



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON
LA COLECTIVIDAD**

**MAESTRÍA EN GERENCIA DE REDES Y
TELECOMUNICACIONES**

III PROMOCIÓN

**TESIS DE GRADO MAESTRÍA EN GERENCIA DE REDES Y
TELECOMUNICACIONES**

**TEMA: “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE
UNA RED NACIONAL MPLS / METROETHERNET DE ÚLTIMA
GENERACIÓN PARA UN PROVEEDOR DE SERVICIOS”**

AUTOR: SALAZAR ESTÉVEZ LEONARDO

DIRECTOR: ING. CARLOS EGAS, MSC.

SANGOLQUÍ, NOVIEMBRE 2014

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON
LA COLECTIVIDAD

CERTIFICADO

ING. CARLOS EGAS, MSC.

Director

ING. FLAVIO PINEDA, MSC.

Oponente

CERTIFICAN

Que el presente documento de tesis de grado para la Maestría en Gerencia de Redes y Telecomunicaciones, titulado “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED NACIONAL MPLS / METROETHERNET DE ÚLTIMA GENERACIÓN PARA UN PROVEEDOR DE SERVICIOS”, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con los requerimientos teóricos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE.

Sangolquí, Noviembre 2014

ING. CARLOS EGAS, MSC.

Director

ING. FLAVIO PINEDA, MSC.

Oponente

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON
LA COLECTIVIDAD**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

SALAZAR ESTÉVEZ LEONARDO

DECLARO QUE

El presente documento de tesis de grado para la Maestría en Gerencia de Redes y Telecomunicaciones, titulado “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED NACIONAL MPLS / METROETHERNET DE ÚLTIMA GENERACIÓN PARA UN PROVEEDOR DE SERVICIOS”, ha sido desarrollado mediante la investigación y experiencia profesional, respetando propiedad intelectual de terceros a través de las respectivas citas adjuntas, cuyas fuentes se incorporan en las referencias bibliográficas, por lo que este documento es de mi autoría y consecuentemente me responsabilizo de su contenido, veracidad y autenticidad.

Sangolquí, Noviembre 2014.

Leonardo Salazar Estévez

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON
LA COLECTIVIDAD

AUTORIZACIÓN

Yo, Leonardo Salazar Estévez, con cédula de identidad 1714573373, manifiesto mi voluntad de ceder a la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de propiedad Intelectual del Ecuador en calidad de autor del trabajo de grado académico de maestría titulado “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED NACIONAL MPLS / METROETHERNET DE ÚLTIMA GENERACIÓN PARA UN PROVEEDOR DE SERVICIOS”, que ha sido desarrollado para optar por el título de Magister en gerencia de Redes y Telecomunicaciones en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, quedando la institución facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente con fines estrictamente académicos y de investigación.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Sangolquí, Noviembre 2014.

Leonardo Salazar Estévez

AUTOR

DEDICATORIA

El presente proyecto y principalmente todo el esfuerzo, tiempo y esmero que implica lo dedico a mi familia: a mi esposa Nancy y a mi hija Carolina que son la luz de mi vida y a quienes les he robado su tiempo de familia, pero que son la razón de ser de lo que hago; a mis padres Nelson y Martha, en retribución a su cariño, cuidado, esfuerzo, trabajo y enseñanza; a mis hermanos por haber sido mis amigos incondicionales y quienes aportaron siempre para que crezca como persona; a mis sobrinos Carla, Daniela, Daniel, Andrea y Edgardo, a mis abuelitas Luz Mila y Rosa, mis tíos, primos, familiares y familiares políticos por el cariño y aprecio que les tengo.

A mi país, como aporte para el desarrollo y como referencia para las actuales y nuevas generaciones.

A Dios, el compañero que me ha dado muchas bendiciones y quien sabe de todo mi andar.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la vida, la salud, la familia y motivarme a dar lo mejor de mí siempre.

A mi madre Martha, por su cariño, bondad, y ejemplo de valores y principios, por su lucha incesante y constante apoyo.

A mi padre Nelson, por su ejemplo de superación, responsabilidad y perseverancia.

