POTS</b> .	
	VDRD	Tarjeta de servicios de 24 puertos <b>VDSL2</b> sobre <b>POTS</b> .	
Tarjeta de reloj	CITD	Combo Interface Transfer Board.	0
Tarjeta de interfaz de <b>upstream</b>	GICD	Tarjeta de interfaz óptica <b>GE</b> .	19 y 20
	GICE	Tarjeta de interfaz eléctrica <b>GE</b> .	
	GSCA	Tarjeta de interfaz ethernet síncrono <b>GE</b> .	
Tarjeta de interfaz de energía	PRTE	Tarjeta de conexión a energía TODO	21 y 22



Tipo de Tarjeta	Serigrafía	Nombre Completo	Slot
-----------------	------------	-----------------	------

Cuadro B.1: Tarjetas del [subrack](#) de servicio [ETSI](#) soportadas por la tarjeta SCUB. [17]

Tipo de Tarjeta	Serigrafía	Nombre Completo	Slot
Tarjeta de Control	SCUN	Super Unidad de Tarjeta de Control.	9 y 10
Tarjetas de Servicio	ADKM	Tarjeta de servicio de 64 puertos <a href="#">ADSL2+</a> .	1 al 8 y 11 al 18
	ADPD	Tarjeta de servicios de 64 puertos <a href="#">ADSL2+</a> sobre <a href="#">POTS</a> .	
	ADPE	Tarjeta de servicios de 64 puertos <a href="#">ADSL2+</a> sobre <a href="#">POTS</a> .	
	ADPM	Tarjeta de servicios de 64 puertos <a href="#">ADSL2+</a> sobre <a href="#">POTS</a> .	
	ADQD	Tarjeta de servicios de 64 puertos <a href="#">ADSL2+</a> sobre <a href="#">ISDN</a> .	
	AIUG	Tarjeta de interfaz <a href="#">ATM</a> .	
	ASPB	Tarjeta de suscriptor de 64 puertos de <a href="#">VoIP</a> .	
	CAME	Tarjeta combinada de 48 puertos <a href="#">ADSL2+</a> & <a href="#">POTS</a> .	
	CSPA	Tarjeta de procesos de servicio <a href="#">CESoP</a>	
	CVME	Tarjeta combinada de 48 puertos <a href="#">VDSL2</a> & <a href="#">POTS</a> .	
	DSRD	Tarjeta de suscriptor digital de 32 puertos <a href="#">ISDN</a> .	
	DSRE	Tarjeta de suscriptor digital de 32 puertos <a href="#">ISDN</a> .	
	ETHB	Tarjeta de acceso de servicio de Ethernet.	
	GPFD	Tarjeta de interfaz <a href="#">OLT</a> de 16 puertos <a href="#">GPON</a> .	
	H802EDTB	Tarjeta de servicio de 16 puertos <a href="#">SHDSL</a> y 16 puertos E1.	
	H802GPBD	Tarjeta de interfaz <a href="#">OLT</a> de 8 puertos <a href="#">GPON</a> .	
	H805GPBD	Tarjeta de interfaz <a href="#">OLT</a> de 8 puertos <a href="#">GPON</a> .	
	OPFA	Tarjeta de Interfaz optica <a href="#">FE P2P</a> .	
	OPGD	Tarjeta de Interfaz optica de 48 puertos <a href="#">GE/FE</a> .	
	SHLM	Tarjeta de servicio de 16 puertos <a href="#">SHDSL</a> .	
SPUA	Tarjeta de procesos de servicio.		
SPUB	Tarjeta de unidad de procesos de servicio <a href="#">MPLS</a> .		



Tipo de Tarjeta	Serigrafía	Nombre Completo	Slot
	TOPA	Tarjeta tráfico TDM sobre <i>Public Services Network (PSN)</i>	
	VCMM	Tarjeta de servicio de 48 puertos VDSL2 sobre POTS.	
	VDRD	Tarjeta de servicio de 24 puertos VDSL2 sobre POTS.	
	VDMF	Tarjeta de servicio de 48 puertos VDSL2 sobre POTS.	
	VDPE	Tarjeta de servicio de 64 puertos VDSL2 sobre POTS.	
	VDPM	Tarjeta de servicio de 64 puertos VDSL2 sobre POTS.	
	VDNF	Tarjeta de servicio de 48 puertos VDSL2 sobre ISDN.	
	VDJM	Tarjeta de servicios de 48 puertos VDSL2.	
	XGBC	Tarjeta interfaz OLT de 4 puertos 10G GPON .	
Tarjeta de reloj	CITD	Tarjeta de transferencia de interfaz combinada .	0
Tarjeta de interfaz de <i>upstream</i>	GICF	Tarjeta de interfaz óptica de 2 puertos GE.	19 y 20
	GICG	Tarjeta de interfaz eléctrica de 2 puertos GE.	
	GICK	Tarjeta de interfaz eléctrica/óptica de 2 puertos GE.	
	X2CS	Tarjeta de interfaz de <i>uplink</i> de 2 puertos con capacidad 10GE.	
Tarjeta de interfaz de energía	PRTE	Tarjeta de conexión a energía TODO	21 y 22

Cuadro B.2: Tarjetas del *subrack* de servicio ETSI soportadas por la tarjeta SCUN. [17]

Tipo de Tarjeta	Serigrafía	Nombre Completo	Slot
Tarjeta de Control	SCUF	Super Unidad de Tarjeta de Control.	9 y 10
Tarjetas de Servicio	ADPD	Tarjeta de servicios de 64 puertos ADSL2+ sobre POTS.	1 al 8 y 11 al 18
	ADPM	Tarjeta de servicios de 64 puertos ADSL2+ sobre POTS.	



Tipo de Tarjeta	Serigrafía	Nombre Completo	Slot
	ADQD	Tarjeta de servicios de 64 puertos <b>ADSL2+</b> sobre <b>ISDN</b> .	
	CVME	Tarjeta combinada de 48 puertos <b>VDSL2</b> & <b>POTS</b> .	
	DSRD	Tarjeta de subcriptor digital de 32 puertos <b>ISDN</b> .	
	DSRE	Tarjeta de subcriptor digital de 32 puertos <b>ISDN</b> .	
	ETHB	Tarjeta de acceso de servicio de Ethernet.	
	OPFA	Tarjeta de Interfaz optica <b>FE P2P</b> .	
	SHLM	Tarjeta de servicio de 16 puertos <b>SHDSL</b> .	
	SPUB	Tarjeta de unidad de procesos de servicio <b>MPLS</b> .	
	VCMM	Tarjeta de servicio de 48 puertos <b>VDSL2</b> sobre <b>POTS</b> .	
	VDMF	Tarjeta de servicio de 48 puertos <b>VDSL2</b> sobre <b>POTS</b> .	
	VDNF	Tarjeta de servicio de 48 puertos <b>VDSL2</b> sobre <b>ISDN</b> .	
	VDRD	Tarjeta de servicio de 24 puertos <b>VDSL2</b> sobre <b>POTS</b> .	
Tarjeta de reloj	CITD	Tarjeta de transferencia de interfaz combinada .	0
Tarjeta de interfaz de <b>upstream</b>	GICD	Tarjeta de interfaz óptica <b>GE</b> .	19 y 20
	GICE	Tarjeta de interfaz eléctrica <b>GE</b> .	
	GICK	Tarjeta de interfaz eléctrica/óptica de 2 puertos <b>GE</b> .	
	X2CS	Tarjeta de interfaz de <b>uplink</b> de 2 puertos con capacidad <b>10GE</b> .	
	GSCA	Tarjeta de interfaz ethernet síncrono <b>GE</b> .	
Tarjeta de interfaz de energía	PRTE	Tarjeta de conexión a energía TODO	21 y 22

Cuadro B.3: Tarjetas del **subrack** de servicio **ETSI** soportadas por la tarjeta SCUF. [17]

Tipo de Tarjeta	Serigrafía	Nombre Completo	Slot
Tarjeta de Control	SCUH	Super Unidad de Tarjeta de Control.	9 y 10
Tarjetas de Servicio	CSPA	Tarjeta de procesos de servicio <b>CESoP</b> .	1 al 8 y 11 al 18



Tipo de Tarjeta	Serigrafía	Nombre Completo	Slot
	ETHB	Tarjeta de acceso de servicio de Ethernet.	
	H802EDTB	Tarjeta de servicio de 16 puertos SHDSL y 16 puertos E1.	
	H802GPBD	Tarjeta de interfaz OLT de 8 puertos GPON.	
	H805GPBD	Tarjeta de interfaz OLT de 8 puertos GPON.	
	GPFD	Tarjeta de interfaz OLT de 16 puertos GPON.	
	OPFA	Tarjeta de Interfaz optica FE P2P.	
	SPUA	Tarjeta de procesos de servicio.	
	SPUB	Tarjeta de unidad de procesos de servicio MPLS	
	TOPA	Tarjeta tráfico TDM sobre PSN	
	XGBC	Tarjeta interfaz OLT de 4 puertos 10G GPON .	
Tarjeta de reloj	CITD	Combo Interface Transfer Board.	0
Tarjeta de interfaz de upstream	GICD	Tarjeta de interfaz óptica GE.	19 y 20
	GICE	Tarjeta de interfaz eléctrica GE.	
	GSCA	Tarjeta de interfaz ethernet síncrono GE.	
Tarjeta de interfaz de energía	PRTE	Tarjeta de conexión a energía TODO	21 y 22

Cuadro B.4: Tarjetas del subrack de servicio ETSI soportadas por la tarjeta SCUH. [17]

UNIVERSIDAD DE CUENCA  
desde 1867

## B.2. Descripción de tarjetas del equipo MA5600T

A continuación, se realiza una descripción de las tarjetas soportadas por el equipo MA5600T.s

Tipo de Tarjeta	Serigrafía	Nombre Completo	Función
-----------------	------------	-----------------	---------



Tipo de Tarjeta	Serigrafía	Nombre Completo	Función
Tarjeta de Control	SCUB	Super Unidad de Tarjeta de Control.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Unidad de control y gestión del sistema.</li><li>• Mantenimiento local y remoto.</li><li>• Conmutación activa/espera.</li><li>• Canal <b>GE</b> a la tarjeta de servicio.</li><li>• Monitoreo de parámetros ambientales.</li><li>• Cuatro puertos SFP <b>GE</b> para transmisión <b>upstream</b> o cascada</li></ul>
	SCUF	Super Unidad de Tarjeta de Control.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Unidad de control y gestión del sistema.</li><li>• Mantenimiento local y remoto.</li><li>• Conmutación activa/espera.</li><li>• Canal <b>GE</b> a la tarjeta de servicio.</li><li>• Monitoreo de parámetros ambientales.</li><li>• Cuatro puertos <b>SFP GE</b> para transmisión <b>upstream</b> o cascada</li></ul>
	SCUH	Super Unidad de Tarjeta de Control.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Unidad de control y gestión del sistema.</li><li>• Mantenimiento local y remoto.</li><li>• Conmutación activa/espera.</li><li>• Balanceo de carga.</li><li>• Sincronización Ethernet.</li><li>• Incorporación 2GB en tarjeta <b>Compact-Flash (CF)</b></li><li>• Canal <b>GE/10GE/20GE</b> a la tarjeta de servicio.</li><li>• Monitoreo de parámetros ambientales.</li><li>• Soporta la función de la lectura de la temperatura y la alarma de alta temperatura.</li><li>• Cuatro puertos <b>SFP GE</b> para transmisión <b>upstream</b> o cascada.</li></ul>



Tipo de Tarjeta	Serigrafía	Nombre Completo	Función
	SCUN	Super Unidad de Tarjeta de Control.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Unidad de control y gestión del sistema.</li><li>• Mantenimiento local y remoto.</li><li>• Conmutación activa/espera.</li><li>• Balanceo de carga (soportada en la versión V800R011C00 y versiones anteriores).</li><li>• Canal <b>GE</b> o <b>10GE</b> a la tarjeta de servicio.</li><li>• Monitoreo de parámetros ambientales.</li><li>• Cuatro puertos <b>SFP GE</b> para transmisión <b>upstream</b> o cascada.</li></ul>
Tarjetas de Servicio	ADKM	Tarjeta de servicio de 64 puertos <b>ADSL2+</b> .	<ul style="list-style-type: none"><li>• 64 canales para el servicio <b>ADSL2+</b>.</li><li>• No soporta el servicio <b>ISDN</b>.</li><li>• Protección para puertos.</li><li>• Soporta pruebas <i>Single Ended Line Test (SELT)</i>, <i>Metallic Line Test (MELT)</i> y <i>Double Ended Line Test (DELT)</i>.</li><li>• G.992.3/5 Anexo B, Anexo J.</li><li>• Retransmisión en la capa física <b>G.INP</b> (soportada en la versión V800R011C00 y versiones anteriores).</li><li>• Apagado automático en caso de existir alta temperatura.</li></ul>
	ADPD	Tarjeta de servicio de 64 puertos <b>ADSL2+</b> . sobre <b>POTS</b> .	<ul style="list-style-type: none"><li>• 64 canales para el servicio <b>ADSL2+</b> sobre el servicio de acceso <b>POTS</b> trabajando con un splitter.</li><li>• 64 canales para el servicio <b>ADSL2+</b>.</li><li>• Protección para puertos.</li><li>• 2 cables de interconexión.TODO</li><li>• Soporta pruebas <b>SELT</b> y <b>DELT</b>.</li><li>• G.992.1 Anexo A, G.992.3 Anexo A/L/M y G.992.5 Anexo A/M.</li><li>• Retransmisión en la capa física <b>G.INP</b> (soportada en la versión V800R011C00 y versiones anteriores).</li><li>• Apagado automático en caso de existir alta temperatura.</li></ul>





Tipo de Tarjeta	Serigrafía	Nombre Completo	Función
	ADPE	Tarjeta de servicio de 64 puertos <b>ADSL2+</b> . sobre <b>POTS</b> .	<ul style="list-style-type: none"><li>• 64 canales para el servicio <b>ADSL2+</b> sobre el servicio de acceso <b>POTS</b>.</li><li>• Splitter incorporado de 64 canales, con una impedancia de puerto de 600 ohmios.</li><li>• Protección para puertos.</li><li>• 2 cables de interconexión. TODO</li><li>• Soporta pruebas <b>SELT</b> y <b>DELT</b>.</li><li>• G.992.1 Anexo A, G.992.3 Anexo A/L/M y G.992.5 Anexo A/M.</li><li>• Retransmisión en la capa física <b>G.INP</b> (soportada en la version V800R011C00 y versiones anteriores).</li><li>• Apagado automático en caso de existir alta temperatura.</li></ul>
	ADPM	Tarjeta de servicio de 64 puertos <b>ADSL2+</b> . sobre <b>POTS</b> .	<ul style="list-style-type: none"><li>• 64 canales para el servicio <b>ADSL2+</b> sobre el servicio de acceso <b>POTS</b>.</li><li>• Posibilita la unión de cualquier número de puertos en un grupo (un grupo de consta de ocho puertos, comenzando desde el puerto 0).</li><li>• Protección para puertos.</li><li>• Soporta pruebas <b>SELT,MELT</b> y <b>DELT.s</b></li><li>• G.992.1 Anexo A, G.992.3 Anexo A/L/M/J y G.992.5 Anexo A/M/J.</li><li>• Retransmisión en la capa física <b>G.INP</b>.</li><li>• Codificación ITU-T G.711, ITU-T G.723.1, y ITU-T G.729.</li><li>• Apagado automático en caso de existir alta temperatura.</li></ul>



Tipo de Tarjeta	Serigrafía	Nombre Completo	Función
	ADQD	Tarjeta de servicio de 64 puertos <b>ADSL2+</b> , sobre <b>POTS</b> sobre <b>ISDN</b> .	<ul style="list-style-type: none"><li>• 64 canales para el servicio <b>ADSL2+</b> sobre el servicio de acceso <b>ISDN</b> (trabajando con un splitter).</li><li>• 64 canales para el servicio <b>ADSL2+</b>.</li><li>• Protección para puertos.</li><li>• 2 cables de interconexión. TODO</li><li>• Soporta pruebas <b>SELT</b> y <b>DELT</b>.</li><li>• G.992.3/5 Anexo B.</li><li>• Apagado automático en caso de existir alta temperatura.</li></ul>
	AIUG	Tarjeta de interfaz <b>ATM</b> .	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cuatro puertos ópticos <b>ATM</b> (<i>Synchronous Transport Module</i> (STM)-1).</li><li>• Transmisión <b>upstream</b> en cascada (<i>ATM Pseudo Wire Emulation Edge-to-Edge</i> (PWE3)) a través de una línea privada.</li></ul>
	ASPB	Tarjeta suscriptora de 64 puertos de <b>VoIP</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 64 puertos de <b>VoIP</b> sobre el servicio de acceso <b>POTS</b>.</li><li>• Función de inversión de polaridad en todos los puertos.</li><li>• Prueba de circuito metálico <b>MELT</b></li><li>• Apagado automático en caso de existir alta temperatura.</li></ul>



Tipo de Tarjeta	Serigrafía	Nombre Completo	Función
	CAME	Tarjeta combinada de 48 puertos <b>ADSL2+</b> & <b>POTS</b> .	<ul style="list-style-type: none"><li>• 48 canales <b>ADSL2+</b> y servicio de acceso de <b>POTS</b>.</li><li>• Splitter incorporado de 48 canales .</li><li>• Protección de puertos.</li><li>• Soporta pruebas <b>SELT</b>, <b>MELT</b> y <b>DELT</b>.</li><li>• Codificación ITU-T G.711, ITU-T G.723.1, y ITU-T G.729.</li><li>• Retransmisión en la capa física <b>G.INP</b> (soportada en la version V800R011C00 y versiones anteriores).</li><li>• Consulta de temperatura y alarma de alta temperatura.</li><li>• Apagado automático en caso de existir alta temperatura.</li></ul>
	CSPA	Tarjeta de Interfaz optica <b>FE P2P</b> .	<ul style="list-style-type: none"><li>• Procesamiento <i>Structure-Agnostic (TDM) over Packet (SAToP)</i> de 64 canales de señales E1.</li><li>• Conmutación activa/espera o reparto de carga de las tarjetas de control</li><li>• Canal de reloj de 8kHz desde la placa H801CSPA al <b>backplane</b>, que se utiliza para transmitir las señales de reloj recuperadas desde la tarjeta servicio a la tarjeta de control</li><li>• Apagado automático en caso de existir alta temperatura.</li></ul>



Tipo de Tarjeta	Serigrafía	Nombre Completo	Función
	CVME	Tarjeta de procesos de servicio.	<ul style="list-style-type: none"><li>• 48 canales <b>VDSL2</b> y servicio de acceso de <b>POTS</b>.</li><li>• Splitter incorporado de 48 canales.</li><li>• Protección de puertos.</li><li>• Soporta pruebas <b>SELT</b>, <b>MELT</b> y <b>DELT</b>.</li><li>• Codificación ITU-T G.711, ITU-T G.723.1, y ITU-T G.729.</li><li>• G.992.3 Anexo A/L/M y G.992.5 Anexo A/M.</li><li>• Soporta perfiles de espectro <b>VDSL2</b> definido en G.993.2</li><li>• Soporta perfiles <b>VDSL2</b> 8a, 8b, 8c, 8d, 12a, 12b, y 17a.</li><li>• Retransmisión en la capa física <b>G.INP</b>.</li><li>• Consulta de temperatura y alarma de alta temperatura.</li><li>• Apagado automático en caso de existir alta temperatura.</li></ul>
	DSRD	Tarjeta de 32 puertos de subcriptor digital <b>ISDN</b> .	<ul style="list-style-type: none"><li>• 32 canales de servicio de acceso <b>ISDN</b>.</li><li>• La tarjeta H802DSRD utiliza el modo de codificación 2B1Q.</li><li>• Apagado automático en caso de existir alta temperatura.</li></ul>
	DSRE	Tarjeta de 32 puertos de subcriptor digital <b>ISDN</b> .	<ul style="list-style-type: none"><li>• 32 canales de servicio de acceso <b>ISDN</b>.</li><li>• La tarjeta H802DSRE utiliza el modo de codificación 4B3T.</li><li>• Apagado automático en caso de existir alta temperatura.</li></ul>



Tipo de Tarjeta	Serigrafía	Nombre Completo	Función
	ETHB	Tarjeta de acceso a servicio ethernet.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Transmisión <i>upstream</i> ethernet.</li><li>• Transmisión ethernet en cascada.</li><li>• Ocho módulos ópticos <i>SFP GE</i> o puertos eléctricos <i>SFP GE</i>.</li><li>• Servicio de agregación Intra-board e Inter-board</li></ul> <p>NOTA : No soporta acceso de usuarios y servicios de gestión.</p>
	GPFD	Tarjeta de 16 puertos de interfaz <i>GPON OLT</i> .	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dieciséis puertos <i>SFP GPON</i>.</li><li>• Soporta una razón de división de máxima de 1:128.</li><li>• Módulos ópticos de clase B+ y clase C+.</li><li>• Detección de <i>Received signal strength indicator (RSSI)</i> y control de la transmisión de la señal óptica del módulo óptico.</li><li>• Consulta de temperatura y alarma de alta temperatura.</li><li>• Apagado automático en caso de existir alta temperatura.</li></ul>
	H802EDTB	Tarjeta de servicio de de 16 puertos <i>SHDSL</i> y 16 puertos E1.	<ul style="list-style-type: none"><li>• 16 canales de servicio de acceso <i>TDM SHDSL</i>.</li><li>• 16 canales de servicio de acceso E1.</li><li>• 32 canales de servicios de <i>Primary Rate Interface (PRI)</i>.</li><li>• 512 canales <i>Digital Signal Processor (DSP)</i>, función de <i>VoIP</i> y conversión de la señalización <i>PRI</i> a H.248 utilizando el protocolo <i>ISDN User Adaptation (IUA)</i>.</li><li>• Servicio <i>TDM PWE3</i>.</li><li>• Modo <i>Customer Premises Equipment (CPE)</i>.</li><li>• Consulta de temperatura y alarma de alta temperatura.</li><li>• Apagado automático en caso de existir alta temperatura.</li></ul>



Tipo de Tarjeta	Serigrafía	Nombre Completo	Función
	H802GPBD	Tarjeta de interfaz de 8 puertos <b>OLT GPON</b> .	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ocho puertos <b>SFP GPON</b> (un puerto de fibra bidireccional).</li><li>• Soporta una razón de división de máxima de 1:128 por cada puerto GPON.</li><li>• Módulos ópticos de clase B+ y clase C+.</li><li>• Detección de <b>RSSI</b> y control de la transmisión de la señal óptica del módulo óptico.</li><li>• <b>Optical Performance Monitor (OPM)</b>.</li><li>• Apagado automático en caso de existir alta temperatura.</li></ul>
	H805GPBD	Tarjeta de interfaz de 8 puertos <b>OLT GPON</b> .	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ocho puertos <b>SFP GPON</b>.</li><li>• Soporta una razón de división de máxima de 1:128.</li><li>• Módulos ópticos de clase B+ y clase C+.</li><li>• Detección de <b>RSSI</b> y control de la transmisión de la señal óptica del módulo óptico.</li><li>• <b>OPM</b>.</li><li>• Apagado automático en caso de existir alta temperatura.</li></ul>
	OPFA	Tarjeta de interfaz óptica <b>FE P2P</b> .	<ul style="list-style-type: none"><li>• 16 canales para señales ópticas <b>FE</b>.</li><li>• Apagado automático en caso de existir alta temperatura.</li><li>• Emisor de reloj ethernet síncrono.</li></ul>
	OPGD	Tarjeta de interfaz óptica de 48 puertos <b>GE/FE</b> .	<ul style="list-style-type: none"><li>• 48 canales <b>Compact Small form-factor pluggable (CSFP)</b> o 24 canales <b>SFP</b> de acceso para servicio óptico <b>GE/FE P2P</b>.</li><li>• Apagado automático en caso de existir alta temperatura.</li><li>• Emisor de reloj ethernet síncrono.</li></ul>
	XGBC	Tarjeta interfaz OLT de 4 puertos 10G <b>GPON</b> .	