A mi esposa Nancy, por su amor, compañía, comprensión y tiempo.

A mi hija Carolina, por llenar mi vida de felicidad y ser el motor de mis acciones.

A mis hermanos Soraya, Nelson, Erick y Edgardo, mis mejores amigos, por su cariño y apoyo incondicional y por ser cada uno de ellos un modelo de vida.

A la Escuela Politécnica del Ejército, por ser un aporte importante para mi superación profesional.

A mi director de tesis Msc. Carlos Egas, por su confianza y guía en el desarrollo de este proyecto y a mis profesores, por su valiosa enseñanza.

A Level 3, Global Crossing, Impsat, la empresa donde me he formado y crecido profesionalmente y que siempre me ha apoyado y confiado en mí.

A la Academia Acierte-EPN y sus miembros, por su confianza y por permitirme aportar a la comunidad también a través de la docencia.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	VI
ÍNDICE DE CUADROS	IX
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
RESUMEN	XIX
ABSTRACT	XX
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED NACIONAL MPLS / METROETHERNET DE ÚLTIMA GENERACIÓN PARA UN PROVEEDOR DE SERVICIOS	
	XXI
1. CAPÍTULO I: TECNOLOGÍAS METROETHERNET Y MPLS	1
1.1. TECNOLOGÍA METROETHERNET	1
1.1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.1.2. PROTOCOLO ETHERNET	2
1.1.3. VLANs (Virtual Local Area Networks)	5
1.1.4. IEEE 802.1ad (QinQ)	7
1.1.5. LINK AGGREGATION CONTROL PROTOCOL (LACP)	9
1.1.6. SPANNING TREE PROTOCOL	10
1.1.7. RAPID SPANNING TREE PROTOCOL (RSTP)	13
1.1.8. MULTIPLE INSTANCE SPANNING TREE PROTOCOL (MSTP) ..	14
1.1.9. RESILIENT ETHERNET PROTOCOL – Cisco Systems	14
1.1.10. OTROS PROTOCOLOS DE CONTROL DE CAPA 2	16
1.1.11. LAYER 2 TUNNELING PROTOCOL (L2TP)	16
1.2. MULTIPROTOCOL LABEL SWITCHING (MPLS)	18
1.2.1. INTRODUCCIÓN	18
1.2.2. CONCEPTOS DE MPLS	20
1.2.3. VIRTUAL PRIVATE LAN SERVICE (VPLS)	28
1.3. METROETHERNET FORUM (MEF)	29
1.3.1. SERVICIOS DEL MEF (METROETHERNET FORUM)	29
1.3.2. ATRIBUTOS DEL SERVICIO ETHERNET	30
1.4. PLATAFORMAS DE REDES METROETHERNET	35
1.4.1. TOPOLOGÍAS DE REDES METROETHERNET	36
1.5. IMPLEMENTACIONES DE REDES, PRODUCTOS Y SERVICIOS DE PROVEEDORES DE SERVICIOS EN ECUADOR	40