Tipo de Tarjeta	Serigrafía	Nombre Completo	Función
Tarjeta de reloj	CITD	Combo Interface Transfer Board.	0
Tarjeta de interfaz de <a href="#">upstream</a>	GICD	Tarjeta de interfaz óptica <a href="#">GE</a> .	19 y 20
	GICE	Tarjeta de interfaz eléctrica <a href="#">GE</a> .	
	GSCA	Tarjeta de interfaz ethernet síncrono <a href="#">GE</a> .	
Tarjeta de interfaz de energía	PRTE	Tarjeta de conexión a energía TODO	21 y 22

Cuadro B.5: Tarjetas del [subrack](#) de servicio [ETSI](#) soportadas por la tarjeta SCUH. [17]

### B.3. Tableros y tarjetas soportadas por el equipo NE40E

Las tarjetas que son usadas en los NE40E son conocidas como *Flexible Plug-in Cards (FPICs)* y los tableros contenedores de [FPICs](#) son:

- FPIC.
- LPUS-20.
- LPUI-41.
- LPUS-41.
- LPUI-100.
- LPUS-100.
- SPU

Los [FPICs](#) soportados en cada uno de los tableros son:



Tipo de Tarjeta	Descripción	Serigrafía
MPU	Main Processing Unit D2	MPU
SPU	SPU	SPU
	Flexible Card Versatile Service Unit 10	VSFU-10
	Integrated Versatile Service Unit 20 A	VSFU-20-A
LPUF-10	Flexible Card Line Processing Unit (LPUF-10, four slots)	LPUF-10
	1-Port OC-192c/STM-64c POS-XFP Flexible Card	FPIC-1xOC192-POS
	1-Port OC-48c/STM-16c POS-SFP Flexible Card	FPIC-1xOC48-POS
	2-Port OC-48c/STM-16c POS-SFP Flexible Card	FPIC-2xOC48-POS
	4-Port OC-48c/STM-16c POS-SFP Flexible Card	FPIC-4xOC48-POS
	4-port OC-12c/STM-4c POS-SFP Flexible Card	FPIC-4xOC48-POS
	8-port OC-12c/STM-4c POS-SFP Flexible Card	FPIC-8xOC12-POS
	4-port OC-3c/STM-1c POS-SFP Flexible Card	FPIC-4xOC3-POS
	8-port OC-3c/STM-1c POS-SFP Flexible Card	FPIC-8xOC3-POS
	2-port OC-12c/STM-4c ATM-SFP Flexible Card	FPIC-2xOC12-ATM
	4-port OC-3c/STM-1c ATM-SFP Flexible Card	FPIC-4xOC3-ATM
	8-port 100/1000Base-SFP Flexible Card	FPIC-8xGE
	8-port 1000Base-X-SFP Flexible Card A	P10-8xFE/GE-SFP-A
	2-Port Channelized OC-3c/STM-1c POS-SFP Flexible Card	2xcPOS/STM1-SFP
	24-Port Channelized E1/T1-DB100 Flexible Card	24xcE1/cT1-DB 100
	4-Port Clear Channel E3/Channelized T3-SMB Flexible Card	4xE3/cT3-SMB
LPUF-21	Flexible Card Line Processing Unit (LPUF-21, 2 sub-slots)	LPUF-21
	1-port 10GBase LAN/WAN-XFP Flexible Card	1x10GBase LAN/WAN
	1-port 10GBase LAN/WAN-XFP-A Flexible Card	1x10GBase LAN/WAN-A
	1-port 10GBase LAN/WAN-XFP-B Flexible Card	P20-1x10GBase LAN/WAN-XFP-B
	1-port 10GBase LAN/WAN-XFP-E Flexible Card	P20-1x10GBase LAN/WAN-XFP-E
	12-port 100Base-FX/1000Base-X-SFP Flexible Card	12x100/1000Base-SFP





Tipo de Tarjeta	Descripción	Serigrafía
	12-port 100/1000Base-SFP-A Flexible Card	12x100/1000Base-SFP-A
	12-port 100/1000Base-SFP Flexible Card B	P20-12xGE-SFP-B
	10-port 1000Base-X-SFP Flexible Card E	P20-10xGE-SFP-E
	12-port 10Base-T/100Base-TX/1000Base-T Flexible Card	12x10/100/1000Base-TX-RJ45
	1-port OC-192c/STM-64c POS-XFP Flexible Card	1-port OC-192c/STM-64c POS-XFP
	4-port 10GBase LAN/WAN-XFP Flexible Card	4x10GBase LAN/WAN
	40-port 10Base-T/100Base-TX/1000Base-T Flexible Card	40x10/100/1000Base-TX-RJ45
	40-port 100Base-FX/1000Base-X-SFP Flexible Card	40x100/1000Base-SFP
	2-port 10GBase LAN/WAN-XFP+20-port 100/1000Base-X SFP Flexible Card	P20-2x10GBase LAN/WAN-XFP-20xFE/GE-SFP
LPUS-20	4-Port 10GBase LAN/WAN-XFP Line Processing Unit S	LPUS-20 4x10GBase LAN/WAN
	40-Port 100/1000Base-X-SFP Line Processing Unit S	LPUS-20 40x100/1000Base-SFP
	40-Port 10/100/1000Base-RJ45 Line Processing Unit S	LPUS-20 40x10/100/1000Base-TX-RJ45
LPUF-40	Flexible Card Line Processing Unit (LPUF-40,2 sub-slots)	LPUF-40
	20-port 100/1000Base-X SFP Flexible Card	P40-20xFE/GE-SFP
	20-port 100/1000Base-X-SFP Flexible Card A	P40-20xFE/GE-SFP-A
	2-port 10GBase LAN/WAN-XFP Flexible Card	P40-2x10GBase LAN/WAN-XFP
	2-port 10GBase LAN/WAN-XFP Flexible Card A	P40-2x10GBase LAN/WAN-XFP-A
	20-port 100/1000Base-X-SFP Flexible Card B	P40-20xFE/GE-SFP-B
	2-port 10GBase LAN/WAN-XFP Flexible Card B	P40-2x10GBase LAN/WAN-XFP-B
	2-Port 10GBase LAN/WAN-XFP Flexible Card E	P40-2x10GBase LAN/WAN-XFP-E
	2-Port 10GBase LAN/WAN-XFP Flexible Card V	P40-2x10GBase LAN/WAN-XFP-V
	20-Port 10/100/1000Base-RJ45 Flexible Card	P40-20 x FE/GE-RJ45
4-Port 10GBase LAN/WAN-XFP Flexible Card	P40-4x10GBase LAN/WAN-XFP	



Tipo de Tarjeta	Descripción	Serigrafía
LPUI-40	4-Port 10GBase LAN/WAN-XFP Integrated Line Processing Unit	LPUI-40 4x10GBase LAN/WAN-XFP
	40-Port 100/1000Base-X-SFP Integrated Line Processing Unit	LPUI-40 40xFE/GE-SFP
LPUI-41	8-Port 10GBase LAN/WAN-XFP Integrated Line Processing Unit	LPUI-41 8x10GBase LAN/WAN-XFP
	4-Port 10GBase LAN/WAN-XFP Integrated Line Processing Unit	LPUI-41 4x10GBase LAN/WAN-XFP
	48-Port 100/1000Base-X-SFP Integrated Line Processing Unit	LPUI-41 48xFE/GE-SFP
	2-Port 10GBase LAN/WAN-XFP+24-Port 100/1000Base-X-SFP Integrated Line Processing Unit	LPUI-41 2x10GBase LAN/WAN-XFP-20xFE/GE-SFP
	4-Port 10GBase LAN/WAN-XFP Integrated Line Processing Unit (LPUI-41,Supporting 1588v2)	LPUI-41 4x10GBase LAN/WAN-XFP-1588V2
	40-Port 100/1000Base-X-SFP Integrated Line Processing Unit(LPUI-41,Supporting 1588v2)	LPUI-41 40xFE/GE-SFP-1588V2
	2-Port 10GBase LAN/WAN-XFP+20-Port 100/1000Base-X-SFP Integrated Line Processing Unit	LPUI-41 2x10GBase LAN/WAN-XFP-20xFE/GE-SFP-1588V2
LPUS-41	8-Port 10GBase LAN/WAN-XFP Line Processing Unit S	LPUS-41 8x10GBase LAN/WAN-XFP
	4-Port 10GBase LAN/WAN-XFP Line Processing Unit S	LPUS-41 4x10GBase LAN/WAN-XFP
	48-Port 100/1000Base-X-SFP Line Processing Unit S	LPUS-41 40xFE/GE-SFP
	2-Port 10GBase LAN/WAN-XFP+24-Port 100/1000Base-X-SFP Line Processing Unit S	LPUI-41 2x10GBase LAN/WAN-XFP-20xFE/GE-SFP

Cuadro B.6: Tarjetas del NE40E

## B.4. Tarjetas soportadas por los equipos S9300

Entre los diferentes tipos de tarjetas madre que soporta la serie S9300 se tiene:

- SRU



- [MCU](#)
- [LPU](#)
- [FSU](#)
- [VSU](#)
- [SPU](#)

### [SRU](#)

Es aplicable unicamente a los equipos S9306 y S9312. Integra múltiples módulos funcionales como el modulo de conmutación de datos, modulo de control principal, modulo de sistema de monitoreo entre otros. Este modulo puede ser mejorado para proveer el modulo de reloj. Funciona como núcleo del sistema de control y de administración y conmutación de datos.

Las unidades de control principal de los [SRU](#) trabajan en modo de respaldo 1+1; mientras que las unidades de conmutación de datos puede trabajar tanto en modo 1+1 con carga balanceada o 1+1 en modo respaldo. Existen solo dos tipos de SRU y básicamente se diferencian en la capacidad de conmutación de paquetes.

### [MCU](#)

El [MCU](#) es aplicable unicamente al S9303. El [MCU](#) integra el modulo de control principal, modulo CF, modulo de sistema de monitoreo y modulo de reloj.

Es el encargado de procesar protocolos como *Spanning Tree Protocol (STP)*, [MPLS](#) entre otros protocolos de enrutamiento. Monitorea componentes, recopila periódicamente datos de funcionamiento de cada componente y genera información de control basados en los estados actuales de los componentes. Es el encargado de administrar el sistema y monitorear el rendimiento del mismo de acuerdo a las instrucciones del usuario.

### [CMU](#)



Es el encargado de monitorear y administrar los módulos de potencia, de ventilación y *Power over Ethernet (PoE)*.

### LPU

Es usado para procesar paquetes y proveer una interfaz de servicio. Existen 32 tipos de LPUs que pueden ser utilizados en los equipos S9300. FSU

Es usado en los equipos S9306 y S9312 conocido también como *Flexible Service Unit A (FSUA)*. Encargado de las funciones de operaciones, administración y gestión de:

- Hardware basado en Ethernet
- Hardware basado en MPLS
- Hardware basado en BFD

Es una subtarjeta en el SRU de los equipos que la soportan y es el usuario el encargado de escoger si instala el FSUA de acuerdo a sus requerimientos de servicio.

### VSU

Es utilizado para conectar múltiples dispositivos para formar un arreglo de estos. El VSU que se utiliza en los equipos S9306 y S9312 es el VSTSA el cual es instalado en un SRU y es configurado de acuerdo a los requerimientos de servicio.

### SPU

Es llamado *Value Added service Multi-core Processor (VAMPA)* donde la A representa la versión. Es el encargado de funciones como:

- Cortafuegos
- *Network Address Translation (NAT)*
- NetStream integrado



- Cargas balanceadas
- *Internet Protocol security (IPsec) VPN*

El listado de tarjetas soportadas por cada una de las tarjetas madre son:

Tipo de Tarjeta	Descripción	Serigrafía
SRU	Provee un servicio de 1 Tbit/s en capacidad de conmutación	SRUA
	Provee un servicio de 2 Tbit/s en capacidad de conmutación	SRUB
MCU	MCU es aplicable unicamente al equipo S9303.	MCU
CMU	Ayuda a momitorear y manejar módulos de potencia, ventilación y PoE	CMU
LPU	48-port 100M Ethernet optical LPU (EA, SFP) - 32K MAC F48SA	
	48-port 100M Ethernet optical LPU (EC, SFP)- 128K MAC	F48SC
	48-port 100M Ethernet electrical LPU (EA, RJ45)-32K MAC	F48TA
	48-port 100M Ethernet electrical LPU (EC, RJ45)-128K MAC	F48TC
	48-port 100M Ethernet electrical LPU (FA, RJ45)- 32K MAC	F48TFA
	48-port 100M/1000M Ethernet optical LPU (EA, SFP)-32K MAC	G48SA
	48-port 100M/1000M Ethernet optical LPU (EC, SFP)-128K MAC	G48SC
	48-port 100M/1000M Ethernet optical LPU (ED, SFP)-512K MAC	G48SD
	48-port 1000M Ethernet optical LPU (FA, SFP)- 32K MAC	G48SFA
	48-port 100M/1000M Ethernet optical LPU (EA, RJ45)-32K MAC	G48TA
	48-port 100M/1000M Ethernet optical LPU (EC, RJ45)-128K MAC	G48TC
	48-port 100M/1000M Ethernet optical LPU (ED, RJ45)-512K MAC	G48TD



Tipo de Tarjeta	Descripción	Serigrafía
	12-Port 100M/1000M Optical interface + 36-Port 100M/1000M electrical LPU (EA, RJ45/SFP)-32K MAC	G48CEAT
	48-Port 1000M Ethernet electrical LPU Card (FA,RJ45)-32K MAC	G48TFA
	48-port 100M/1000M Ethernet PoE electrical LPU (EA, RJ45, POE)-32K MAC	G48VA
	4-port 10GE optical LPU (EA, XFP)-32K MAC	X4UXA
	4-port 10GE optical LPU (EC, XFP)-128K MAC	X4UXC
	4-port 10GE optical LPU (ED, XFP)-512K MAC	X4UXD
	2-port 10GE optical LPU (EA, XFP)-32K MAC	X2UXA
	2-port 10GE optical LPU (EC, XFP)-128K MAC	X2UXC
	24-port 100M/1000M Ethernet optical + 8-port 100M/1000M Combo electrical LPU (EA, SFP/RJ45, 1588v2) -32K MAC	G24CEAS
	24-port 100M/1000M Ethernet optical LPU (SA, SFP) -32K MAC	G24SA
	24-port 100M/1000M Ethernet optical LPU (EC, SFP) -128K MAC	G24SC
	24-port 100M/1000M Ethernet optical LPU (ED, SFP) -512K MAC	G24SD
	24-port 100M/1000M Ethernet optical + Combo electrical LPU (SA,SFP/RJ45) -32K MAC	G24CA
	12-port 10GE optical LPU (SA,SFP+) -32K MAC	X12SA
	48-port 10GE optical LPU (SA, SFP+) -32K MAC	X48SSA
	24-port 100M/1000M Ethernet electrical and 2-port GE optical LPU (EA, RJ45/XFP) -32K MAC	T24XA
	24-port 100M/1000M Ethernet optical and 2-port GE optical LPU (EA, SFP/XFP) -32K MAC	S24XA
	12-port 1000M EPON optical and 12-port 100M/1000M Ethernet optical LPU (SFP)	E12GA
FSU	Provee un servicio de 20 Gbit/s en capacidad de conmutación	20 Gbit/s FSUA
VSU	Proporciona la función de apilamiento de varios dispositivos.	VSTSA



Tipo de Tarjeta	Descripción	Serigrafía
SPU	Servicio de valor agregado de procesador multi-core; que soporta las funciones de: <ul style="list-style-type: none"><li>• Firewall</li><li>• NAT</li><li>• Carga balanceada</li><li>• NetStream integrado</li></ul>	VAMPA

Cuadro B.7: Tarjetas del equipo S93xx





UNIVERSIDAD DE CUENCA  
*desde 1867*





## Apéndices C

# Segmento, ubicación y equipos de la red ETAPA IP/MPLS

En el presente apendice se presenta el segmento de red, el tipo de equipo y la ubicación de los diferentes equipos utilizados en la red [MPLS](#) de ETAPA.

Segmento	Equipo	Ubicación
Core-Distribución	NE40E-X8	Totoracocha
Core-Distribución	NE40E-X8	Ejido
Core-Distribución	NE40E-X8	Centro
Core-Distribución	NE40E-X8	Cebollar
Agregación	S9312	Centro
Agregación	S9312	Ejido
Agregación	S9312	Totoracocha
Agregación	NE40E-X8	Gonzales Suarez
Agregación	NE40E-X8	Ricaurte
Agregación	NE40E-X8	Patamarca
Agregación	NE40E-X8	Miraflores
Agregación	NE40E-X8	Cebollar
Agregación	NE40E-X8	Laguna
Agregación	NE40E-X8	Arenal



Segmento	Equipo	Ubicación
Agregación	NE40E-X8	Narancay
Agregación	NE40E-X8	Don Bosco
Agregación	NE40E-X8	Bodega
Acceso	S9303	Ucubamba
Acceso	S9303	Capulispamba
Acceso	S9303	Parque Industrial
Acceso	S9303	Turuhuaico
Acceso	S9303	Tanques
Acceso	S9303	Racar
Acceso	S9303	Dizha
Acceso	S9303	Facte
Acceso	S9303	Ramada
Acceso	S9303	Tarqui
Acceso	S9303	Baños
Acceso	S9303	Andes
Acceso	S9303	Iguazu
Acceso	S9303	Escuela Panama
Acceso	S9303	Ictocruz
Acceso	S9303	Hospital del Rio
Acceso	S9303	Monay
Acceso	S9303	Valle
Acceso	S9303	Ciudadela Tomebamba

Cuadro C.1: Segmento, ubicación y equipos de la red ETAPA IP/MPLS

## Apéndices D

# Enlaces de los equipos de agregación a los de distribución

A continuación se expone el histórico de tráfico de los enlaces de *upstream* de los routers NE40E-X8 utilizados como equipos de agregación.

### D.1. Totoracocha

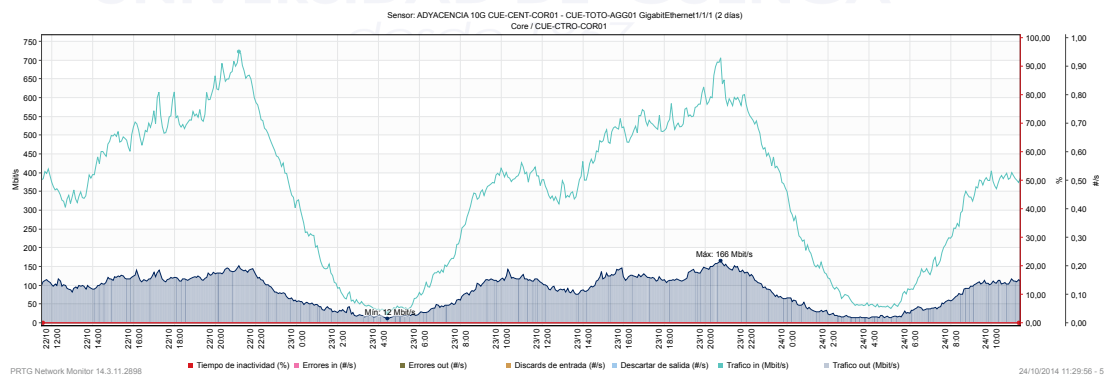


Figura D.1: Tráfico del sector Totoracocha en dos días.

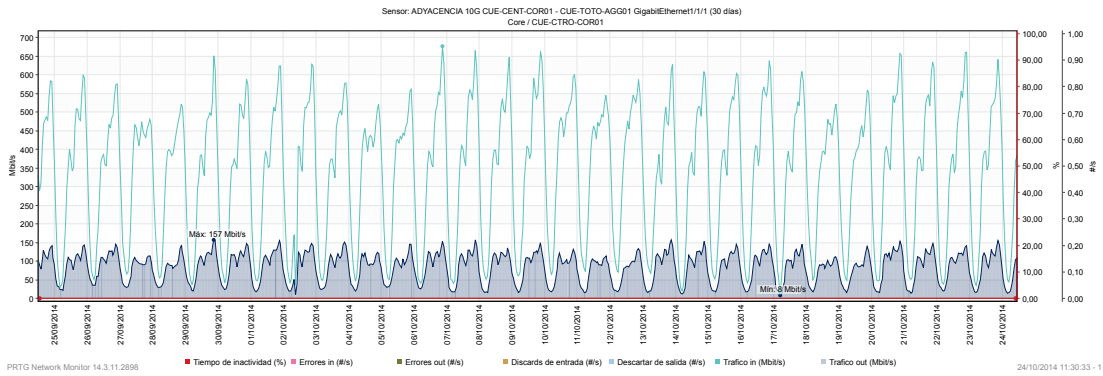


Figura D.2: Tráfico del sector Totoracocha en treinta días.

## D.2. Miraflores

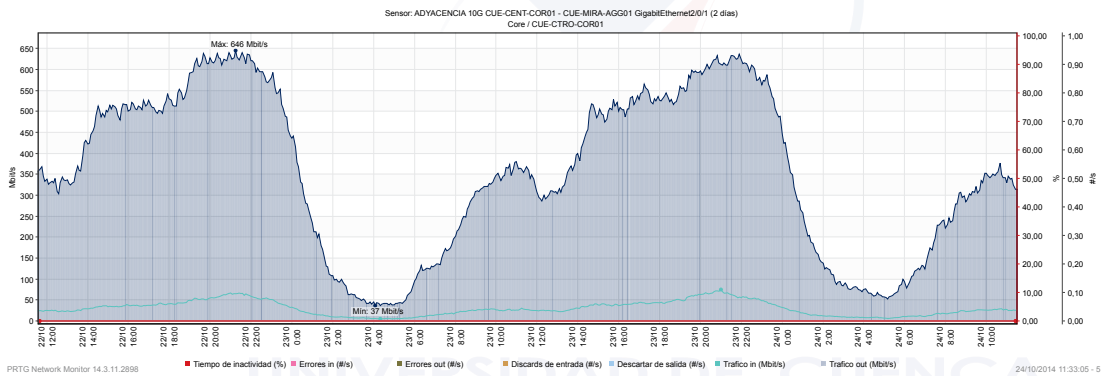


Figura D.3: Tráfico del sector Miraflores en dos días.

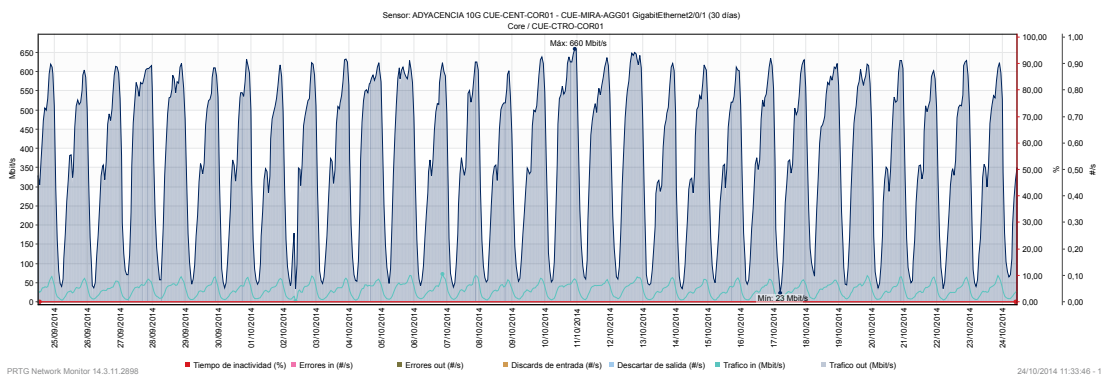


Figura D.4: Tráfico del sector Miraflores en treinta días.

### D.3. Laguna

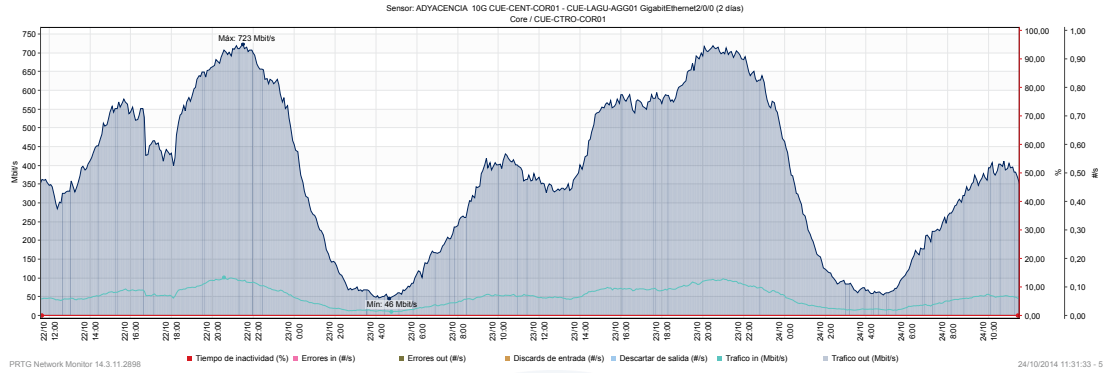


Figura D.5: Tráfico del sector Laguna en dos días.

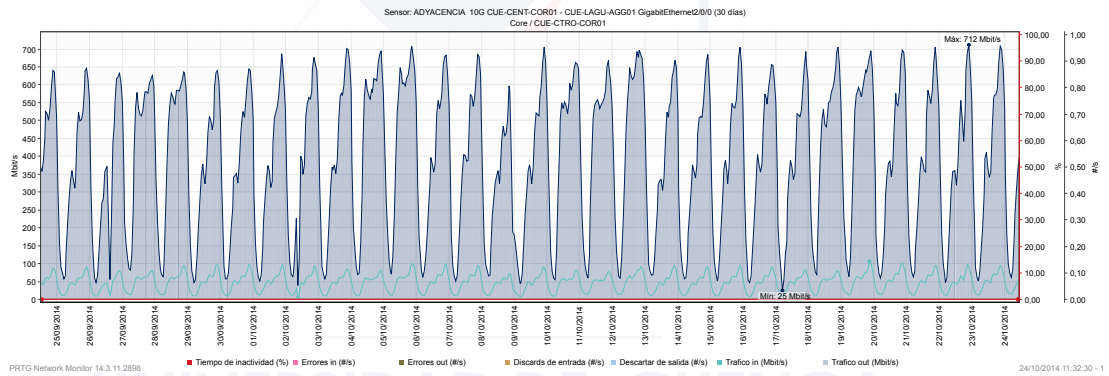


Figura D.6: Tráfico del sector Laguna en treinta días.

### D.4. Gonzalez Suarez

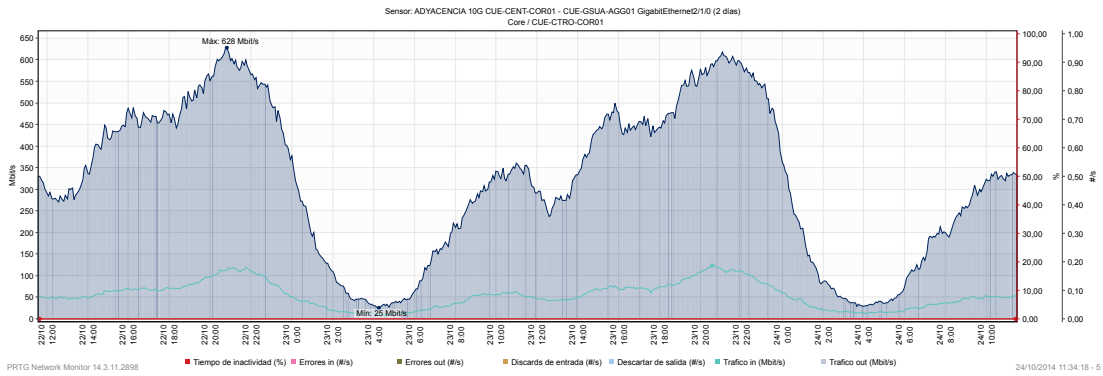


Figura D.7: Tráfico del sector Gonzalez Suarez en dos días.

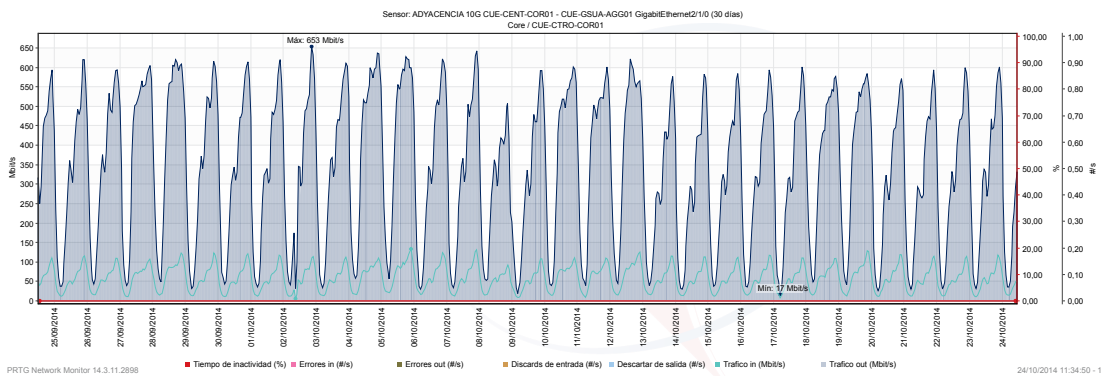


Figura D.8: Tráfico del sector Gonzalez Suarez en treinta días.

## D.5. Centro

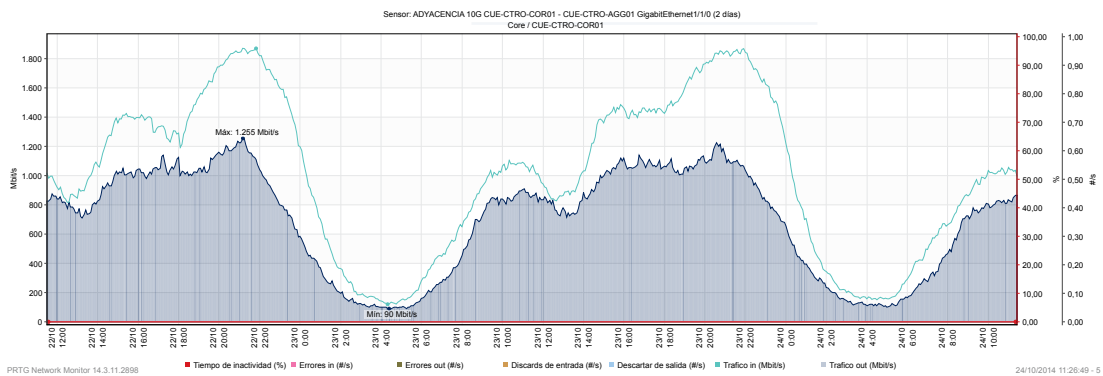


Figura D.9: Tráfico del sector Centro en dos días.

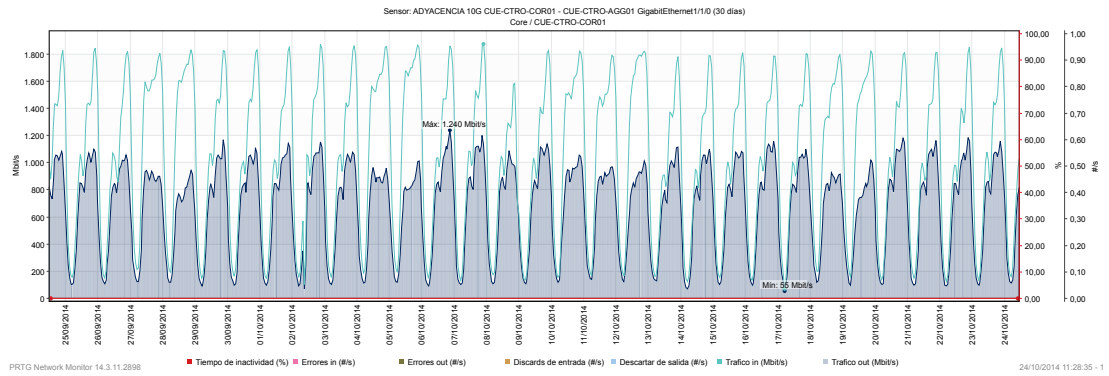


Figura D.10: Tráfico del sector Centro en treinta días.

## D.6. Cebollar

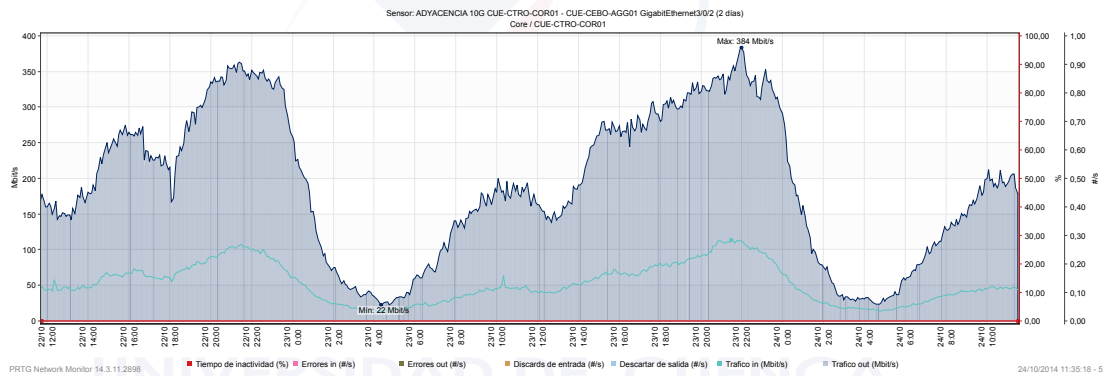


Figura D.11: Tráfico del sector Cebollar en dos días.

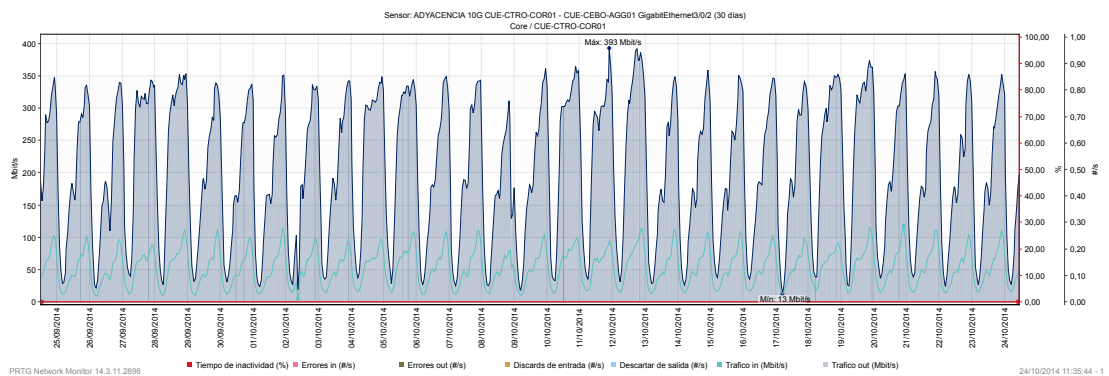


Figura D.12: Tráfico del sector Cebollar en treinta días.



## D.7. Narancay

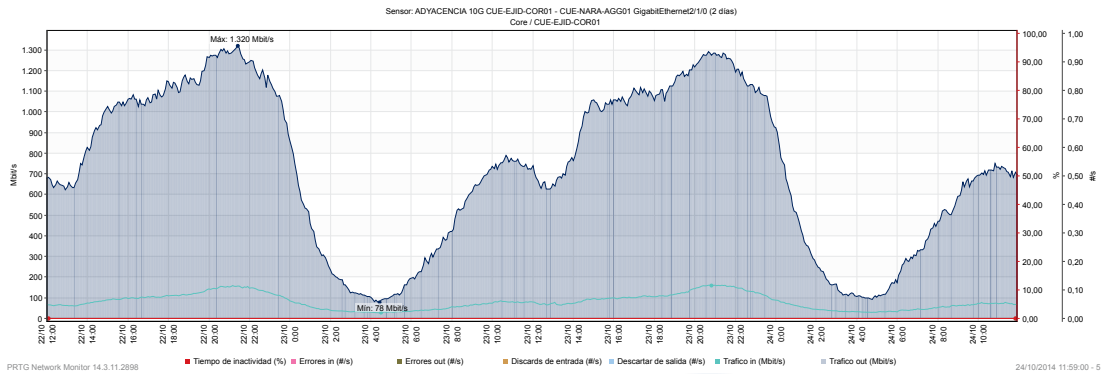


Figura D.13: Tráfico del sector Narancay en dos días.

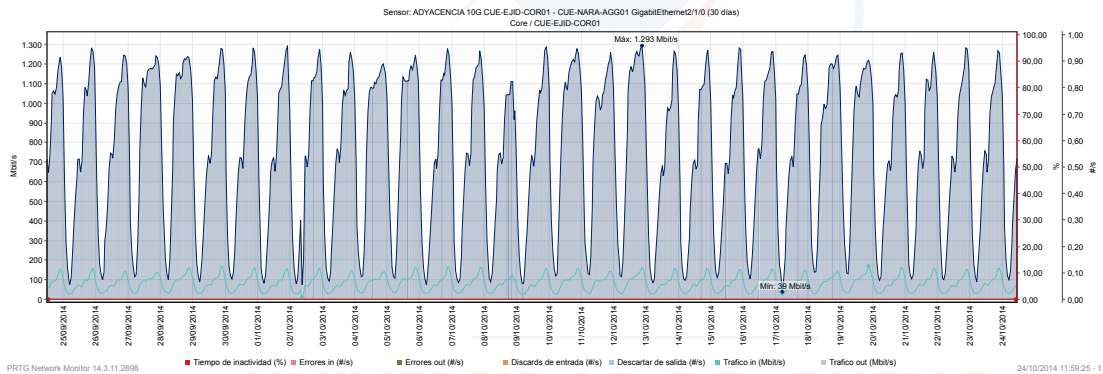


Figura D.14: Tráfico del sector Narancay en treinta días.

## D.8. Ejido



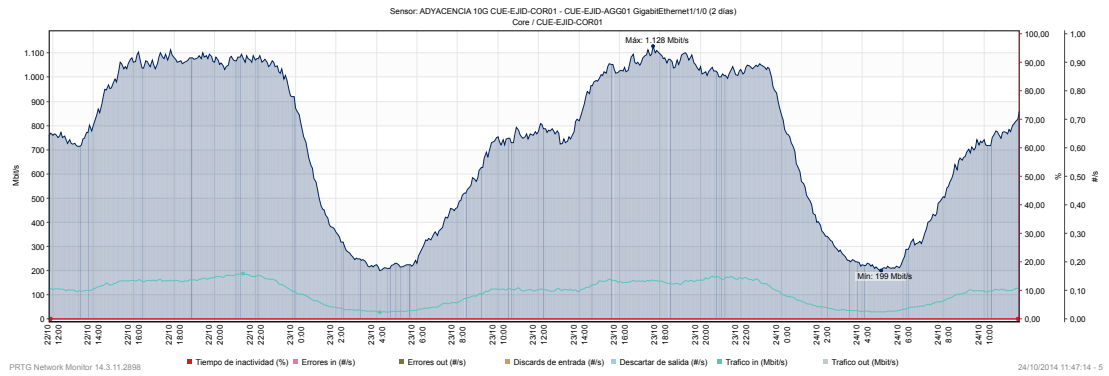


Figura D.15: Tráfico del sector Ejido en dos días.

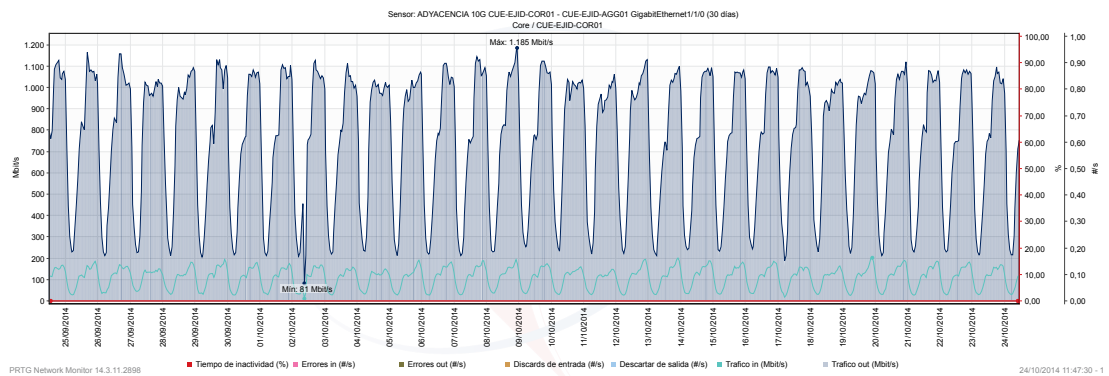


Figura D.16: Tráfico del sector Ejido en treinta días.

## D.9. Don Bosco

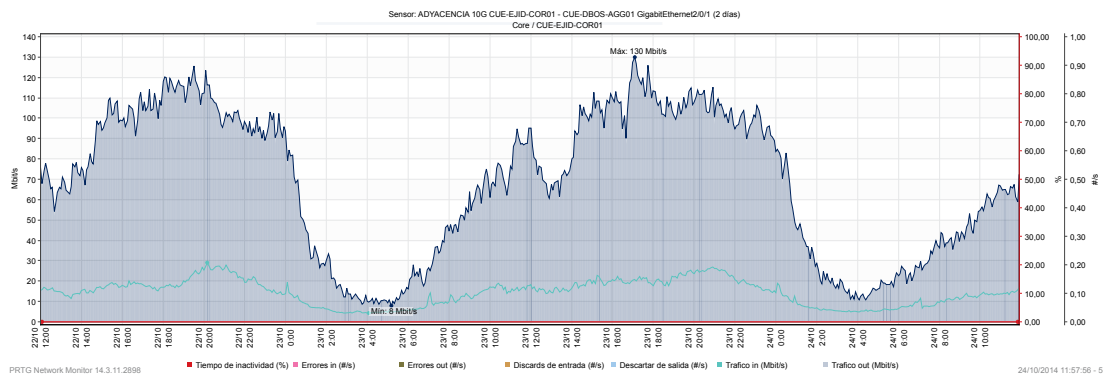


Figura D.17: Tráfico del sector Don Bosco en dos días.

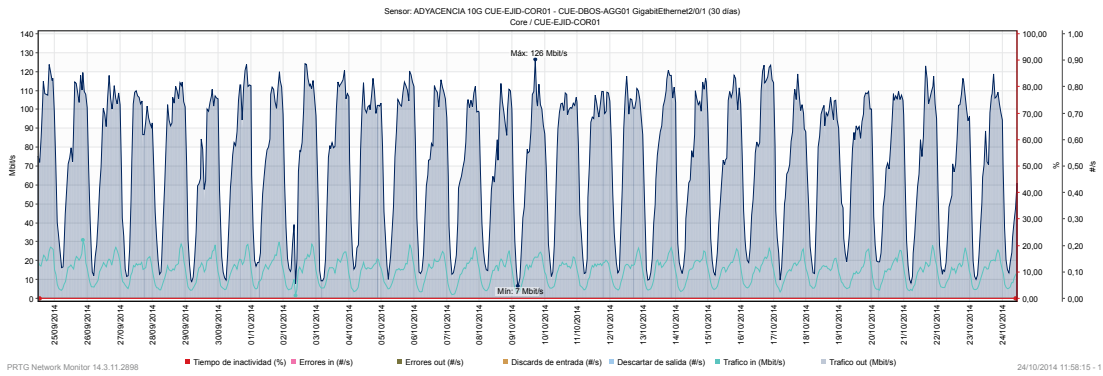


Figura D.18: Tráfico del sector Don Bosco en treinta días.

## D.10. Bodega

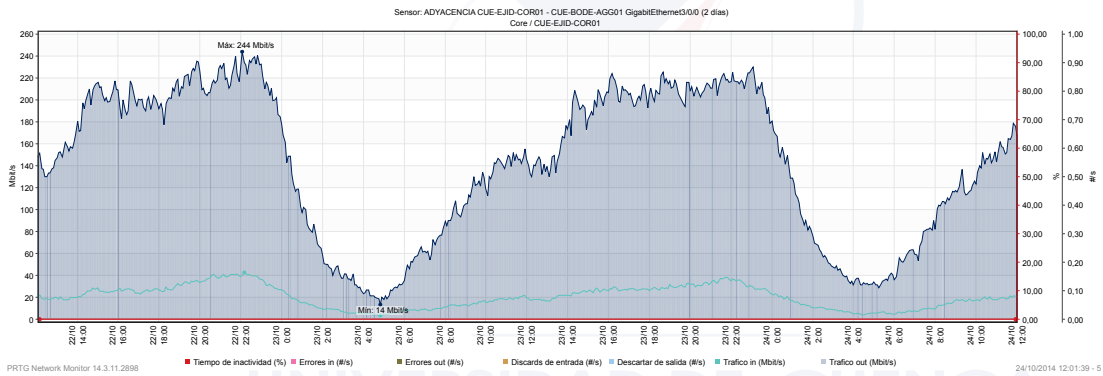


Figura D.19: Tráfico del sector Bodega en dos días.

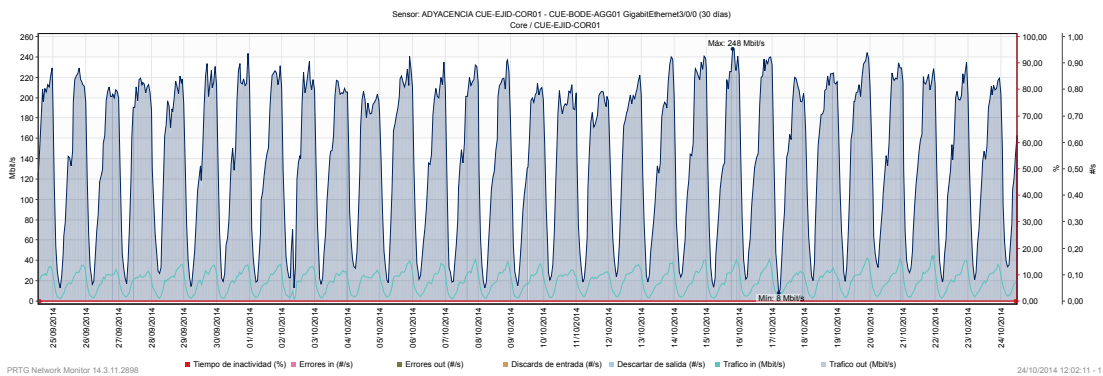


Figura D.20: Tráfico del sector Bodega en treinta días.



## Apéndices E

# SOPs para ampliación de red GPON de ETAPA EP.

### E.1. Ampliación de tarjetas en el equipo múlti- plexor MA5600T


UNIVERSIDAD DE CUENCA  
*desde 1867*



---

UNIVERSIDAD DE CUENCA  
*desde 1867*

---

	<b>EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO</b>	<b>Fecha: 5/11/2014</b>	<b>Número: 001</b>
	<b>Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON</b>	<b>AMPLIACIÓN DE TARJETAS EN EL EQUIPO MULTIPLEXOR MA5600T.</b>	
	<b>Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.</b>	<b>Fecha de revisión: / /</b>	

## 1. OBJETIVO

Optimizar el proceso de ampliación de tarjetas de servicio GPBH, en un equipo multiplexor MA5600T (ver figura 1) de la red GPON de ETAPA EP, mediante el cálculo de los requerimientos necesarios para la ampliación, y la delineación secuencial y ordenada de los pasos a seguir.