1.5.1.	PROVEEDOR DE INTERNET CON RED BASADA EN EL PROTOCOLO IP.....	41
1.5.2.	PROVEEDOR DE SERVICIOS CON RED BASADA EN EL PROTOCOLO IP.....	43
1.5.3.	PROVEEDOR DE SERVICIOS CON RED BASADA EN LOS PROTOCOLOS IP Y MPLS, PRIMERA GENERACIÓN, INCLUYE RED TRADICIONAL.....	46
1.5.4.	PROVEEDOR CON RED BASADA EN LOS PROTOCOLOS IP Y MPLS DE NUEVA GENERACIÓN, INCLUYE RED TRADICIONAL.....	48
1.5.5.	PROVEEDOR CON RED BASADA EN METROETHERNET Y MPLS DE NUEVA GENERACIÓN, INCLUYE RED TRADICIONAL.....	51
1.5.6.	PROVEEDOR DE SERVICIOS CON RED BASADA EN DWDM, SDH E IP.....	54
1.6.	TENDENCIAS DE IMPLEMENTACIONES DE REDES Y SERVICIOS DE PROVEEDORES DE SERVICIOS A NIVEL MUNDIAL.....	57
2.	CAPÍTULO II: DISEÑO DE LA RED MPLS/METROETHERNET NACIONAL.....	61
2.1.	REQUERIMIENTOS DE RED PARA EL DISEÑO	61
2.2.	ALCANCE DEL DISEÑO.....	62
2.3.	CARACTERÍSTICAS DEL PROVEEDOR DE SERVICIOS AL QUE APLICA EL DISEÑO DE RED MPLS/METROETHERNET DE NUEVA GENERACIÓN	64
2.4.	CONSIDERACIONES DE DISEÑO.....	67
2.4.1.	INTRODUCCIÓN	67
2.4.2.	CONSIDERACIONES DE ANCHO DE BANDA Y ESCALABILIDAD	69
2.4.2.1.	DIMENSIONAMIENTO DE RED.....	86
2.4.2.1.1.	REQUERIMIENTO Y CONSIDERACIONES DE DIMENSIONAMIENTO PARA LA FASE INICIAL	88
2.4.2.1.2.	REQUERIMIENTO Y CONSIDERACIONES DE DIMENSIONAMIENTO PARA LUEGO DE 18 MESES.....	108
2.4.2.1.3.	REQUERIMIENTO Y CONSIDERACIONES DE DIMENSIONAMIENTO PARA LUEGO DE 3 AÑOS.....	128
2.4.3.	CONSIDERACIONES DE MULTISERVICIOS Y TECNOLOGÍAS	156
2.4.4.	CONSIDERACIONES DE EQUIPAMIENTO.....	157
2.5.	DISEÑO DE RED MPLS Y METROETHERNET	162

3.	CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE COSTOS DE LA RED MPLS/METROETHERNET NACIONAL.....	171
3.1.	COSTOS DE EQUIPAMIENTO DE NUEVA GENERACIÓN PARA LA RED MPLS Y METROETHERNET	171
3.2.	CONSIDERACIONES PARA LA EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO DE RED MPLS Y METROETHERNET NACIONAL.....	176
3.2.1.	CONSIDERACIONES DE CAPEX.....	176
3.2.1.1.	CONSIDERACIONES DE INVERSIONES EN EQUIPAMIENTO DE RED	176
3.2.1.2.	CONSIDERACIONES COSTOS DE ENLACES DE ACCESO	178
3.2.1.3.	CONSIDERACIONES DE INFRAESTRUCTURA.....	179
3.2.1.4.	CONSIDERACIONES DE INVERSIONES EN PLANTA EXTERNA.....	179
3.2.1.5.	CONSIDERACIONES DE COSTO DE CPE (CLIENT PREMISE EQUIPMENT)	179
3.2.2.	CONSIDERACIONES DE OPEX.....	180
3.2.2.1.	CONSIDERACIONES DE COSTOS POR CAPACIDAD INTERNACIONAL.....	180
3.2.2.2.	CONSIDERACIONES DE COSTOS POR CAPACIDAD INTERURBANA	181
3.2.2.3.	CONSIDERACIONES DE COSTOS POR INSTALACIÓN ÚLTIMA MILLA	181
3.2.2.4.	CONSIDERACIONES DE COSTOS POR MANTENIMIENTO ÚLTIMA MILLA	181
3.2.3.	CONSIDERACIONES DE INGRESOS.....	182
3.2.3.1.	CONSIDERACIONES DE DISMINUCIÓN DE PRECIOS.....	182
3.2.3.2.	CONSIDERACIONES DE FACTORES DE REVENTA DE ANCHO DE BANDA POR SERVICIO.....	182
3.2.3.3.	CONSIDERACIONES DE PRECIOS POR SERVICIO	186
3.3.	EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO DE RED MPLS Y METROETHERNET NACIONAL	187
4.	CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	193
4.1.	CONCLUSIONES	193
4.2.	RECOMENDACIONES.....	197
5.	FUENTES DE CONSULTA.....	198
6.	GLOSARIO	201