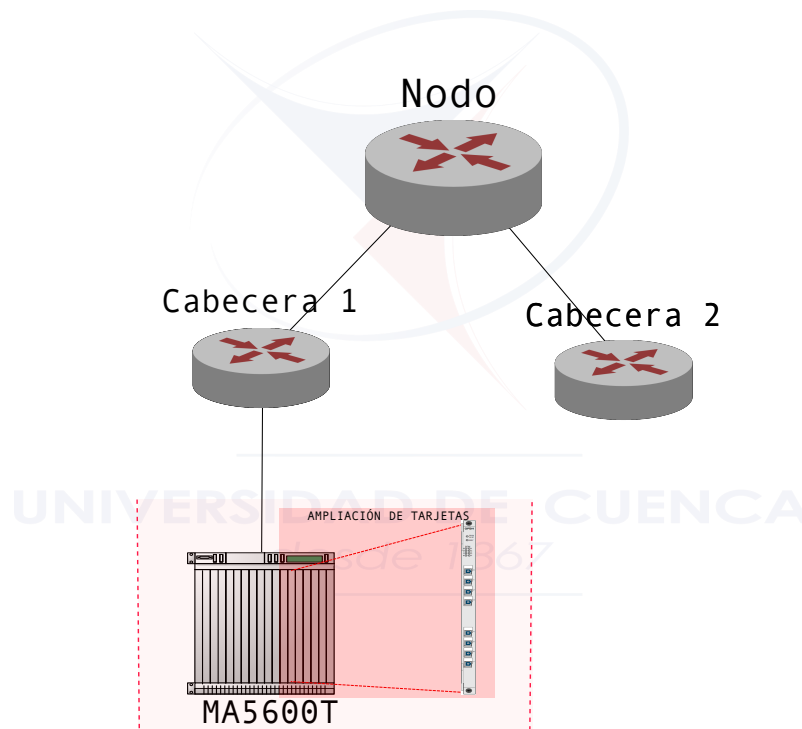



Figura 1: Ampliación de tarjetas GPBH, en un equipo multiplexor MA5600T.

## 2. ALCANCE

Este procedimiento se aplica en la ampliación de tarjetas de servicio en los equipos de acceso GPON utilizados por ETAPA EP. Está orientado para el personal técnico de

	EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO	Fecha: 5/11/2014	Número: 001
	Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON	AMPLIACIÓN DE TARJETAS EN EL EQUIPO MULTIPLEXOR MA5600T.	
	Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.	Fecha de revisión: / /	


telecomunicaciones y profesionales en libre ejercicio que realicen operaciones de ampliación de la red GPON.

### 3. REFERENCIAS

- Product Description: SmartAX MA5600T/MA5603T Access Module, HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD., 2012, V800R011C00.
- Hardware Description: SmartAX MA5600T/MA5603T/MA5608T Multiservice Access Module, HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD., 2013.

### 4. DEFINICIONES

- **SFP:** "Small form-factor pluggable transceptor" ó Transceptor conectable de factor de forma pequeño, es un transceptor compacto utilizado para las aplicaciones de comunicaciones de datos y telecomunicaciones.
- **GPON:** "Gigabit-capable passive optical network" ó Red óptica pasiva con capacidad de gigabit.
- **MPLS:** "Multi Protocol Label Switching" ó Multiprotocolo de conmutación de etiquetas utilizado como mecanismo de transporte de datos.
- **ONT:** "Optical Network Units" ó Terminal Óptico de Red.
- **OLT:** "Optical line termination" ó Unidad Óptica Terminal de Línea.
- **Nodo:** Equipo de agregación al que se conecta el MA5600T, que permite recibir y enviar datos.
- **Spliteo:** Divisiones de la señal óptica de entrada en N ramas de salida con mínimas pérdidas.

	<b>EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO</b>	<b>Fecha: 5/11/2014</b>	<b>Número: 001</b>
	<b>Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON</b>	<b>AMPLIACIÓN DE TARJETAS EN EL EQUIPO MULTIPLEXOR MA5600T.</b>	
	<b>Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.</b>	<b>Fecha de revisión: / /</b>	


- **Upstream:** Tráfico de subida que fluye desde el usuario hacia la cabecera.
- **Slot:** Conector o puerto de expansión en la placa base del equipo.

## 5. RESPONSABILIDADES

1. El jefe del área de Telecomunicaciones se responsabilizará de:
  - Designar el personal para la supervisión de la ampliación de las tarjetas de servicio.
  - La logística y la adquisición de los materiales, elementos y equipos necesarios para la ampliación.
2. Es responsabilidad de la persona a cargo de la ampliación (contratista o técnico):
  - Dar el cumplimiento de este procedimiento sujetándose a políticas técnicas de ETAPA EP.
  - Tomar las medidas de seguridad necesarias para garantizar la integridad del personal y de los equipos
3. El técnico experto se encargará de:
  - Supervisar el montaje y configuración de las tarjetas, asegurar que se cumplan las normas y políticas de ETAPA EP.

## 6. INTERACCIÓN CON OTROS PROCEDIMIENTOS

- **Ampliación de un OLT en un equipo de agregación existente**, en caso de que no existan slots de servicio disponibles para la ampliación.

	<b>EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO</b>	<b>Fecha: 5/11/2014</b>	<b>Número: 001</b>
	<b>Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON</b>	<b>AMPLIACIÓN DE TARJETAS EN EL EQUIPO MULTIPLEXOR MA5600T.</b>	
	<b>Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.</b>	<b>Fecha de revisión: / /</b>	

## 7. ACTIVIDADES

### Identificación de variables

#### 1. Sector

Determinar la cabecera GPON que se va a utilizar en base a la ubicación geográfica de los clientes y los planos de fibra óptica tendida por ETAPA EP. Existen cabeceras GPON en los sectores marcados de la figura 2.




Figura 2: Ubicación de equipos MA5600T en la ciudad de Cuenca.

#### 2. Número clientes

Realizar un conteo de las solicitudes de clientes que requieran los servicios de internet, telefonía o IPTV.



	EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO	Fecha: 5/11/2014	Número: 001
	Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON	AMPLIACIÓN DE TARJETAS EN EL EQUIPO MULTIPLEXOR MA5600T.	
	Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.	Fecha de revisión: / /	

### 3. Tráfico sobre la red MPLS

Por cada servicio que se vaya a ofertar, se debe conocer cuánto tráfico se va a generar en la red MPLS, en base al número de usuarios y el tráfico que generará el nuevo servicio. Esta información es esencial para el procedimiento y deberá ser proporcionada por el encargado del proyecto.

### 4. Nivel de *spliteo*

Considerar el nivel de *spliteo* que tiene la red de fibra óptica tendida por ETAPA EP. En la actualidad ETAPA EP, trabaja con dos niveles de *spliteo* de  $1 \times 8$  (como se muestra en la figura 3 ), es decir, una fibra que sale del OLT se divide en 64 fibras.

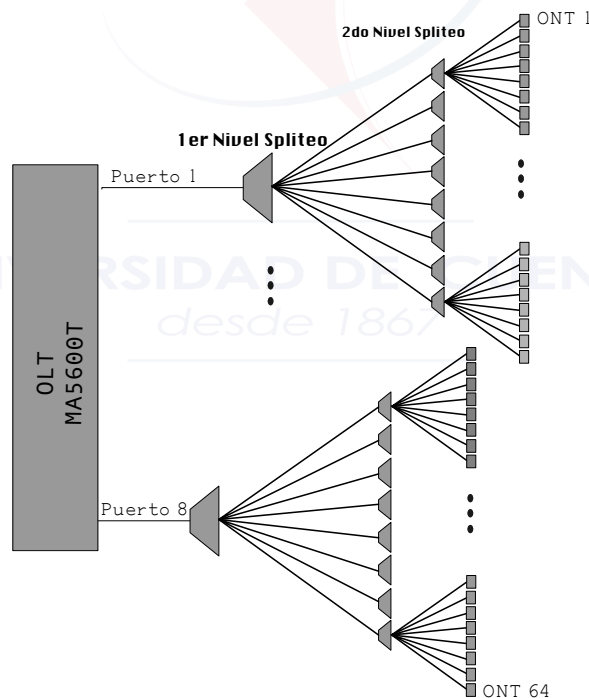



Figura 3: Nivel de spliteo utilizado en la red de fibra óptica de ETAPA EP.

**Observación.** Si el tráfico del nuevo servicio a brindar, sumado al tráfico existente, supera la capacidad del enlace de upstream, se producirá la necesidad de de agregar

	<b>EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO</b>	<b>Fecha: 5/11/2014</b>	<b>Número: 001</b>
	<b>Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON</b>	<b>AMPLIACIÓN DE TARJETAS EN EL EQUIPO MULTIPLEXOR MA5600T.</b>	
	<b>Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.</b>	<b>Fecha de revisión: / /</b>	

un nuevo OLT.

## Cálculo de componentes

### 1. Número de puertos

Para calcular el número de puertos se divide la cantidad de usuarios, entre el nivel de *spliteo* (ver ecuación 1):

$$N^{\circ}puertos = \frac{N^{\circ}usuarios}{(nivelSpliteo)} \quad (1)$$

### 2. Cálculo de SFPs

El número de SFPs es igual al al numero de puertos (ver ecuación 2), mas un porcentaje adicional en caso de fallas .

$$N^{\circ}SFPs = N^{\circ}puertos \quad (2)$$


### 3. Cálculo de Tarjetas

Para calcular el número de tarjetas, se divide la cantidad de puertos necesarios para la ampliación (calculados con la formula 3) entre la cantidad de puertos de servicio que tiene la tarjeta.

$$N^{\circ} Tarjetas = \frac{N^{\circ} puertos}{Puerto x tarjeta} \quad (3)$$

## Recálculo de requerimientos

En caso de existir puertos de servicio sin ser utilizados, realizar un recálculo de requerimientos para aprovechar la infraestructura existente y optimizar la red.

	<b>EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO</b>	<b>Fecha: 5/11/2014</b>	<b>Número: 001</b>
	<b>Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON</b>	<b>AMPLIACIÓN DE TARJETAS EN EL EQUIPO MULTIPLEXOR MA5600T.</b>	
	<b>Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.</b>	<b>Fecha de revisión: / /</b>	

### 1. Recálculo de puertos

Se restan los puertos necesarios menos los puertos de servicio disponibles (ver ecuación 4).

$$Total\ puertos = N^{\circ}\ de\ puertos\ necesarios - N^{\circ}\ de\ puertos\ disponibles \quad (4)$$

### 2. Recálculo de SFPs

Se restan los SFPs necesarios menos el número de puertos con SFPs disponibles (ver ecuación 5).

$$Total\ SFPs = N^{\circ}\ de\ SFP\ necesarios - N^{\circ}\ de\ puertos\ con\ SFP\ disponibles \quad (5)$$

### 3. Recálculo de Tarjetas


Recalcular el número de tarjetas considerando el número de puertos obtenidos en el recálculo (ver ecuación 6).

$$N^{\circ}\ Tarjetas = \frac{N^{\circ}\ puertos}{Puerto\ x\ tarjeta} \quad (6)$$

## 8. HISTORIAL DE REVISIONES

Versión	Fecha	Razón del cambio o modificación
1.0	5 de noviembre de 2014	Creación del SOP
1.1		
1.2		
1.3		


Cuadro 1: Historial de revisiones.

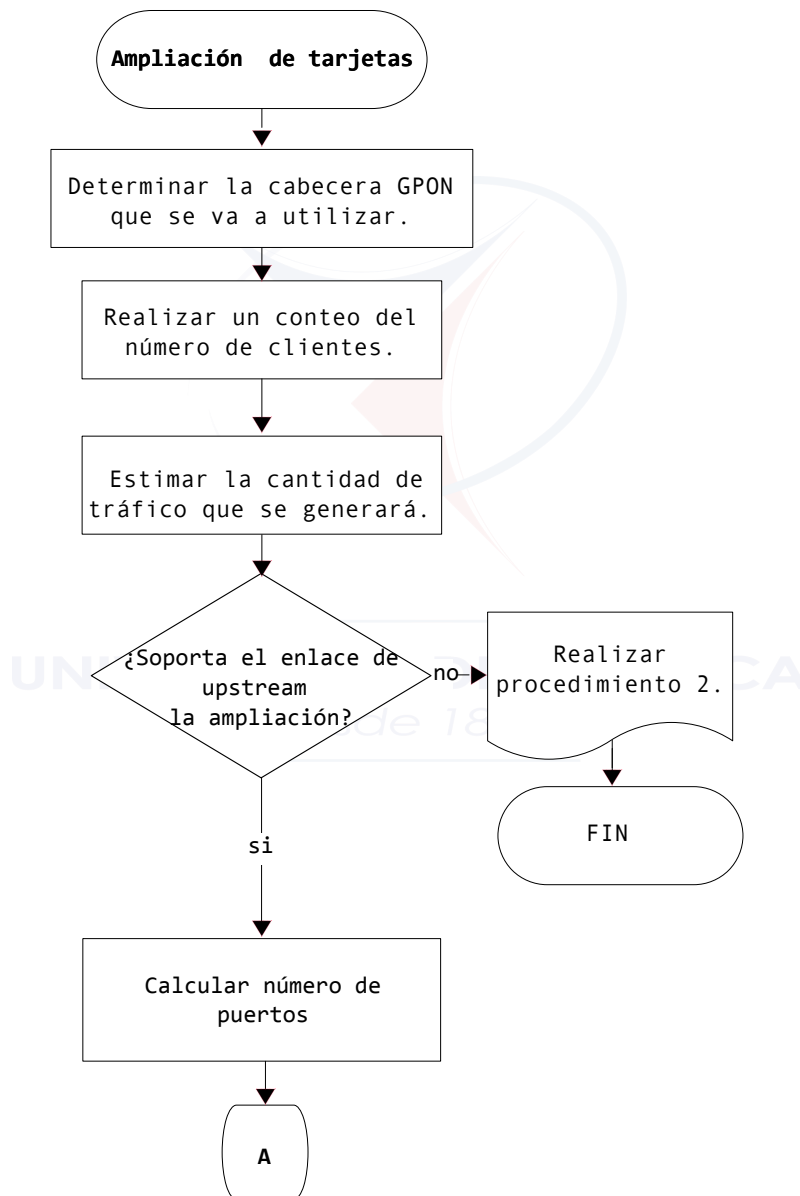
	<b>EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO</b>	<b>Fecha: 5/11/2014</b>	<b>Número: 001</b>
	<b>Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON</b>	<b>AMPLIACIÓN DE TARJETAS EN EL EQUIPO MULTIPLEXOR MA5600T.</b>	
	<b>Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.</b>	<b>Fecha de revisión: / /</b>	

## 9. ANEXOS

A continuación se presenta un diagrama de flujo del SOP.



	<b>EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO</b>	<b>Fecha: 5/11/2014</b>	<b>Número: 001</b>
	<b>Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON</b>	<b>AMPLIACIÓN DE TARJETAS EN EL EQUIPO MULTIPLEXOR MA5600T.</b>	
	<b>Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.</b>	<b>Fecha de revisión: / /</b>	





EMPRESA MUNICIPAL DE  
TELECOMUNICACIONES,  
AGUA POTABLE Y  
SANEAMIENTO

Fecha: 5/11/2014

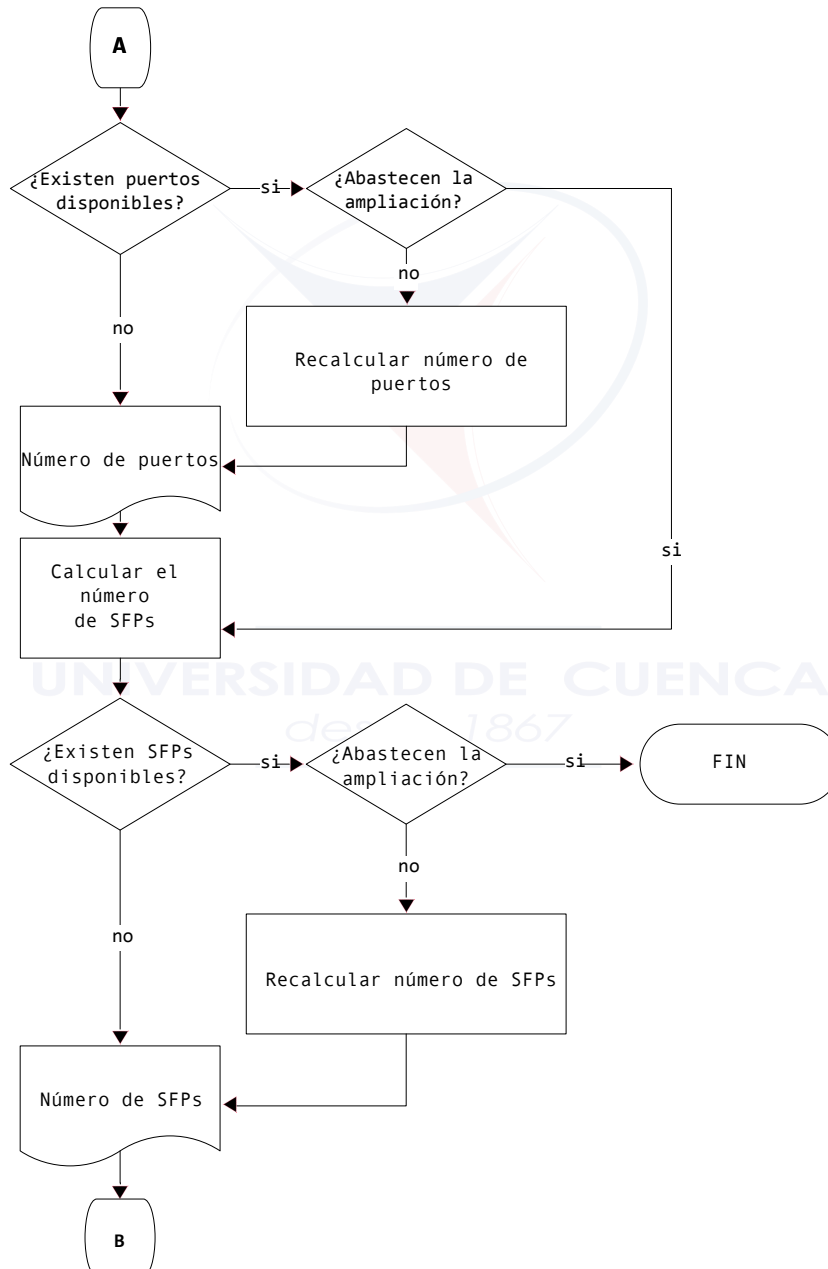
Número: 001


Procedimiento para la ampliacion  
de cabeceras GPON

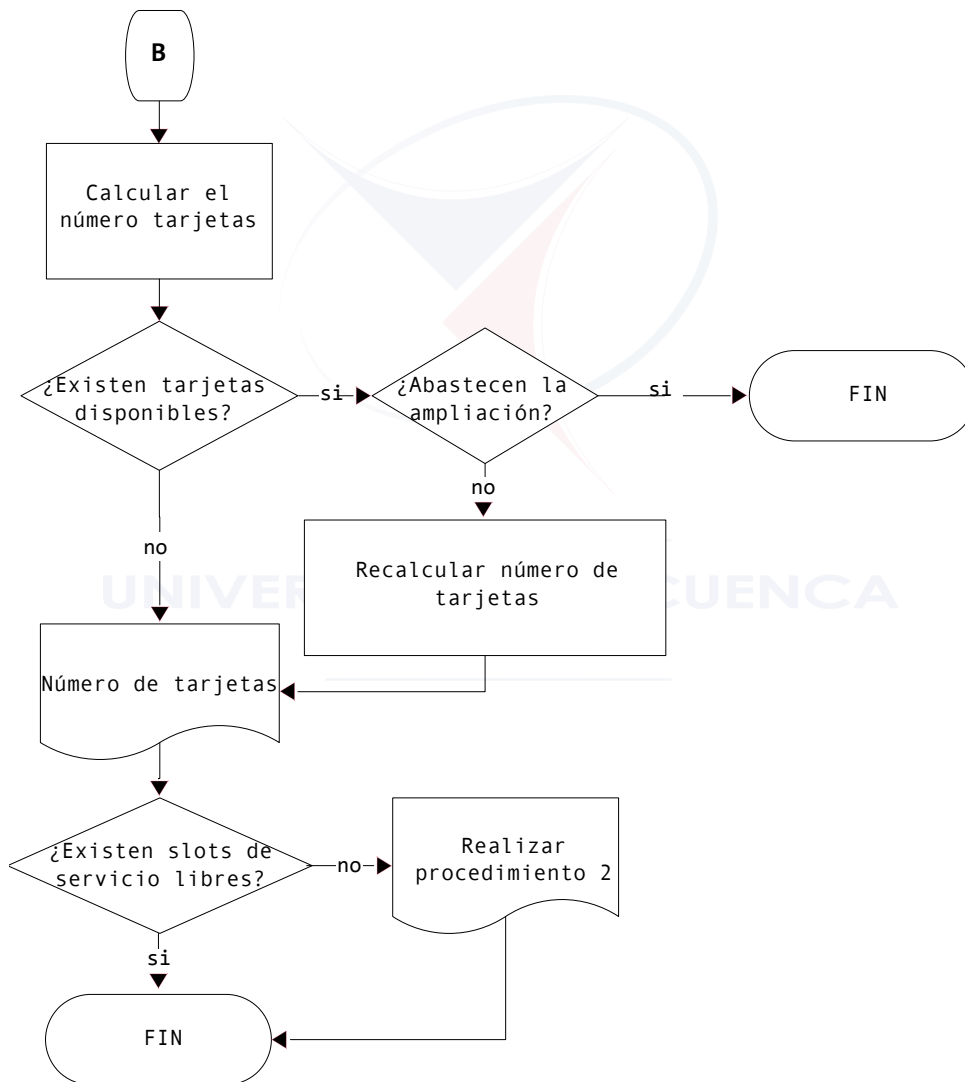
AMPLIACIÓN DE TARJETAS  
EN EL EQUIPO MULTIPLEXOR  
MA5600T.

Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.

Fecha de revisión: / /



	<b>EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO</b>	Fecha: 5/11/2014	Número: 001
	Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON	<b>AMPLIACIÓN DE TARJETAS EN EL EQUIPO MULTIPLEXOR MA5600T.</b>	
	Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.	Fecha de revisión: / /	






## E.2. Ampliación de un **OLT** en un equipo de agregación existente



UNIVERSIDAD DE CUENCA  
*desde 1867*



	<b>EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO</b>	Fecha: 5/11/2014	Número: 002
	Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON	<b>AMPLIACIÓN DE UN OLT EN UN EQUIPO DE AGREGACIÓN EXISTENTE.</b>	
	Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.	Fecha de revisión: / /	

## 1. OBJETIVO

Optimizar el proceso de ampliación de un equipo MA5600T en una cabecera existente en la red de ETAPA EP (ver figura 1), mediante el cálculo de los componentes necesarios para la ampliación, y la delineación secuencial y ordenada de los pasos a seguir.

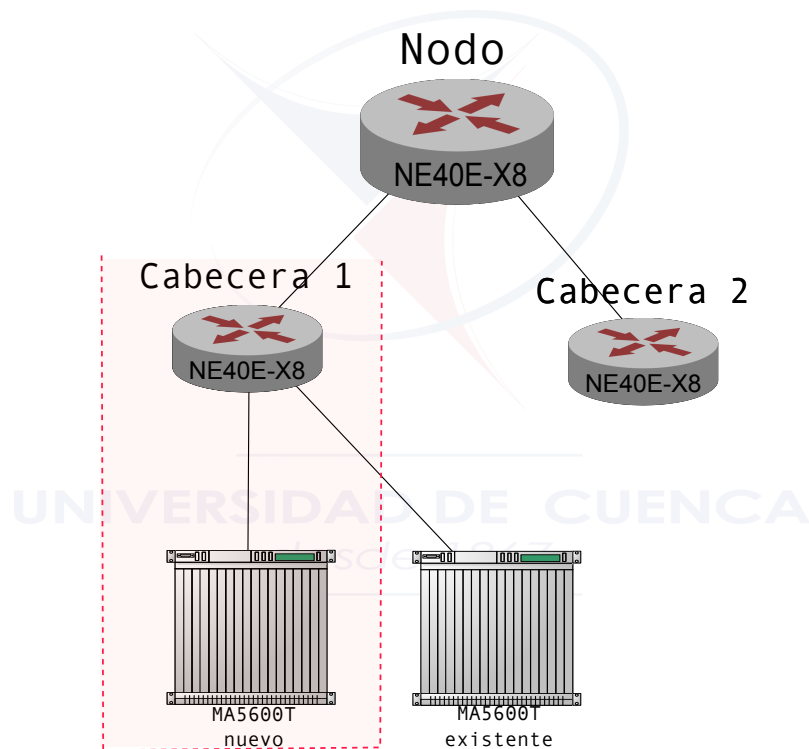



Figura 1: Ubicación de equipos MA5600T en la ciudad de Cuenca.

## 2. ALCANCE

Este procedimiento se aplica en el proceso de ampliación de un equipo MA5600T en una cabecera existente en la red GPON de ETAPA EP. Está orientado para el personal técnico de

	<b>EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO</b>	<b>Fecha: 5/11/2014</b>	<b>Número: 002</b>
	<b>Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON</b>	<b>AMPLIACIÓN DE UN OLT EN UN EQUIPO DE AGREGACIÓN EXISTENTE.</b>	
	<b>Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.</b>	<b>Fecha de revisión: / /</b>	


telecomunicaciones y profesionales en libre ejercicio que realicen operaciones de ampliación de la red GPON.

### 3. REFERENCIAS

- Product Description: SmartAX MA5600T/MA5603T Access Module, HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD., 2012, V800R011C00.
- Hardware Description: SmartAX MA5600T/MA5603T/MA5608T Multiservice Access Module, HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD., 2013.
- Product Description: NetEngine40E Universal Service Router, HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD., 2010, V600R002.
- Hardware Description: NetEngine40E Universal Service Router, HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD., 2012,V600R005C00.

### 4. DEFINICIONES


- **SFP:** "Small form-factor pluggable transceptor" ó Transceptor conectable de factor de forma pequeño, es un transceptor compacto utilizado para las aplicaciones de comunicaciones de datos y telecomunicaciones.
- **GPON:** "Gigabit-capable passive optical network" ó Red óptica pasiva con capacidad de gigabit.
- **MPLS:** "Multi Protocol Label Switching" ó Multiprotocolo de conmutación de etiquetas utilizado como mecanismo de transporte de datos.
- **ONT:** "Optical Network Units" ó Terminal Óptico de Red.
- **OLT:** "Optical line termination" ó Unidad Óptica Terminal de Línea.

	EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO	Fecha: 5/11/2014	Número: 002
	Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON	AMPLIACIÓN DE UN OLT EN UN EQUIPO DE AGREGACIÓN EXISTENTE.	
	Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.	Fecha de revisión: / /	

- **Nodo:** Equipo de agregación al que se conecta el MA5600T, que permite recibir y enviar datos.
- **Spliteo:** Divisiones de la señal óptica de entrada en N ramas de salida con mínimas pérdidas.
- **Upstream:** Tráfico de subida que fluye desde el usuario hacia la cabecera.
- **Slot:** Conector o puerto de expansión en la placa base del equipo.

## 5. RESPONSABILIDADES

1. El jefe del área de Telecomunicaciones se responsabilizará de:
  - Designar el personal para la supervisión de la ampliación de las tarjetas de servicio.
  - La logística y la adquisición de los materiales, elementos y equipos necesarios para la ampliación.
2. Es responsabilidad de la persona a cargo de la ampliación (contratista o técnico):
  - Dar el cumplimiento de este procedimiento sujetándose a políticas técnicas de ETAPA EP.
  - Tomar las medidas de seguridad necesarias para garantizar la integridad del personal y de los equipos
3. El técnico experto se encargará de:
  - Supervisar el montaje y configuración de las tarjetas, asegurar que se cumplan las normas y políticas de ETAPA EP.

	<b>EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO</b>	<b>Fecha: 5/11/2014</b>	<b>Número: 002</b>
	<b>Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON</b>	<b>AMPLIACIÓN DE UN OLT EN UN EQUIPO DE AGREGACIÓN EXISTENTE.</b>	
	<b>Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.</b>	<b>Fecha de revisión: / /</b>	

## 6. INTERACCIÓN CON OTROS PROCEDIMIENTOS

- **Ampliación de un equipo de agregación en la red MPLS**, en caso de que el enlace de upstream no soporte la ampliación de OLTs

## 7. ACTIVIDADES

### Identificación de variables

#### 1. Sector

Determinar ubicación geográfica del sector en donde se añadirá el nuevo equipo de acceso MA5600T. Actualmente existen OLTs en los sectores marcados de la figura 2.

#### 2. Tráfico sobre la red MPLS


Por cada servicio que se vaya a ofertar, se debe conocer cuánto tráfico se va a generar en la red MPLS, en base al número de usuarios y el tráfico que generará el nuevo servicio. Esta información es esencial para el procedimiento y deberá ser proporcionada por el encargado del proyecto.

**Observación** Si el tráfico del nuevo servicio a brindar, sumado al tráfico existente, supera la capacidad del enlace hacia el equipo de agregación, se producirá la necesidad de de agregar un nuevo equipo de agregación .

### Cálculo de componentes

#### 1. Número de puertos

Para el enlace de *upstream*, se necesitan dos puertos disponibles en el equipo de agregación, de capacidad 10GE; el primero para el enlace principal y el segundo para agregar

	<b>EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO</b>	<b>Fecha: 5/11/2014</b>	<b>Número: 002</b>
	<b>Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON</b>	<b>AMPLIACIÓN DE UN OLT EN UN EQUIPO DE AGREGACIÓN EXISTENTE.</b>	
	<b>Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.</b>	<b>Fecha de revisión: / /</b>	

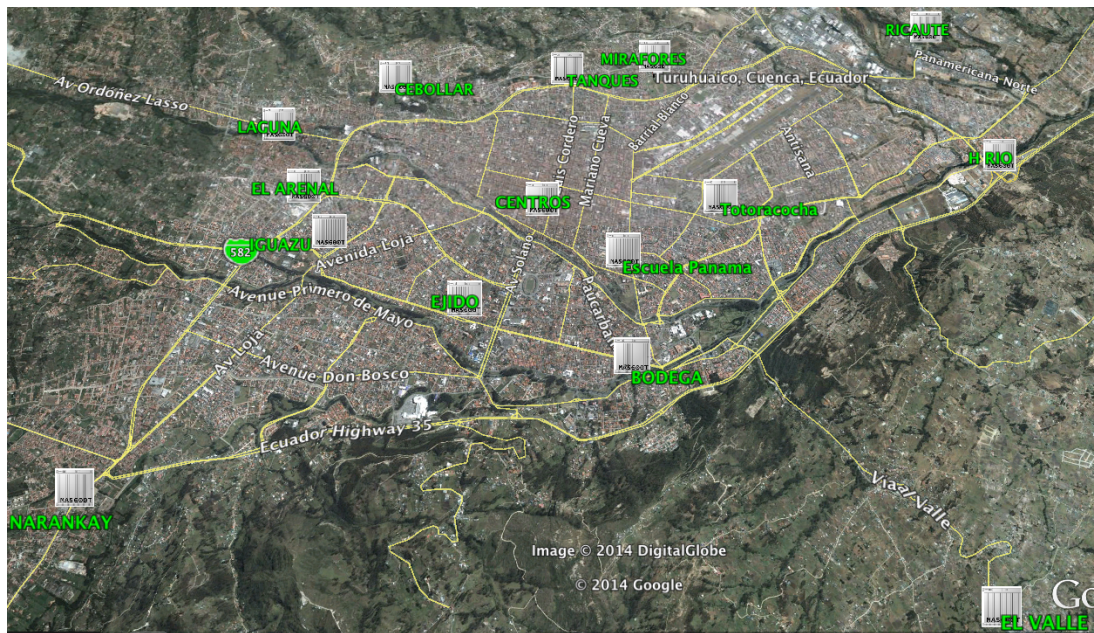


Figura 2: Ubicación de equipos MA5600T en la ciudad de Cuenca.

redundancia activo/standby, de modo que si el enlace principal falla el segundo enlace entra en operación. Los puertos del MA5600T para el enlace de *upstream* no se consideran, debido a que es nuevo y viene con tarjetas X1CA incorporadas.


$$N^{\circ} \text{puertos} = 2 \quad (1)$$

## 2. Cálculo de SFPs

Se necesitan cuatro SFPs para los enlaces de *upstream*, dos para instalarlos en el equipo MA5600T y dos para instalarlos en el equipo de agregación. Es importante que se agregue un SFP para un caso de falla.

$$N^{\circ} \text{SFPs} = 2 \quad (2)$$

## 3. Cálculo de Tarjetas

	<b>EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO</b>	<b>Fecha: 5/11/2014</b>	<b>Número: 002</b>
	<b>Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON</b>	<b>AMPLIACIÓN DE UN OLT EN UN EQUIPO DE AGREGACIÓN EXISTENTE.</b>	
	<b>Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.</b>	<b>Fecha de revisión: / /</b>	

Para el enlace de *upstream* se necesita dos tarjetas con mínimo un puerto con capacidad 10GE.

$$N^{\circ} \text{ Tarjetas} = 3 \quad (3)$$

### Recálculo de requerimientos

En caso de existir puertos de servicio en el equipo de agregación sin ser utilizados, realizar un recálclo de requerimientos para aprovechar la infraestructura existente y optimizar la red.

#### 1. Recálculo de puertos

Se restan los puertos necesarios menos los puertos de servicio disponibles (ver ecuación 4).

$$Total \text{ puertos} = N^{\circ} \text{ de puertos necesarios} - N^{\circ} \text{ de puertos disponibles} \quad (4)$$


#### 2. Recálculo de SFPs

Se restan los SFPs necesarios menos el número de puertos con SFPs disponibles (ver ecuación 5). Este análisis se realiza en el equipo de agregación y en el MA5600T

$$Total \text{ SFPs} = N^{\circ} \text{ de SFP necesarios} - N^{\circ} \text{ de puertos con SFP disponibles} \quad (5)$$

#### 3. Recálculo de Tarjetas

Si existen una tarjeta libre con dos puertos 10GE disponibles, no es necesario adquirir una nueva tarjeta.

	<b>EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO</b>	<b>Fecha: 5/11/2014</b>	<b>Número: 002</b>
	<b>Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON</b>	<b>AMPLIACIÓN DE UN OLT EN UN EQUIPO DE AGREGACIÓN EXISTENTE.</b>	
	<b>Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.</b>	<b>Fecha de revisión: / /</b>	

Versión	Fecha	Razón del cambio o modificación
1.0	5 de noviembre de 2014	Creación del SOP
1.1		
1.2		
1.3		


Cuadro 1: Historial de revisiones.

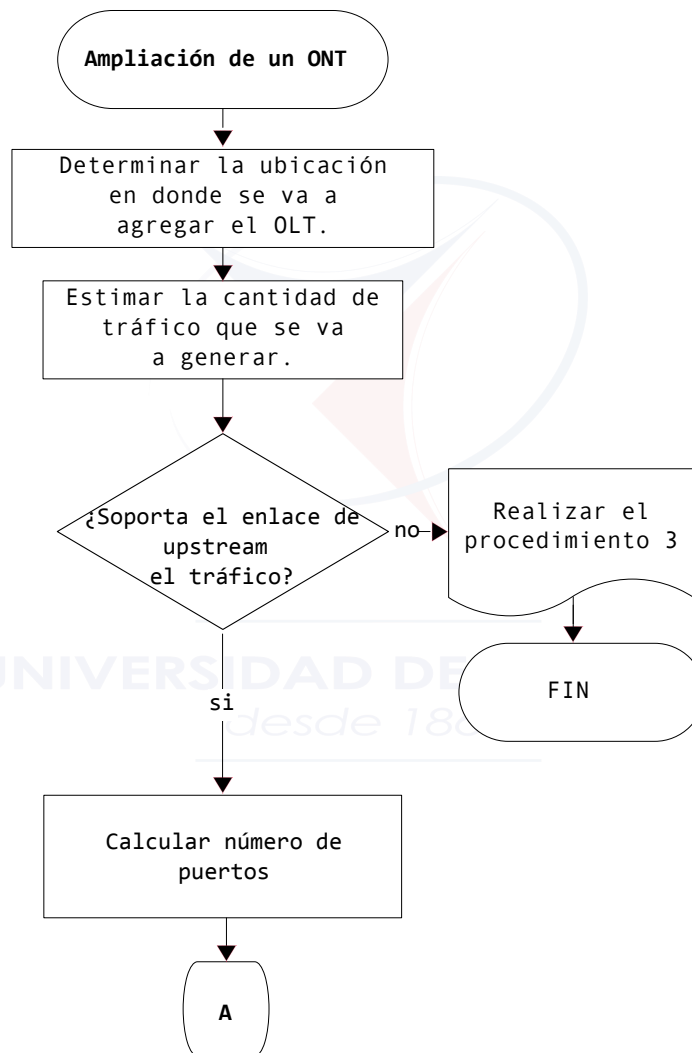
## 8. HISTORIAL DE REVISIONES

## 9. ANEXOS

A continuación se presenta un diagrama de flujo del SOP.

UNIVERSIDAD DE CUENCA  
desde 1867

	<b>EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO</b>	<b>Fecha: 5/11/2014</b>	<b>Número: 002</b>
	<b>Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON</b>	<b>AMPLIACIÓN DE UN OLT EN UN EQUIPO DE AGREGACIÓN EXISTENTE.</b>	
	<b>Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.</b>	<b>Fecha de revisión: / /</b>	







EMPRESA MUNICIPAL DE  
TELECOMUNICACIONES,  
AGUA POTABLE Y  
SANEAMIENTO

Fecha: 5/11/2014

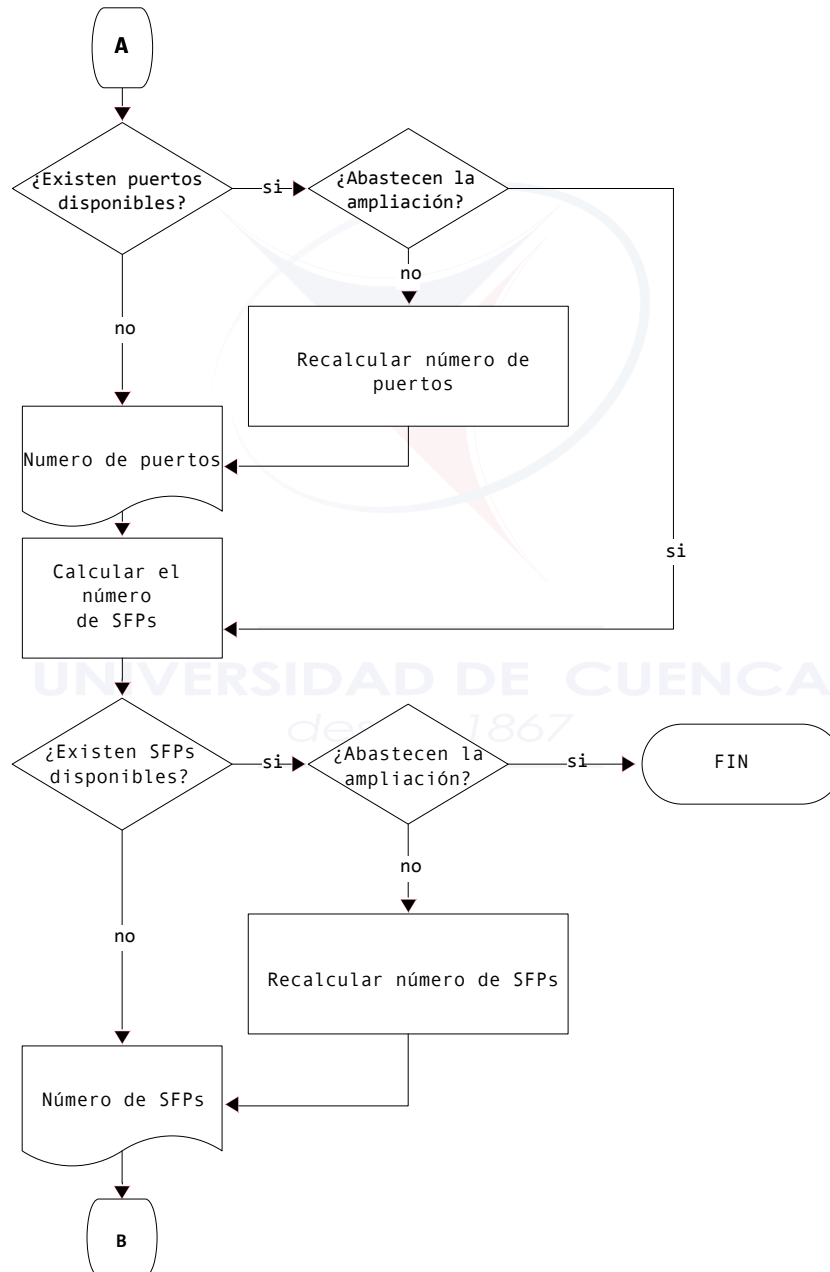
Número: 002


Procedimiento para la ampliacion  
de cabeceras GPON

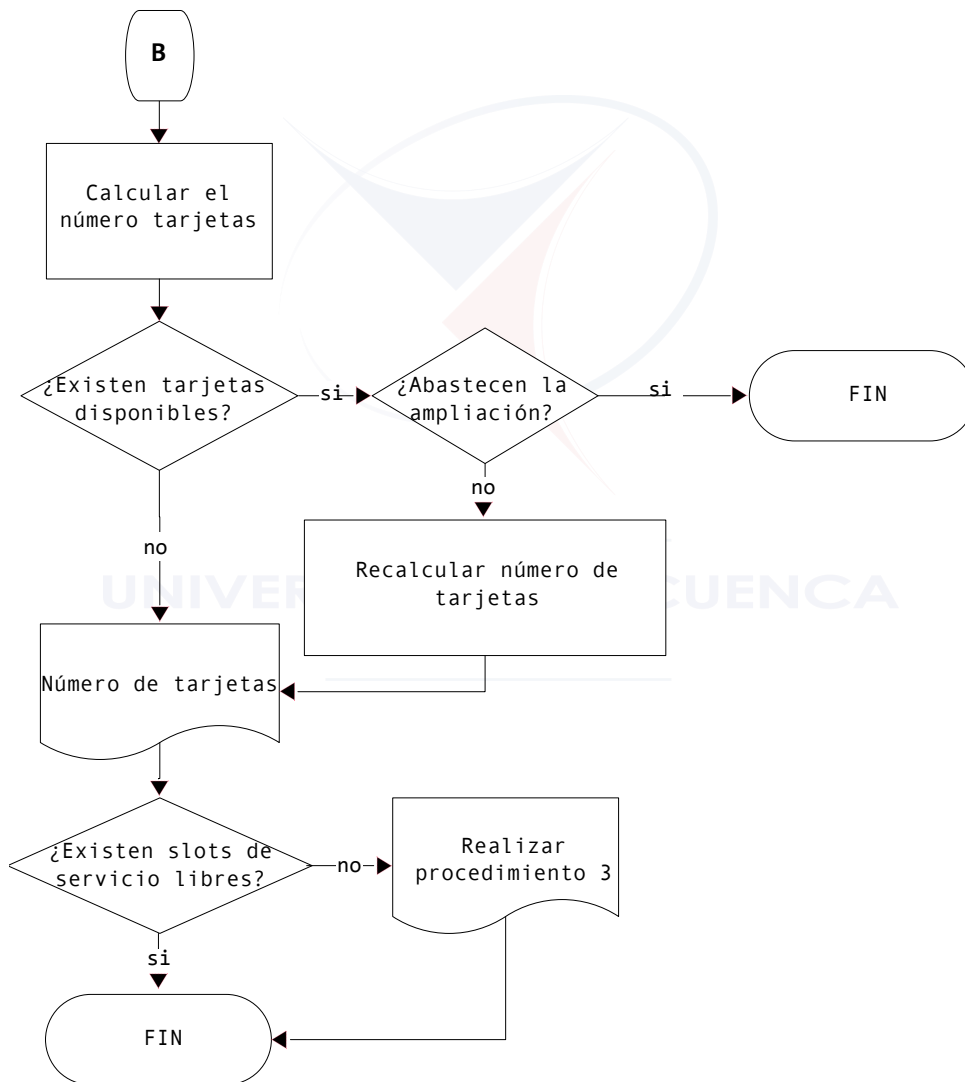
AMPLIACIÓN DE UN OLT EN  
UN EQUIPO DE AGREGACIÓN  
EXISTENTE.

Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.

Fecha de revisión: / /



	<b>EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO</b>	Fecha: 5/11/2014	Número: 002
	Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON	<b>AMPLIACIÓN DE UN OLT EN UN EQUIPO DE AGREGACIÓN EXISTENTE.</b>	
	Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.	Fecha de revisión: / /	






### E.3. Ampliación de un equipo de agregación en la red **MPLS**



UNIVERSIDAD DE CUENCA  
*desde 1867*



UNIVERSIDAD DE CUENCA  
*desde 1867*

	<b>EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO</b>	<b>Fecha: 5/11/2014</b>	<b>Número: 003</b>
	<b>Procedimiento para la ampliación de cabeceras GPON</b>	<b>AMPLIACIÓN DE UN EQUIPO DE AGREGACIÓN EN LA RED MPLS.</b>	
	<b>Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.</b>	<b>Fecha de revisión: / /</b>	

## 1. OBJETIVO

Optimizar el proceso de incorporación de un equipo de agregación NE40E-X8 en la red de ETAPA EP (ver figura 1), mediante el cálculo de los requerimientos necesarios para la ampliación, y la delineación secuencial y ordenada de los pasos a seguir.

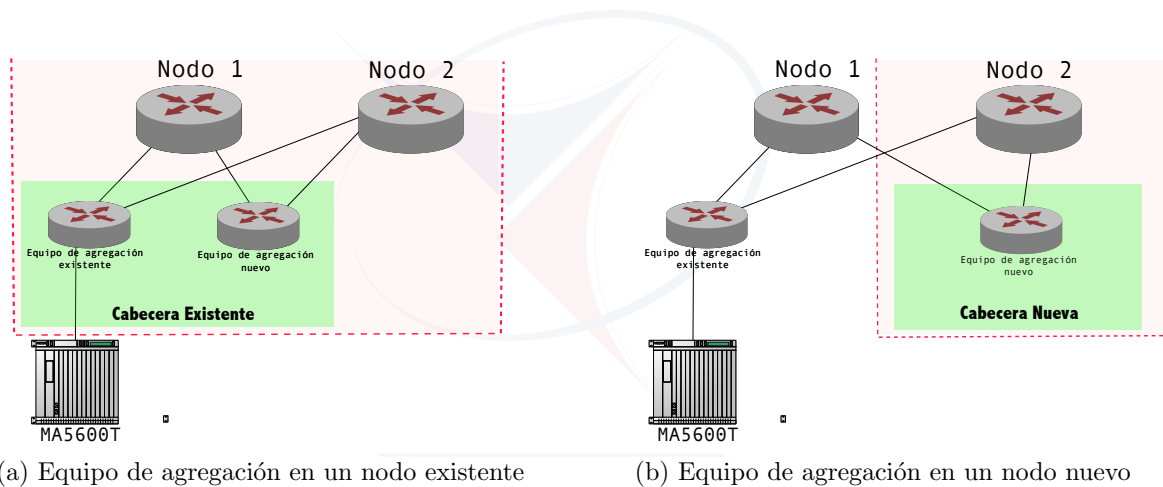



Figura 1: Ampliación de un equipo de agregación en la red MPLS.