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Comparación de algunos estándares Ethernet	4
Cuadro 2	Comparación entre IEEE 802.3 y Ethernet II	4
Cuadro 3	Formato de trama IEEE 802.3 + 802.2 LLC	5
Cuadro 4	Formato de trama IEEE 802.1q	6
Cuadro 5	Formato de etiqueta MPLS	24
Cuadro 6	Ejemplos de protocolos de control de Capa 2	34
Cuadro 7	Comparación entre protocolos de control para protección de topología de capa 2	38
Cuadro 8	Resumen comparativo de proveedores de servicios	56
Cuadro 9	Algunos protocolos y funcionalidades en hardware y software .	157
Cuadro 10	Funcionalidades importantes para la selección del hardware ...	159
Cuadro 11	Consideraciones de fabricante	161
Cuadro 12	Comparación equipos Juniper	165
Cuadro 13	Estimación switches Core Metro nodos secundarios luego de 18 meses en Quito y Guayaquil	167
Cuadro 14	Estimación switches Core Metro nodos secundarios luego de 3 años Quito y Guayaquil	167
Cuadro 15	Resumen de equipamiento	170

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Capacidad Internacional para el SVA de Proveedores de Servicio en Ecuador	70
Tabla 2	Crecimiento de capacidad internacional de varios proveedores	71
Tabla 3	Crecimiento porcentual anual de capacidad internacional del proveedor referencial	73
Tabla 4	Crecimiento porcentual de capacidad internacional del proveedor referencial en períodos de 18 meses	73
Tabla 5	Comparación métodos de estimación de crecimiento porcentual de tráfico internacional	75
Tabla 6	Análisis y proyección de capacidad internacional requerida por proveedor de servicios a 3 años (20% de tráfico nacional) ..	75
Tabla 7	Datos de tráfico referenciales de uno de los proveedores de Internet más grandes del país ajustado al 20% de tráfico total nacional	80
Tabla 8	Tendencia de crecimiento de tráfico interurbano	83
Tabla 9	Tendencia de crecimiento de tráfico interurbano nacional	85
Tabla 10	Resumen de requerimientos actuales, a 18 meses y a 3 años para el proveedor con el 20% de tráfico nacional aproximado ..	149
Tabla 11	Resumen inversiones para la red nacional MPLS y MetroEthernet	172
Tabla 12	Necesidad de equipamiento Metro para nodos secundarios con ME3800X para crecimiento en 3 años	173
Tabla 13	Necesidad de equipamiento Metro para nodos secundarios	

	con Cisco 7609-S para crecimiento en 3 años	174
Tabla 14	Comparación de costos de equipamiento para nodos secundarios Metro en Quito y Guayaquil en 3 años	174
Tabla 15	Costos de equipamiento de respaldo en sitio	175
Tabla 16	Inversiones en equipamiento para la red MPLS y MetroEthernet nacional	177
Tabla 17	Cantidad de enlaces de servicios portadores	178
Tabla 18	Router referencial para usarse como CPE	180
Tabla 19	Costos referenciales por Mbps de capacidad internacional	181
Tabla 20	Factores de disminución anual de precios	182
Tabla 21	Relación ancho de banda vendido sobre tráfico estadístico por servicio para el proveedor referencial considerando algunas ciudades del país	183
Tabla 22	Relación de tráfico por servicio respecto de tráfico internacional	185
Tabla 23	Factores de reventa por servicio a considerarse en la evaluación financiera	186
Tabla 24	Precios referenciales mensuales por servicio en USD	187
Tabla 25	Ejemplo de cálculo de WACC	188
Tabla 26	Ingresos del proyecto	190
Tabla 27	Capex del proyecto	191
Tabla 28	Opex del proyecto	191
Tabla 29	Análisis y resultados del proyecto	192