## 2. ALCANCE

Este procedimiento se aplica en el proceso de ampliación de un equipo de agregación NE40E-X8 en red de telecomunicaciones de ETAPA EP. Está orientado para el personal técnico de telecomunicaciones y profesionales en libre ejercicio que realicen operaciones de ampliación de la red GPON.


	EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO	Fecha: 5/11/2014	Número: 003
	Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON	AMPLIACIÓN DE UN EQUIPO DE AGREGACIÓN EN LA RED MPLS.	
	Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.	Fecha de revisión: / /	

### 3. REFERENCIAS

- Product Description: SmartAX MA5600T/MA5603T Access Module, HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD., 2012, V800R011C00.
- Hardware Description: SmartAX MA5600T/MA5603T/MA5608T Multiservice Access Module, HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD., 2013.
- Product Description: NetEngine40E Universal Service Router, HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD., 2010, V600R002.
- Hardware Description: NetEngine40E Universal Service Router, HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD., 2012, V600R005C00.

### 4. DEFINICIONES

- **SFP:** "Small form-factor pluggable transceptor" ó Transceptor conectable de factor de forma pequeño, es un transceptor compacto utilizado para las aplicaciones de comunicaciones de datos y telecomunicaciones.
- **GPON:** "Gigabit-capable passive optical network" ó Red óptica pasiva con capacidad de gigabit.
- **MPLS:** "Multi Protocol Label Switching" ó Multiprotocolo de conmutación de etiquetas utilizado como mecanismo de transporte de datos.
- **ONT:** "Optical Network Units" ó Terminal Óptico de Red.
- **OLT:** "Optical line termination" ó Unidad Óptica Terminal de Línea.
- **Nodo:** Equipo de agregación al que se conecta el MA5600T, que permite recibir y enviar datos.
- **Spliteo:** Divisiones de la señal óptica de entrada en N ramas de salida con mínimas pérdidas.

	EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO	Fecha: 5/11/2014	Número: 003
	Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON	AMPLIACIÓN DE UN EQUIPO DE AGREGACIÓN EN LA RED MPLS.	
	Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.	Fecha de revisión: / /	

- **Upstream:** Tráfico de subida que fluye desde el usuario hacia la cabecera.
- **Slot:** Conector o puerto de expansión en la placa base del equipo.

## 5. RESPONSABILIDADES


1. El jefe del área de Telecomunicaciones se responsabilizará de:
  - Designar el personal para la supervisión de la ampliación de las tarjetas de servicio.
  - La logística y la adquisición de los materiales, elementos y equipos necesarios para la ampliación.
2. Es responsabilidad de la persona a cargo de la ampliación (contratista o técnico):
  - Dar el cumplimiento de este procedimiento sujetándose a políticas técnicas de ETAPA EP.
  - Tomar las medidas de seguridad necesarias para garantizar la integridad del personal y de los equipos
3. El técnico experto se encargará de:
  - Supervisar el montaje y configuración de las tarjetas, asegurar que se cumplan las normas y políticas de ETAPA EP.

## 6. ACTIVIDADES

### Identificación de variables

#### 1. Sector

Determinar ubicación geográfica del sector en donde se añadirá el equipo agregación. Actualmente existen equipos de agregación NE40E-X8 en los sectores marcados de la figura 2.

	<b>EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO</b>	Fecha: 5/11/2014	Número: 003
	Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON	<b>AMPLIACIÓN DE UN EQUIPO DE AGREGACIÓN EN LA RED MPLS.</b>	
	Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.	Fecha de revisión: / /	

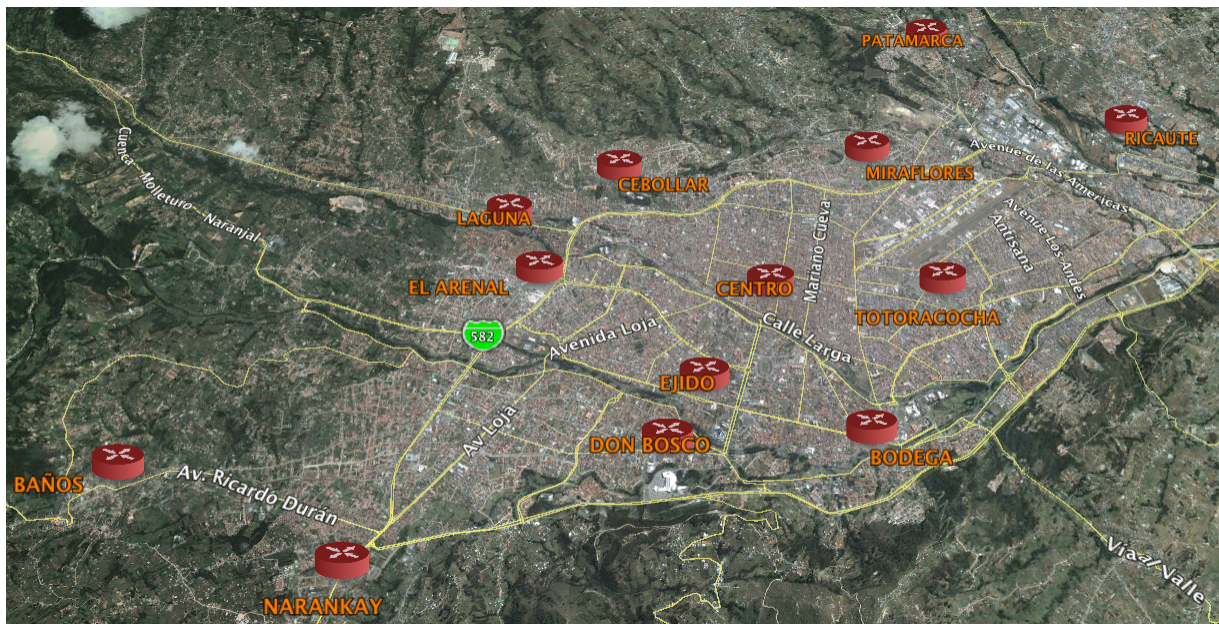


Figura 2: Ubicación de equipos MA5600T en la ciudad de Cuenca.

## 2. Tráfico sobre la red MPLS


Por cada servicio que se vaya a ofertar, se debe conocer cuánto tráfico se va a generar en la red MPLS, en base al número de usuarios y el tráfico que generará el nuevo servicio. Esta información es esencial para el procedimiento y deberá ser proporcionada por el encargado del proyecto.

## Cálculo de componentes

### 1. Número de puertos

Para el enlace entre el equipo de agregación nuevo y los dos equipos de distribución, se necesita un puerto de capacidad 10GE en cada equipo de distribución, el primero para el enlace principal y el segundo para agregar redundancia activo/standby de modo



	EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO	Fecha: 5/11/2014	Número: 003
	Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON	AMPLIACIÓN DE UN EQUIPO DE AGREGACIÓN EN LA RED MPLS.	
	Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.	Fecha de revisión: / /	

que si el enlace principal falla el segundo enlace entre en operación. Los puertos del equipo de agregación NE40EX8, no se considera debido es nuevo y viene con puertos y SFPs para este enlace.

$$N^{\circ}puertos = 2 \quad (1)$$

## 2. Cálculo de SFPs

Se necesitan cuatro SFPs para los enlaces de *upstream*, dos para instalarlos en el equipo de agregación NE40E-X8 y dos para instalarlos en el equipo de distribución. Es importante que se agregue un SFP adicional en caso de alguno falle.

$$N^{\circ}SFPs = 2 \quad (2)$$

## 3. Cálculo de Tarjetas

Para el enlace entre el equipo de agregación nuevo y los dos equipos de distribución, se necesita de una tarjeta con mínimo un puerto con capacidad 10GE, en cada equipo de distribución .

$$N^{\circ} Tarjetas = 2 \quad (3)$$


**Observación** Si el tráfico del nuevo servicio a brindar, sumado al tráfico existente, supera la capacidad del enlace de upstream, se producirá la necesidad de de agregar un nuevo OLT.

## Recálculo de requerimientos

En caso de existir puertos de 10GE en el equipo de distribución sin ser utilizados, realizar un recáculo de requerimientos para aprovechar la infraestructura existente y optimizar la red.

### 1. Recálculo de puertos

Se restan los puertos necesarios menos los puertos de servicio disponibles (ver ecuación 4).

	<b>EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO</b>	<b>Fecha: 5/11/2014</b>	<b>Número: 003</b>
	<b>Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON</b>	<b>AMPLIACIÓN DE UN EQUIPO DE AGREGACIÓN EN LA RED MPLS.</b>	
	<b>Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.</b>	<b>Fecha de revisión: / /</b>	

$$Total\ puertos = N^{\circ}\ de\ puertos\ necesarios - N^{\circ}\ de\ puertos\ disponibles \quad (4)$$

## 2. Recálculo de SFPs

Se restan los SFPs necesarios menos el número de puertos con SFPs disponibles (ver ecuación 5). Este análisis se realiza en el equipo de agregación y en el equipo de distribución.

$$Total\ SFPs = N^{\circ}\ de\ SFP\ necesarios - N^{\circ}\ de\ puertos\ con\ SFP\ disponibles \quad (5)$$

## 3. Recálculo de Tarjetas

Si existen una tarjeta libre con un puerto de 10GE disponible, no es necesario adquirir una nueva tarjeta.


## 7. HISTORIAL DE REVISIONES

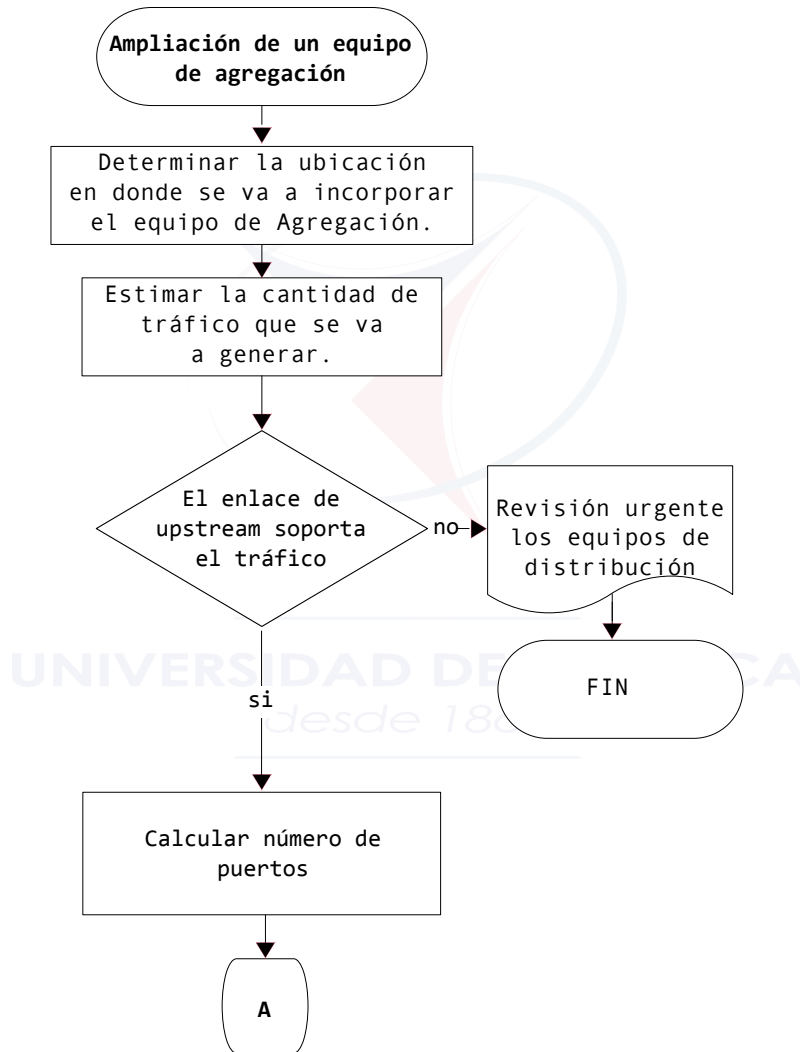
Versión	Fecha	Razón del cambio o modificación
1.0	5 de noviembre de 2014	Creación del SOP
1.1		
1.2		
1.3		


Cuadro 1: Historial de revisiones.

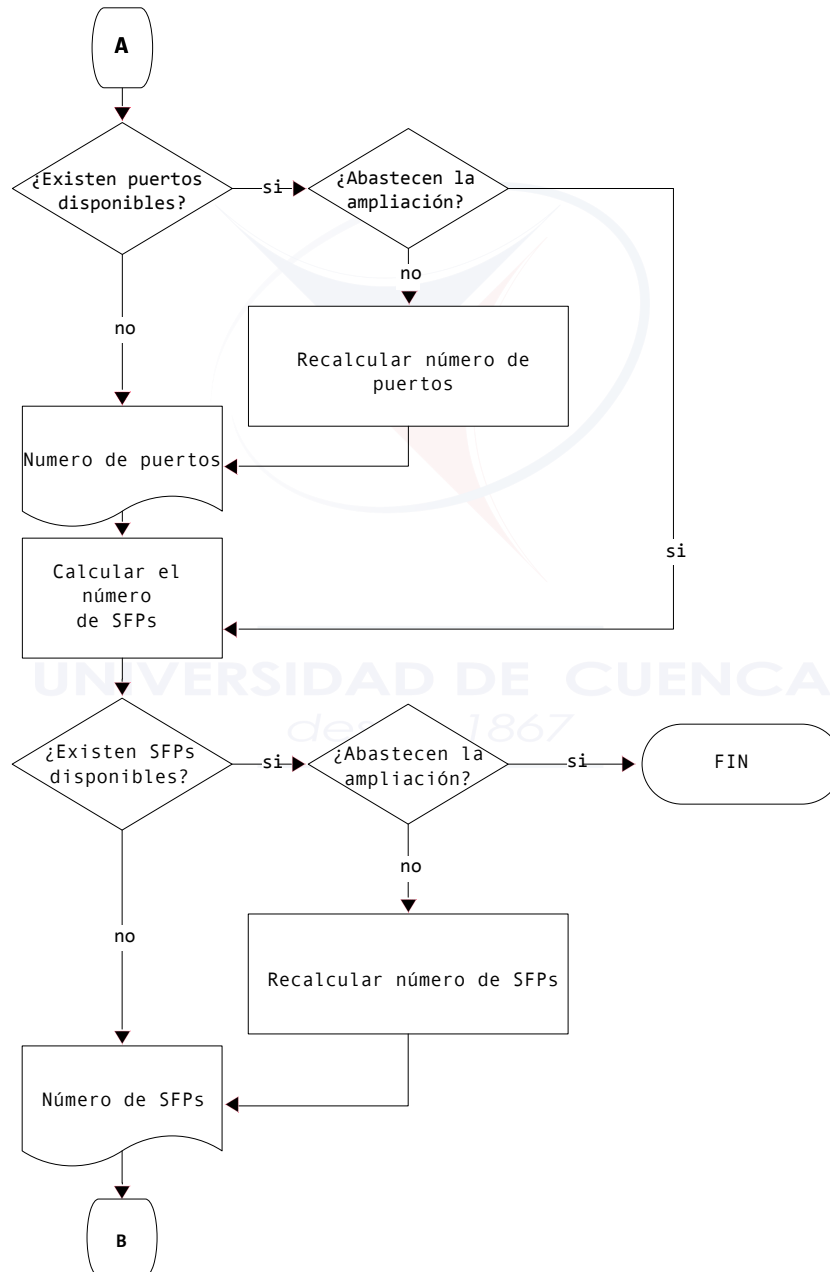
## 8. ANEXOS


A continuación se presenta un diagrama de flujo del SOP.

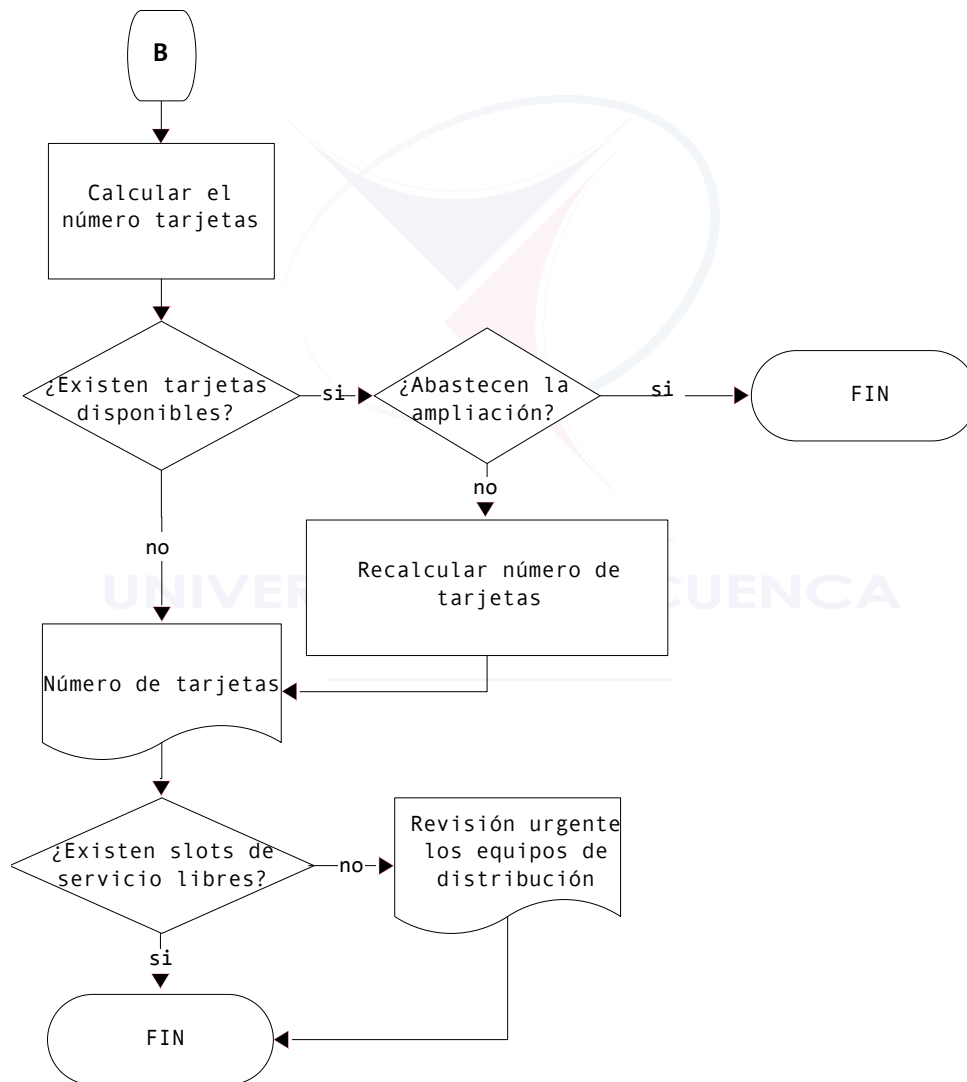
	<b>EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO</b>	<b>Fecha: 5/11/2014</b>	<b>Número: 003</b>
	<b>Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON</b>	<b>AMPLIACIÓN DE UN EQUIPO DE AGREGACIÓN EN LA RED MPLS.</b>	
	<b>Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.</b>	<b>Fecha de revisión: / /</b>	



	<b>EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO</b>	<b>Fecha: 5/11/2014</b>	<b>Número: 003</b>
	<b>Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON</b>	<b>AMPLIACIÓN DE UN EQUIPO DE AGREGACIÓN EN LA RED MPLS.</b>	
	<b>Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.</b>	<b>Fecha de revisión: / /</b>	



	<b>EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO</b>	Fecha: 5/11/2014	Número: 003
	Procedimiento para la ampliacion de cabeceras GPON	<b>AMPLIACIÓN DE UN EQUIPO DE AGREGACIÓN EN LA RED MPLS.</b>	
	Aprobado por: Diego E. Rodriguez F.	Fecha de revisión: / /	





UNIVERSIDAD DE CUENCA  
*desde 1867*



## Apéndices F

Manual del software  
implementado para ampliación de  
la red GPON de ETAPA EP.

UNIVERSIDAD DE CUENCA  
*desde 1867*



---

UNIVERSIDAD DE CUENCA  
*desde 1867*

---



# MANUAL DE USUARIO



*SOFTWARE* PARA AMPLIACIÓN DE RED GPON

Noviembre, 2014

**Realizado por:** *Chacón J., Villavicencio S.*

---

UNIVERSIDAD DE CUENCA  
*desde 1867*

---

## Índice

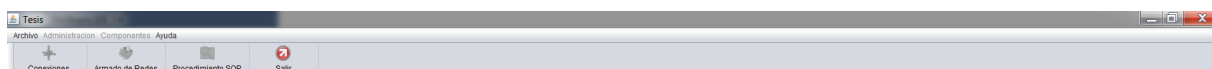
<b>1. Descripción.</b>	<b>3</b>
1.1. Menú “Archivo” . . . . .	3
1.1.1. Admisión de nuevos usuarios. . . . .	4
1.1.2. Cierre de sesión. . . . .	5
1.1.3. Salir del sistema. . . . .	5
1.2. Menú “Componentes” . . . . .	6
1.2.1. Tipo equipo. . . . .	6
1.2.2. Tipo Tarjeta. . . . .	6
1.2.3. Tipo Slot. . . . .	7
1.2.4. Estándares. . . . .	7
1.2.5. Mantenimiento de equipos. . . . .	8
1.2.6. Mantenimiento de módulos. . . . .	9
1.2.7. Mantenimiento de tarjetas. . . . .	9
1.2.8. Mantenimiento de conectores. . . . .	11
1.2.9. Mantenimiento de puertos. . . . .	12
1.2.10. Mantenimiento de niveles de spliteo. . . . .	12
1.3. Menú “Administración” . . . . .	13
1.3.1. Mantenimiento de ubicaciones . . . . .	13
1.3.2. Mantenimiento redes. . . . .	14
1.3.3. Mantenimiento de conexiones . . . . .	16
1.4. SOP . . . . .	17
1.5. Consideraciones . . . . .	18

## 1. Descripción.

El *software* diseñado, es una herramienta informática, con la que los técnicos de ETAPA EP pueden conocer con exactitud el número de elementos necesarios para una ampliación. Tiene la capacidad de crear redes con equipos que pueden ser creados con características impuestas por el administrador. Además, puede servir para conocer los enlaces que existe entre los equipos de las diferentes secciones de la red.

### 1.1. Menú “Archivo”.

Al ejecutar el *software*, se puede ver la interfaz inicial que se muestra en la figura 1. En esta situación todos los menús están bloqueados excepto “Archivo” y “Ayuda”.



---

Sin login

Figura 1: Interfaz inicial del sistema PlanGPON.

Para acceder a las funciones del sistema es necesario iniciar sesión, ésto se lo puede realizar ingresando al menú “Archivo” y luego seleccionando “Iniciar Sesión”, ó presionando la tecla “F2” para tener un acceso rápido (ver figura 2).

A continuación, se abrirá una ventana en la que se puede ingresar el nombre del usuario y su respectiva contraseña (ver figura 3); es importante aclarar que los usuarios tienen que estar registrados con anterioridad.

Dependiendo del tipo de usuario que inicia la sesión, se habilitan los menús que pueden manejar. En la figura 4 se muestra la ventana que aparecerá para un administrador, en éste caso todas las herramientas están disponibles.