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Implementación tradicional de VLANs en una red	6
Figura 2	Formato de una trama con pila de etiquetas	8
Figura 3	Esquema de implementación de QinQ en un proveedor de servicios	9
Figura 4	Conexión de dispositivos mediante Link Aggregation	10
Figura 5	Flexibilidad de topología de red con el protocolo REP	15
Figura 6	Implementación de QinQ + L2TP	18
Figura 7	Esquema de funcionamiento de una red MPLS para transporte de paquetes	24
Figura 8	MPLS TE	27
Figura 9	Esquema de red MPLS con VPNs L3	27
Figura 10	Esquema de red MPLS con VPNs L2 VPLS (Virtual Private LAN Service)	28
Figura 11	E-Line Service	29
Figura 12	E-LAN Service	30
Figura 13	Esquema de topología de red MetroEthernet de un proveedor de servicios	39
Figura 14	Esquema de red MetroEthernet con tecnologías de acceso complementarias	40
Figura 15	Tendencias Carrier Ethernet Services	58
Figura 16	Factibilidades Brasil por servicio para un proveedor de servicios referencial	59
Figura 17	Ancho de Banda porcentual requerido en factibilidades Brasil para un proveedor de servicios referencial	59

Figura 18	Factibilidades en Latinoamérica para un proveedor de servicios referencial	60
Figura 19	Ancho de banda porcentual en factibilidades en latinoamerica para un proveedor de servicios referencial	60
Figura 20	Distribución de capacidad internacional en Ecuador	70
Figura 21	Crecimiento de capacidad internacional de varios proveedores .	71
Figura 22	Crecimiento de capacidad internacional del proveedor referencial	72
Figura 23	Crecimiento porcentual anual de capacidad internacional del proveedor referencial	73
Figura 24	Crecimiento porcentual de capacidad internacional del proveedor referencial en períodos de 18 meses	74
Figura 25	Concentración del tráfico nacional de datos e internet para el proveedor referencial	77
Figura 26	Distribución de usuarios de Internet en Ecuador con acceso fijo	77
Figura 27	Distribución de usuarios de Internet por provincia a junio 2012 ..	78
Figura 28	Distribución de enlaces servicios portadores en Ecuador	78
Figura 29	Tráfico troncal interurbana N° 1	81
Figura 30	Tráfico troncal interurbana N° 2	81
Figura 31	Tráfico troncal interurbana N° 3	82
Figura 32	Tráfico troncal interurbana N° 4	82
Figura 33	Tráfico troncal interurbana N° 5	83
Figura 34	Tráfico MPLS VPN vs Tráfico Internacional para el proveedor de servicios referencial	86
Figura 35	Diseño de red en la fase inicial para las ciudades de Quito y	

	Guayaquil (Anexo A1)	89
Figura 36	Diseño de red en la fase inicial para las ciudades de Ambato, Manta, Machala y Cuenca (Anexo B1)	90
Figura 37	Diseño de red en la fase inicial para las ciudades de Tulcán, Ibarra, Puyo, Tena, Coca, Nueva Loja, Esmeraldas, Santo Domingo, Guaranda, Riobamba, Latacunga, Santa Cruz (Galápagos), Santa Elena, Babahoyo, Azogues, Macas, Zamora, Loja (Anexo C1)	91
Figura 38	Fragmento Anexo A1: Capacidad Internacional	92
Figura 39	Fragmento Anexo A1: Capacidad Quito-Guayaquil y conexión entre equipos de core	93
Figura 40	Fragmento Anexo B1: Capacidad Cuenca-Guayaquil y conexión entre equipos	94
Figura 41	Fragmento Anexo B1: Capacidad Machala-Guayaquil y conexión entre equipos	95
Figura 42	Fragmento Anexo B1: Capacidad Manta-Guayaquil y conexión entre equipos	96
Figura 43	Fragmento Anexo B1: Capacidad Ambato-Quito y conexión entre equipos	97
Figura 44	Fragmento Anexo C1: Anillo Guayaquil – Babahoyo – Azoguez – Macas – Zamora – Loja - Guayaquil	98
Figura 45	Fragmento Anexo C1: Anillo Guayaquil-Santa Elena – Guayaquil	98
Figura 46	Fragmento Anexo C1: Anillo Quito – Latacunga – Riobamba – Guaranda - Santo Domingo – Esmeraldas – Quito	99
Figura 47	Fragmento Anexo C1: Anillo Quito-Ibarra-Tulcán-Quito	100