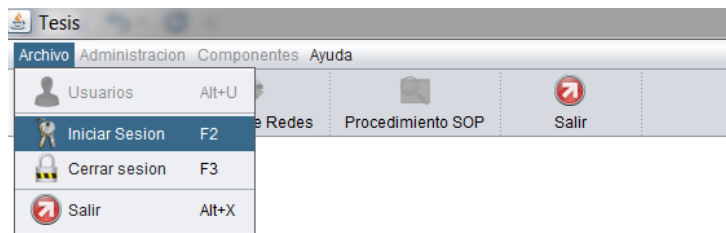


Figura 2: Menú para iniciar sesión.

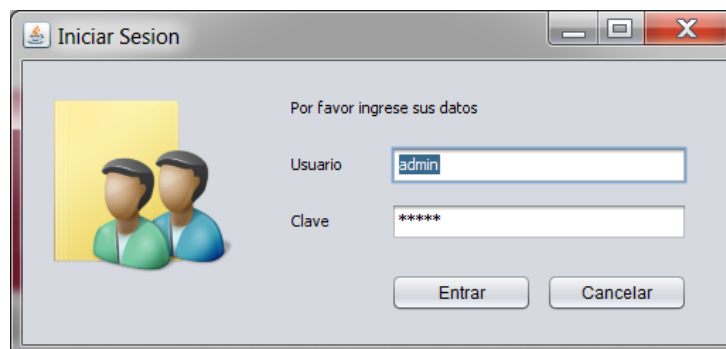


Figura 3: Ventana para inicio de sesión.



Figura 4: Ventana para inicio de sesión.

Para mayor seguridad de que tipo de usuario esta logueado, en la base de la ventana se presenta que usuario esta logueado y que tipo de privilegio tiene.

#### 1.1.1. Admisión de nuevos usuarios.

Es posible agregar usuarios únicamente cuando un administrador entra en el sistema. Si este es el caso, el administrador debe seleccionar “Usuarios” que esta dentro del menú “Ar-

chivo” (ver figura 5).

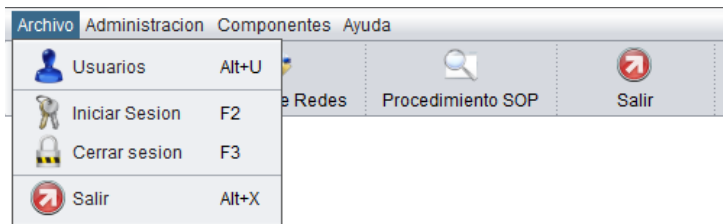


Figura 5: Ventana para inicio de sesión.

Al seleccionar esta opción, aparece una venta como la que se muestra en la figura 6, en la que se puede agregar, quitar y editar administradores y usuarios. 5).

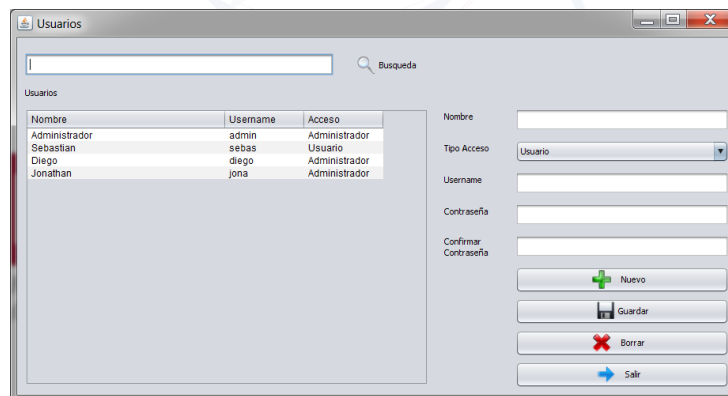


Figura 6: Ventana de mantenimiento de usuarios.

En este caso todos los campos de ingreso que presenta la pantalla de mantenimiento de usuarios son necesarios y, en caso de no estar ingresado alguno de ellos se informara al usuario que campos están faltando.

### 1.1.2. Cierre de sesión.

Para cerrar sesión, se procede a ingresar al menú “Archivo” y luego se selecciona “Cerrar sesión”. También es posible de forma rápida presionando la tecla “F3”

### 1.1.3. Salir del sistema.

Para cerrar el software, se selecciona la opción “Salir” del menú “Archivo”, ó a su vez, es posible salir presionando las teclas “Alt + X”.

## 1.2. Menú “Componentes”.

En este menú se pueden definir todas las partes, componentes y estándares de la red de telecomunicaciones que se quiere crear. Éste está diseñado para que se puedan detallar todas las secciones de la red, de tal manera que se puedan crear redes con mucho detalle en cuanto a sus características (ver figura 7). A continuación se realiza una descripción de todos los mantenimientos que se pueden realizar en este menú.

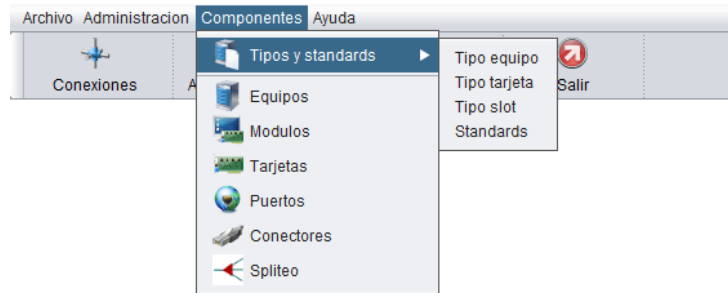


Figura 7: Menú componentes.

### 1.2.1. Tipo equipo.

En esta ventana se puede agregar, editar o quitar las secciones que puede tener una red (ver figura 8) y su único campo de ingreso es necesario.

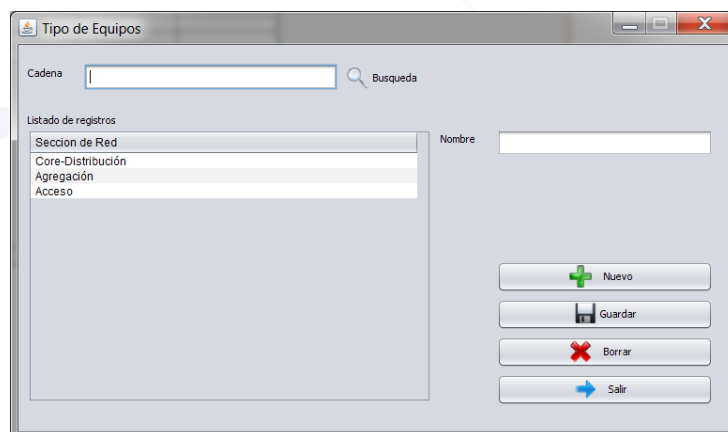


Figura 8: Mantenimiento secciones de red.

### 1.2.2. Tipo Tarjeta.

En esta ventana se puede agregar, editar o quitar los tipos de tarjetas soportados por los equipos (ver figura 9). En este mantenimiento se agrega un campo en el que se puede agregar una pequeña descripción del tipo de de tarjeta en caso de ser necesario.

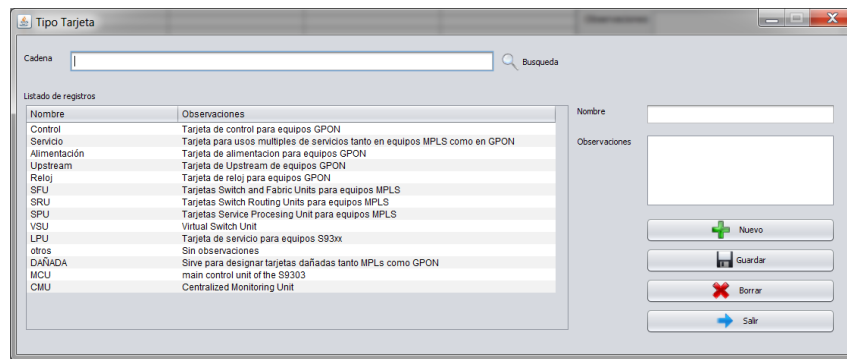


Figura 9: Mantenimiento los tipo de tarjetas soportadas por los equipos.

En este mantenimiento el campo nombre es obligatorio y el campo de observaciones es opcional.

### 1.2.3. Tipo Slot.

En esta ventana se puede agregar, editar o quitar los tipos de slots soportados por los equipos (ver figura 10). Además de agregar un nombre al tipo de slot, es posible definir a que tipo de red pertenece con una pequeña descripción.

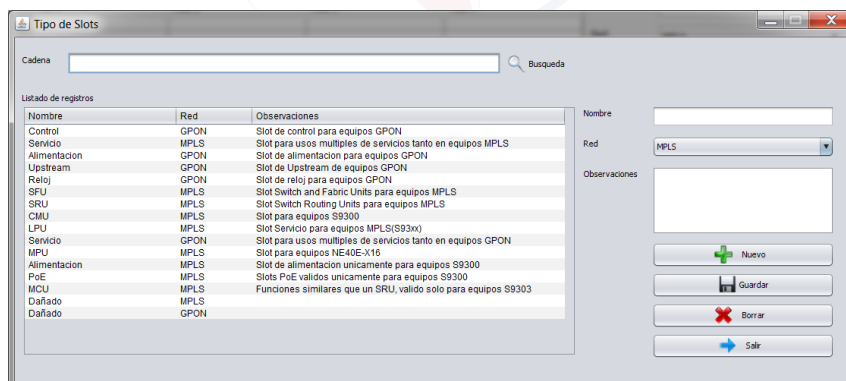


Figura 10: Mantenimiento los tipo de slots.

En este mantenimiento los campos obligatorios son el nombre y el tipo de red para la cual se esta agregando este tipo de slot. Observaciones en este caso es opcional.

### 1.2.4. Estándares.

En esta ventana se puede agregar, editar o quitar estándares soportados por los diferentes conectores que pueden ser utilizados en los diferentes puertos de las tarjetas (ver figura 11). Para agregar un nuevo estándar es necesario definir su nombre, la velocidad a la que trabaja, la distancia que alcanza y finalmente el medio físico que utiliza.

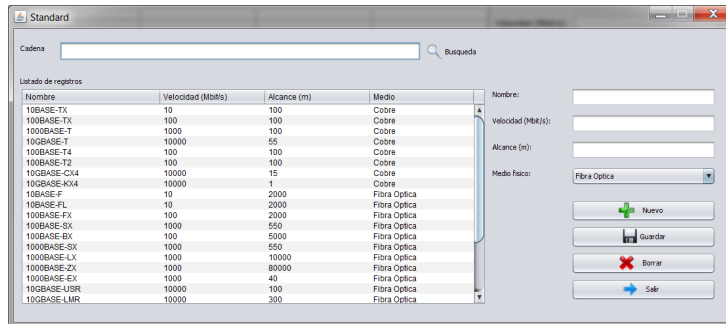


Figura 11: Mantenimiento de los tipos de estándares.

Vale mencionar que los estándares actuales ya proporcionan toda esta información y que cada uno de los campos de este mantenimiento son obligatorios ya que vienen definidos en los estándares.

### 1.2.5. Mantenimiento de equipos.

Para crear un nuevo equipo para la red, ingresamos al menú “Componentes” y seleccionamos “Equipo”; como se puede observar, en esta ventana existen dos pestañas. En la primera pestaña se ingresa en nombre del equipo, se selecciona el tipo de red al que pertenece y la sección en la que va a ser utilizado (ver figura 12). Una vez creado el equipo es posible ingresar a la segunda pestaña, aquí se fijan los slots en su respectiva posición (ver figura 13). De esta manera en la segunda pestaña es donde se dimensiona las capacidades físicas del equipo para su uso futuro.

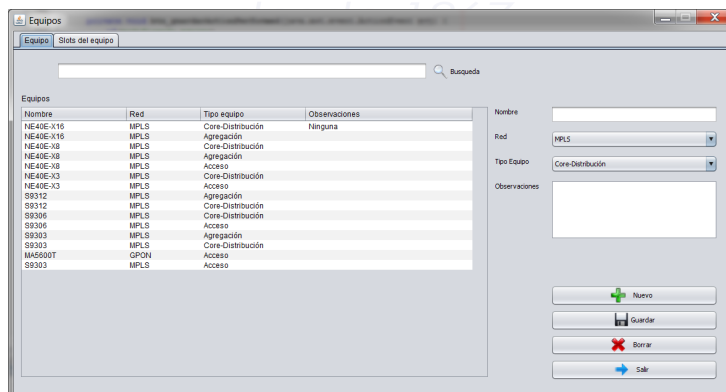


Figura 12: Mantenimiento de los tipos de Equipos.

En este mantenimiento el único campo que no es obligatorio es el de observaciones de la pestaña de “Equipo”.



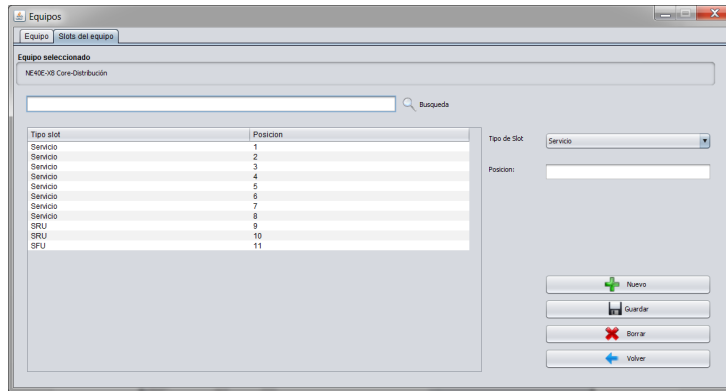


Figura 13: Mantenimiento de los tipos slots soportado por los equipos.

### 1.2.6. Mantenimiento de módulos.

Los módulos son elementos de la red que se insertan en los slots de los equipos en los cuales a su vez servirán para soportar las tarjetas. Los módulos pueden insertarse de acuerdo al tipo de slot con el que sea compatible. En la ventana de mantenimiento de módulos (ver figura 14), es posible añadir, editar o eliminar módulos; para esto se define el nombre del módulo, el número de subslots que soporta y el tipo de slot que ocupa. De esta manera al definir el tipo de slot que ocupa se está definiendo el slot en el cual puede ser asignado en un equipo.

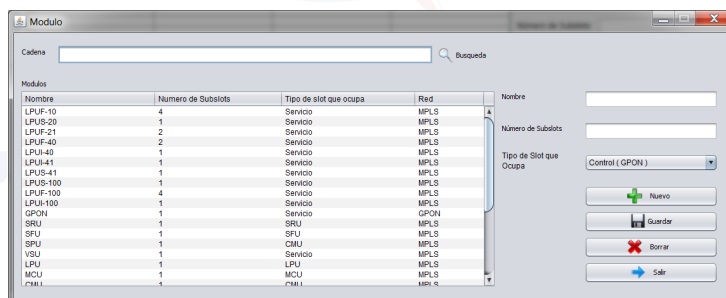


Figura 14: Mantenimiento de módulos.

En este mantenimiento todos los campos a ingresar son obligatorios.

### 1.2.7. Mantenimiento de tarjetas.

En éste mantenimiento, es posible agregar, editar y eliminar tarjetas que se utilizarán en los equipos. Para acceder a esta ventana hay que seleccionar “Tarjetas” del menú componentes. La apariencia de la ventana se muestra en la figura 15.

Esta ventana consta de diferentes pestañas que sirven para dar mayor cantidad de detalles sobre las tarjetas. Comenzando en la pestaña de “Puertos” (ver figura 16) se tiene las diferentes opciones de agregar el tipo de puerto, número de puertos que tiene la tarjeta, el

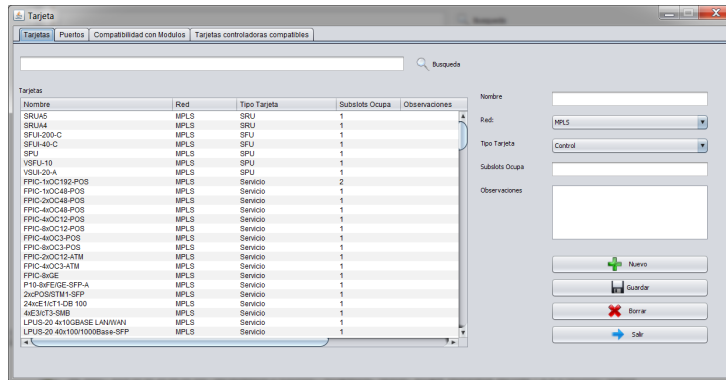


Figura 15: Mantenimiento de tarjetas.

tráfico soportado por cada uno de los puertos ingresados y si se desea se puede agregar algún tipo de observación. Dentro de las opciones de esta pestaña también se encuentran botones que permiten quitar, modificar los registros presentados en esta pestaña; también se puede regresar a la pestaña anterior mediante el botón “Volver”.

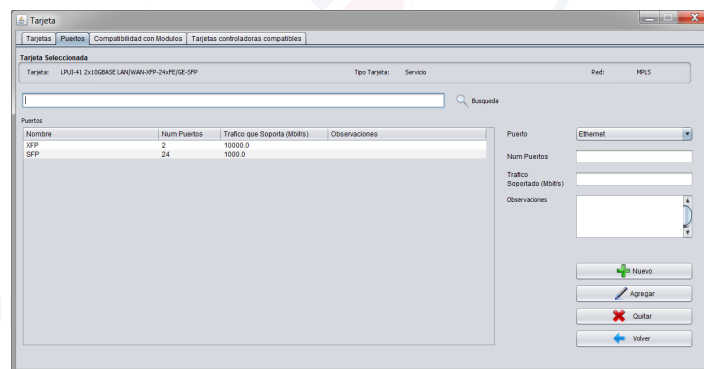


Figura 16: Mantenimiento de puertos pertenecientes a una tarjeta.

Otra de las pestañas de la ventana de mantenimiento de tarjetas es la de “Compatibilidad con módulos” (ver figura 17), en esta pestaña se define en que modulo puede trabajar la tarjeta ya creada.

Como ultima pestaña de la ventana de mantenimiento de tarjetas se encuentra la pestaña de “Tarjetas controladoras compatibles” (ver figura 18), esta pestaña sirve para determinar que tarjetas de los equipos GPON pueden trabajar bajo una tarjeta de control. Esta pestaña sera activa unicamente cuando la tarjeta antes seleccionada sea para los equipos de la red GPON ya que estos son los únicos con dependencia de tarjetas controladoras.

En este mantenimiento todos los campos a ingresar son obligatorios, exceptuando los campos de observación tanto de la pestaña de tarjeta y de la de puertos.

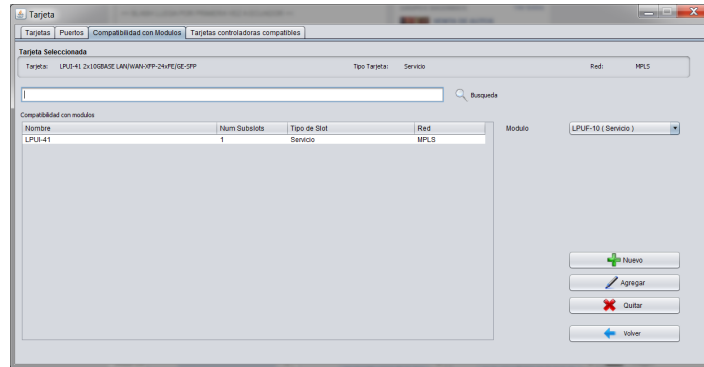


Figura 17: Mantenimiento de compatibilidad de una tarjeta con módulos.

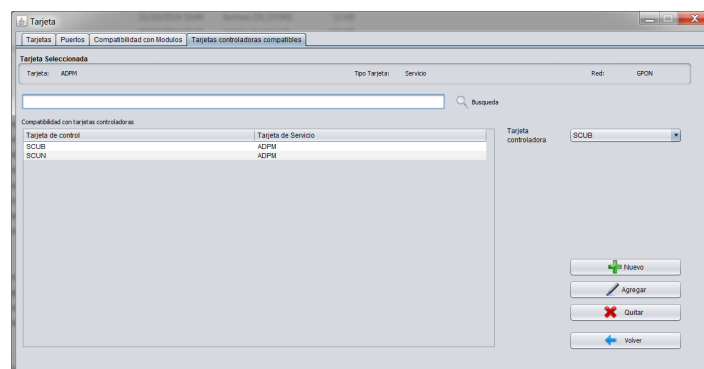


Figura 18: Mantenimiento de compatibilidad de una tarjeta GPON con una tarjeta controladora.

### 1.2.8. Mantenimiento de conectores.

Al ingresar en esta ventana (ver figura 19), es posible ingresar, agregar y eliminar nombres de conectores y asociarlos con estándares. En caso de que aparezca en el mercado un conector con un nuevo estándar; antes de agregar el nombre del conector se debería agregar el nuevo estándar, en la ventana de mantenimiento de estándares (ver figura 11) para luego poder ser relacionado con un conector en específico.

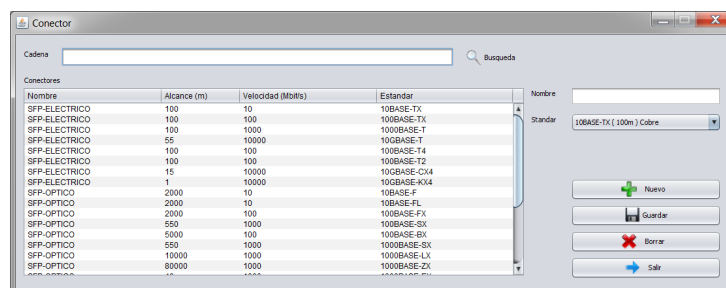


Figura 19: Mantenimiento de conectores.

En este mantenimiento todos los campos a ingresar son obligatorios.

### 1.2.9. Mantenimiento de puertos.

Para definir un puerto con el que se trabajará en la red, se procede a seleccionar “Puertos” del menú “Componentes”. En este punto, aparece la ventana que se muestra en la figura 20, aquí definimos el nombre del puerto que soportará la tarjeta. Al seleccionar el puerto creado, es posible asociarlo con un tipo de conector como se muestra en la figura 21, aquí aparecerán los conectores y estándares antes relacionados.

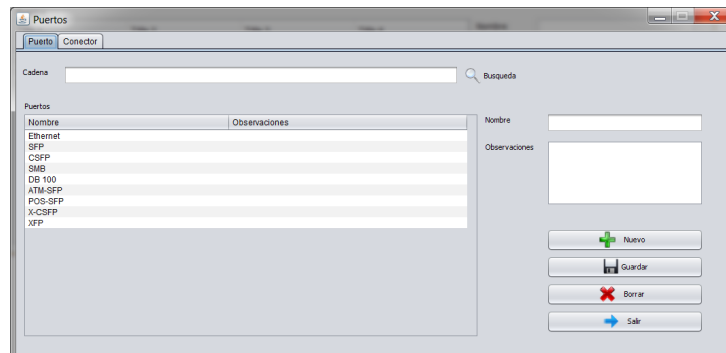


Figura 20: Mantenimiento de puertos soportados por la tarjeta

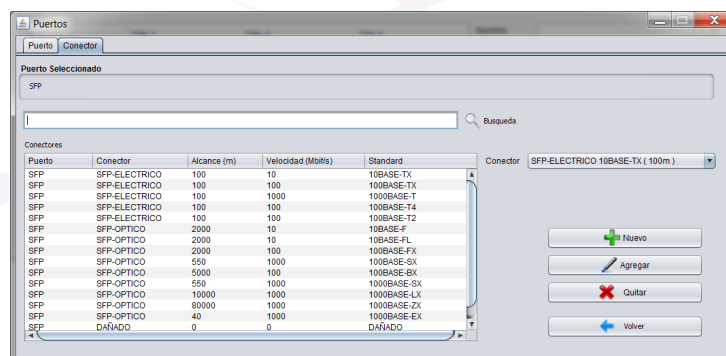


Figura 21: Mantenimiento de los estándares soportados por los conectores.

En este mantenimiento todos los campos a ingresar son obligatorios exceptuando el campo de observaciones en la pestaña puertos.

### 1.2.10. Mantenimiento de niveles de spliteo.

Para definir los niveles de spliteo de la red, se debe seleccionar “Spliteo” del menú “Componentes”. Al hacer click aparece una ventana de mantenimiento de niveles de spliteo (ver figura 22) en la que se puede definir los los niveles y el número de bifurcaciones que tiene la red de fibra óptica.

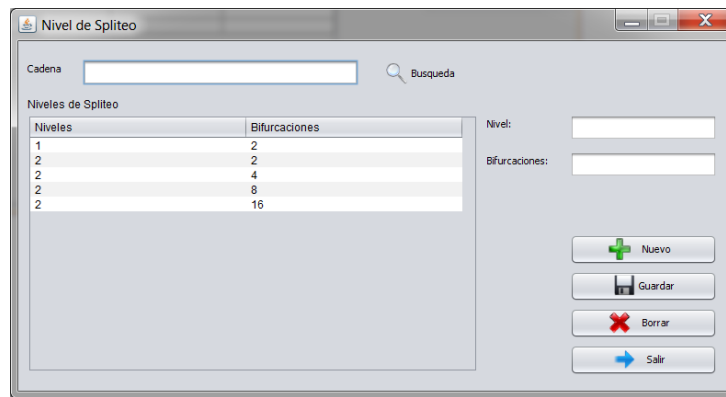


Figura 22: Mantenimiento de niveles de spliteo.

En este mantenimiento todos los campos a ingresar son obligatorios.

### 1.3. Menú “Administración”.

En este menú (ver figura 23) lo que se encuentra es básicamente es el mantenimiento de ubicaciones y el uso de los componentes definidos en el menú anterior para la creación de redes y a su vez la realización de enlaces entre los equipos pertenecientes a la misma. A continuación se detallara el funcionamiento de cada una de estas opciones.

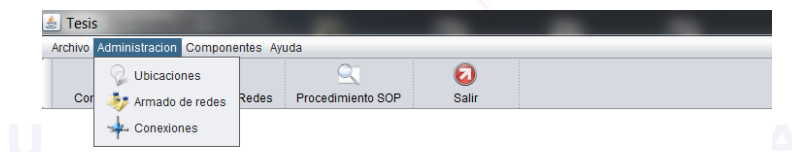


Figura 23: Menú de administración.

#### 1.3.1. Mantenimiento de ubicaciones

Es en esta sección donde el administrador definirá todas las ubicaciones posible para los equipos que estarán en la red; teniendo opciones para agregar, modificar y eliminar las mismas. Estas ubicaciones unicamente constan de un nombre del lugar, tal y como se muestra en la figura 24

En este mantenimiento todos los campos a ingresar son obligatorios.

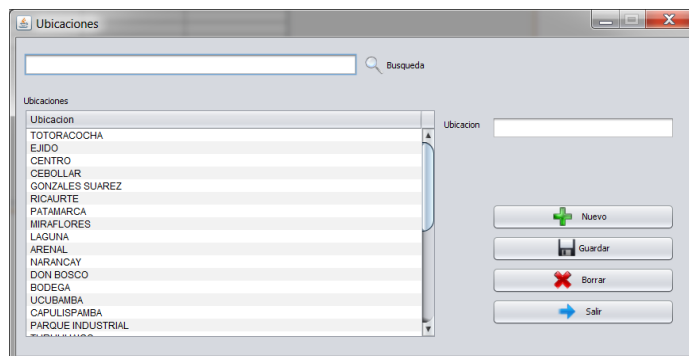


Figura 24: Mantenimiento de ubicaciones.

### 1.3.2. Mantenimiento redes.

En éste mantenimiento se puede encontrar diferentes opciones de creación, borrado y nueva red. La primera parte de la que consta una red es el nombre de la misma como se puede ver en la figura 25, este campo es agregado en la primera pestaña de la ventana.

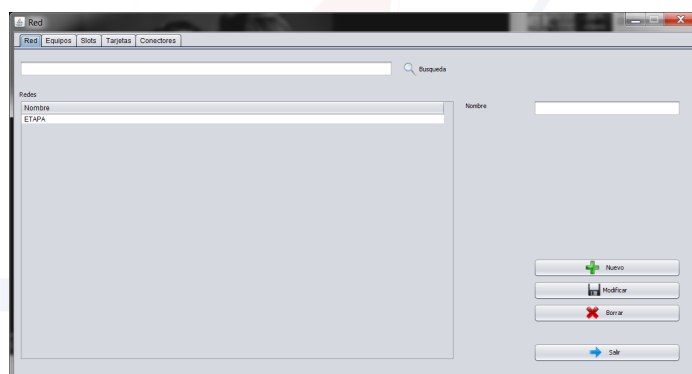


Figura 25: Ventana para el mantenimiento de red.

En la segunda pestaña de este mantenimiento se encuentra la asignación de equipos a la red (ver figura 26), para lo cual se cuenta con una lista de todos los tipos de equipos y su respectiva sección de red para los que fueron asignados en su propio mantenimiento de equipos, otro parámetro que se debe escoger es la ubicación que, de la misma manera que equipos, fueron ya ingresadas en su respectivo mantenimiento; uno de los datos nuevos que se debe ingresar es el nombre que tendrá dicho equipo en la red y será un nombre único por cada equipo.

Al tener ya asignados diferentes equipos a la red, se puede trabajar en cada uno de ellos de manera individual en la tercera pestaña del mantenimiento de redes. En esta pestaña se hará uso de los equipos asignados en la red (ver figura 27 ); los parámetros que se deben

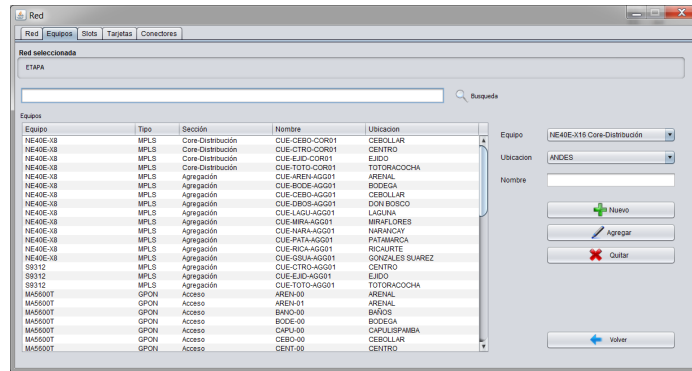


Figura 26: Pestaña para el mantenimiento de equipos de una red.

ingresar son: el tipo de slot del equipo, posición del mismo dentro del equipo y modulo que contendrá; en el caso de que un slot se encuentre dañado se podrá seleccionar la posición del slot dañado, sin embargo, unicamente los slots de servicio son los que pueden estar dañados ya que si es otro tipo de slot el dañado el equipo seria inservible para la red.

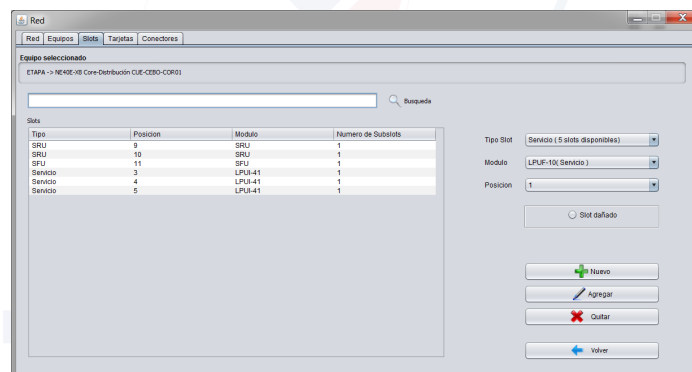


Figura 27: Pestaña para el mantenimiento de los slots por cada equipos de la red.

En la cuarta pestaña de este mantenimiento se tiene la asignación de tarjetas a cada uno de los slots y módulos ya antes definidos, hay que tener en consideración que las únicas tarjetas que se pueden ingresar son las que hayan sido previamente definidas como compatibles con el módulo ya ingresado en la tercera pestaña. Esta compatibilidad se realizo en el mantenimiento de tarjetas. Debido a que un modulo puede tener la capacidad de manejar mas de una tarjeta al mismo tiempo, existe la validación de subslots disponibles por modulo con la cantidad de subslots que ocupa una tarjeta evitando de esta manera ingresar mas tarjetas de las permitidas por modulo. La pestaña y sus respectivos componentes se muestran en la figura 28

En la ultima pestaña de este mantenimiento se debe realizar la asignación de conectores a los diferentes tipos de puertos existentes en la tarjeta. En este punto no es necesario asignar

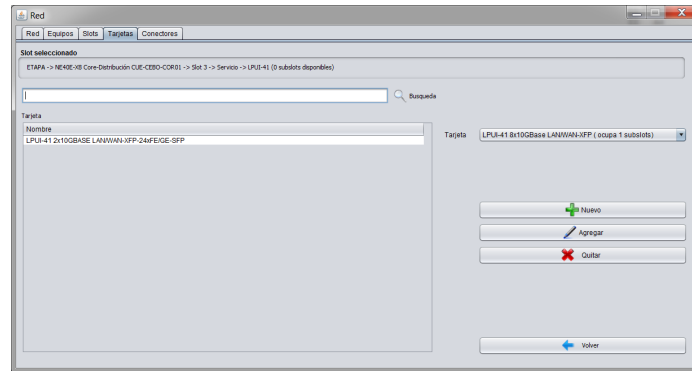


Figura 28: Pestaña para el mantenimiento de tarjetas a ocuparse en los equipos de la red.

conectores a todos los puertos de la tarjeta sino unicamente a los puertos en los cuales posteriormente se realizara un enlace. Para realizar este procedimiento se debe seleccionar el tipo de puerto de la tarjeta en el que se va a trabajar, el tipo de conector que sera instalado en el puerto y la posición del puerto que llevara el conector. Esta pestaña se muestra en la figura 29

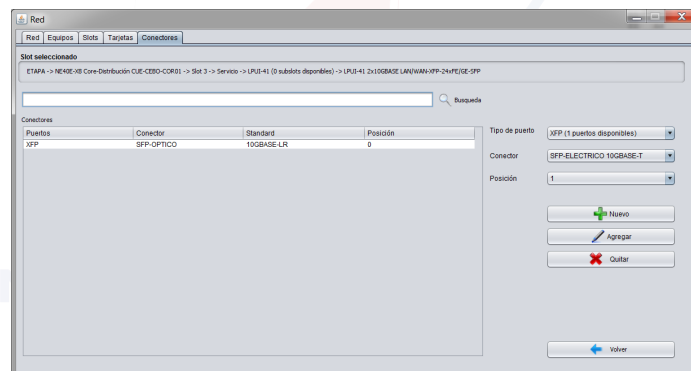


Figura 29: Pestaña para la asignación de conectores a los puertos de tarjetas ya instaladas en los equipos de la red

En este mantenimiento todos los campos a ingresar son obligatorios.

### 1.3.3. Mantenimiento de conexiones

Este mantenimiento sirve para realizar enlaces entre dos equipos pertenecientes a una misma red. Para realizar el enlace lo primero que se hace es seleccionar una red, luego de se cargaran los equipos que contenga en las tablas de “Equipo A” y “Equipo B”; ahora se debe seleccionar un equipo de la lista de “Equipo A” y uno de la lista de “Equipo B”, luego se debe seleccionar el tipo de slot y posición en el que se va a trabajar, despues de eso se secciona la tarjeta que existe en el slot previamente seleccionalo para así ahora escoger el



conector que se encuentre ya asignado al puerto y por ultimo la posición del puerto; esto en lo relacionado a los dos equipos de la red sin embargo otro dato de bastante utilidad para el enlace es el trafico que se generara en este enlace. Vale destacar que unicamente se podrán realizar enlaces entre los equipos que tengan ya asignado conectores en sus tarjetas y que estos utilicen el mismo medio de transmisión, es decir solo se podrá realizar enlaces entre conectores de óptico a óptico y de eléctrico a eléctrico. Al seleccionar un equipo en la lista de “Equipos A” se cargara automáticamente en la tabla de “enlaces” todos los enlaces que tenga dicho equipo y si luego se selecciona un equipo de la lista de “Equipos B” se filtraran de tambien de manera automatica todos los enlaces que se encuentre entre “Equipo A” y “Equipo B”. Esto se puede ver en la figura 30.

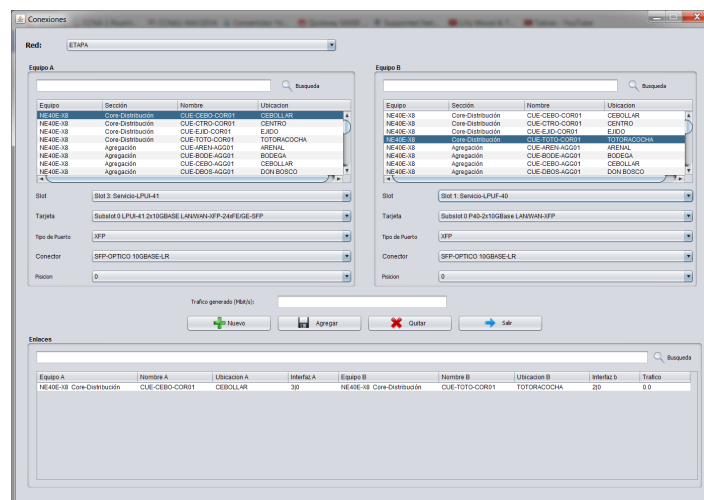


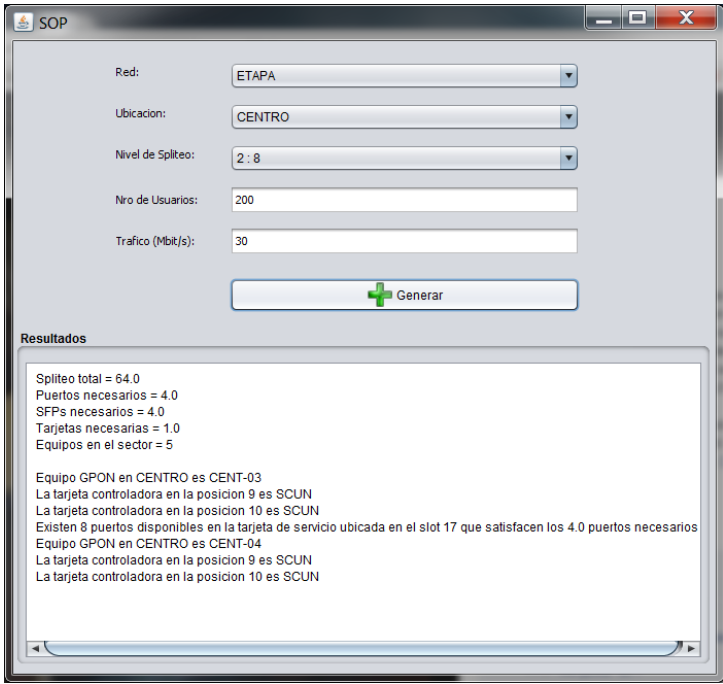
Figura 30: Mantenimiento de enlaces

En este mantenimiento todos los campos a ingresar son obligatorios.

#### 1.4. SOP

Para realizar un procedimiento SOP esta la ventana mostrada en la figura 31. En este mantenimiento el usuario puede partir de escoger la red con la cual desea trabajar, paso seguido se necesita escoger en donde se necesita agregar una nueva cantidad de usuarios, dependiendo del tipo de red en la que se esta trabajando el usuario es también capaz de seleccionar un nivel de spliteo recordando que el formato mostrado es “niveles : bifurcaciones”. Otros dos datos muy importantes para realizar los procedimientos son el número de usuarios que se necesitan agregar a la red y el trafico total promedio que demanda los usuarios ingresados. Cuando se da click en el botón de generar el programa comienza a realizar cálculos y comparaciones necesarias para determinar que caso es el que esta presente; una vez realizado todos los procedimientos internos, el programa muestra un reporte de los datos calculados

en el área de texto de resultados, mostrando así datos como la cantidad de usuarios que se consigue por puerto (spliteo total), puertos necesarios para cubrir la demanda de usuarios, SFPs que se necesitan, tarjetas necesarias y cantidad de equipos MA5600T existentes en la ubicación antes seleccionada. Si existe mas de un equipo MA5600T en la ubicación seleccionada el programa comenzara realizando los cálculos con el primer equipo ingresado en la base de datos para esta ubicación; distinguiendo para el proceso unicamente los equipos que utilicen tarjetas controladoras capaces de manejar tarjetas con puertos ópticos. Al finalizar el análisis se obtiene el nombre del equipo en el cual se puede agregar los usuarios ingresados y que a su vez sea capaz de soportar el trafico requerido. Dependiendo de los datos de ingreso los resultados variaran para decir al usuario en que caso se esta trabajando (SOP1, SOP2 o SOP3).



The screenshot shows a software window titled "SOP" with the following fields and results:

Red: ETAPA  
Ubicación: CENTRO  
Nivel de Spliteo: 2 : 8  
Nro de Usuarios: 200  
Trafico (Mbit/s): 30

Generar

Resultados

Spliteo total = 64.0  
Puertos necesarios = 4.0  
SFPs necesarios = 4.0  
Tarjetas necesarias = 1.0  
Equipos en el sector = 5

Equipo GPON en CENTRO es CENT-03  
La tarjeta controladora en la posicion 9 es SCUN  
La tarjeta controladora en la posicion 10 es SCUN  
Existen 8 puertos disponibles en la tarjeta de servicio ubicada en el slot 17 que satisfacen los 4.0 puertos necesarios  
Equipo GPON en CENTRO es CENT-04  
La tarjeta controladora en la posicion 9 es SCUN  
La tarjeta controladora en la posicion 10 es SCUN

Figura 31: SOP

En este mantenimiento todos los campos a ingresar son obligatorios.

## 1.5. Consideraciones

Cuando se vaya a utilizar este programa se debe tener en cuenta que las opciones de borrar y editar permitan realizar esas tareas unicamente cuando no exista dependencias de las mismas; lo que se quiere decir con esto es que no se podrá borrar o modificar un atributo "A" si existe un atributo "B" que dependa de "A"; es por esta razón que antes de utilizar un registro antes ingresado se revise bien las características del mismo ya que solo se podrá borrar o modificar cuando este ya no tenga dependencias.



## Bibliografía

- [1] T. Bradel, “Quality makes the grade,” *March*, 2002.
- [2] M. I. Ivica Cale, Aida Salihovic, “Gigabit passive optical network - gpon,” p. 679–684, 2007. [Online]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=4283853>
- [3] A. M. Lattanzi, “Redes fttx conceptos y aplicaciones,” dans *Redes FTTx*. Canada: IEEE Communication Society, 2008.
- [4] J. J. Schlickman, *ISO 9001: 2000 Quality management system design*. Artech House, 2003.
- [5] R. J. M. Tejedor, “Que es gpon (gigabit passive optical network),” *Diciembre-Enero*, 2008.
- [6] *Redes Ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales*, ITU Std.
- [7] K. Zhu et B. Mukherjee, “A review of traffic grooming in wdm optical networks: Architectures and challenges,” *Computer Science Department*, 2003.
- [8] A. P. Ron Heron. (2014, Abril) Twdm-pon: Nuevas longitudes de onda para la fibra. Alcatel-Lucent. [Online]. Available: <http://www2.alcatel-lucent.com/techzine/es/twdm-pon-nuevas-longitudes-de-onda-para-la-fibra/>
- [9] U. Demir et O. Aktas, “Raptor versus reed solomon forward error correction codes,” dans *Computer Networks, 2006 International Symposium on*. IEEE,



- 2006, p. 264–269. [Online]. Available: [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=1662545](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1662545)
- [10] A. S. O. Haran, *The Importance of Dynamic Bandwidth Allocation in GPON Networks*, January 2008, pMC Sierra Inc.
- [11] D. Selent, “Advanced encryption standard,” 2010.
- [12] M. Puebla, *TELEFONIA IP, ESTANDAR SIP*. Instituto Profesional DUOC UC, 2010.
- [13] J. L. Villalón. (2008, Febrero) Voip: Protocolos de señalización. Security Art Work. [Online]. Available: <http://www.securityartwork.es/2008/02/20/voip-protocolos-de-senalizacion/>
- [14] L. Huawei Technologies Co., *SmartAX MA5600T Multi-service Access Module*, 2008.
- [15] —, “The first aggregation olt for vertical industry huawei smartax ma5600t series product,” 2011, [www.huawei.com](http://www.huawei.com).
- [16] S. GE POWER CONTROLS IBERICA, “Conmutaciones automáticas de fuentes,” [www.ge.com/es/powerprotection](http://www.ge.com/es/powerprotection).
- [17] H. Technologies, *SmartAX MA5600T/MA5603T Access Module Product Description*, May 2012.
- [18] L. AD-NET TECHNOLOGY CO. (2012) Gepon ftth backup protection schemes. [info@ad-net.com.tw](mailto:info@ad-net.com.tw). [Online]. Available: <http://www.ad-net.com.tw/index.php?id=786>
- [19] ChartitNow. Sop (standard operating procedure) template package. Aaronscreations. 6 Augustus Drive, Berwick, Victoria, 3806, Australia. [Online]. Available: <http://www.chartitnow.com>
- [20] B. S. Davie et A. Farrel, *MPLS: Next Steps, Volume 1 (The Morgan Kaufmann Series in Networking)*. Morgan Kaufmann, 2008. [Online]. Available: <http://www.amazon.com/MPLS-Volume-Morgan-Kaufmann-Networking/>



dp/0123744008%3FSubscriptionId%3D0JYN1NVW651KCA56C102%  
26tag%3Dtechkie-20%26linkCode%3Dxm2%26camp%3D2025%26creative%  
3D165953%26creativeASIN%3D0123744008

- [21] A. E. García, “Manual práctico de sql,” *Noviembre*, 2003.
- [22] L. D. Ghein, *MPLS Fundamentals*. Cisco Press, 2006. [Online]. Available: <http://www.amazon.com/MPLS-Fundamentals-Luc-De-Ghein/dp/1587051974%3FSubscriptionId%3D0JYN1NVW651KCA56C102%26tag%3Dtechkie-20%26linkCode%3Dxm2%26camp%3D2025%26creative%3D165953%26creativeASIN%3D1587051974>
- [23] I. Minei et J. Lucek, *MPLS-Enabled Applications: Emerging Developments and New Technologies*. Wiley, 2005. [Online]. Available: <http://www.amazon.com/MPLS-Enabled-Applications-Emerging-Developments-Technologies/dp/0470014539%3FSubscriptionId%3D0JYN1NVW651KCA56C102%26tag%3Dtechkie-20%26linkCode%3Dxm2%26camp%3D2025%26creative%3D165953%26creativeASIN%3D0470014539>
- [24] H. G. Perros, *Connection-Oriented Networks: SONET/SDH, ATM, MPLS and Optical Networks*. Wiley, 2005. [Online]. Available: <http://www.amazon.com/Connection-Oriented-Networks-SONET-MPLS-Optical/dp/0470021632%3FSubscriptionId%3D0JYN1NVW651KCA56C102%26tag%3Dtechkie-20%26linkCode%3Dxm2%26camp%3D2025%26creative%3D165953%26creativeASIN%3D0470021632>
- [25] Peterson, *Computer Networks*. BUTTERWORTH HEINEMAN, 2003. [Online]. Available: <http://www.amazon.com/Computer-Networks-Peterson/dp/1558608338%3FSubscriptionId%3D0JYN1NVW651KCA56C102%26tag%3Dtechkie-20%26linkCode%3Dxm2%26camp%3D2025%26creative%3D165953%26creativeASIN%3D1558608338>