Figura 48	Fragmento Anexo C1: Anillo Quito – Puyo – Tena – Coca – Nueva Loja – Quito	101
Figura 49	Fragmento Anexo C1: Enlace troncal Galápagos - Quito	101
Figura 50	Fragmento Anexo A1: Conexiones de ruteadores de borde en Quito	103
Figura 51	Fragmento Anexo A1: Conexiones de ruteadores de borde en Quito	104
Figura 52	Fragmento Anexo A1: Anillos Metro Quito y conexiones a red de acceso	106
Figura 53	Fragmento Anexo A1: Anillos Metro Guayaquil y conexiones a red de acceso	188
Figura 54	Diseño de red luego de 18 meses para las ciudades de Quito y Guayaquil (Anexo A2)	109
Figura 55	Diseño de red luego de 18 meses para las ciudades de Ambato, Manta, Machala y Cuenca (Anexo B2)	109
Figura 56	Diseño de red luego de 18 meses para las ciudades de Tulcán, Ibarra, Puyo, Tena, Coca, Nueva Loja, Esmeraldas, Santo Domingo, Guaranda, Riobamba, Latacunga, Santa Cruz (Galápagos), Santa Elena, Babahoyo, Azogues, Macas, Zamora, Loja (Anexo C2)	110
Figura 57	Fragmento Anexo A2: Capacidad Internacional luego de 18 meses	111
Figura 58	Fragmento Anexo A2: Capacidad Quito-Guayaquil y conexión entre equipos de core para luego de 18 meses	112
Figura 59	Fragmento Anexo B2: Capacidad Cuenca-Guayaquil y conexión entre equipos para luego de 18 meses	113

Figura 60	Fragmento Anexo B2: Capacidad Machala-Guayaquil y conexión entre equipos para luego de 18 meses	114
Figura 61	Fragmento Anexo B2: Capacidad Manta-Guayaquil y conexión entre equipos para luego de 18 meses	115
Figura 62	Fragmento Anexo B2: Capacidad Ambato-Quito y conexión entre equipos para luego de 18 meses	116
Figura 63	Fragmento Anexo C2: Anillo Guayaquil – Babahoyo – Azoguez- Macas – Zamora – Loja - Guayaquil para luego de 18 meses ..	117
Figura 64	Fragmento Anexo C2: Anillo Guayaquil-Santa Elena-Guayaquil para luego de 18 meses	118
Figura 65	Fragmento Anexo C2: Anillo Quito – Latacunga – Riobamba – Guaranda - Santo Domingo – Esmeraldas - Quito para luego de 18 meses	119
Figura 66	Fragmento Anexo C2: Anillo Quito-Ibarra-Tulcán-Quito para luego de 18 meses	120
Figura 67	Fragmento Anexo C2: Anillo Quito – Puyo – Tena – Coca – Nueva Loja - Quito para luego de 18 meses	120
Figura 68	Fragmento Anexo C2: Enlace troncal Galápagos-Quito para luego de 18 meses	121
Figura 69	Fragmento Anexo A2: Conexiones de ruteadores de borde en Quito luego de 18 meses	123
Figura 70	Fragmento Anexo A2: Conexiones de ruteadores de borde en Guayaquil para luego de 18 meses	124
Figura 71	Fragmento Anexo A2: Anillos Metro Quito y conexiones a red de acceso para luego de 18 meses	126
Figura 72	Fragmento Anexo A2: Anillos Metro Guayaquil y conexiones a	

	red de acceso para luego de 18 meses	128
Figura 73	Diseño de red luego de 3 años para las ciudades de Quito y Guayaquil (Anexo A3)	129
Figura 74	Diseño de red luego de 3 años para las ciudades de Ambato, Manta, Machala y Cuenca (Anexo B3)	130
Figura 75	Diseño de red luego de 3 años para las ciudades de Tulcán, Ibarra, Puyo, Tena, Coca, Nueva Loja, Esmeraldas, Santo Domingo, Guaranda, Riobamba, Latacunga, Santa Cruz (Galápagos), Santa Elena, Babahoyo, Azogues, Macas, Zamora, Loja (Anexo C3)	131
Figura 76	Fragmento Anexo A3: Capacidad Internacional luego de 3 años	132
Figura 77	Fragmento Anexo A3: Capacidad Quito-Guayaquil y conexión entre equipos de core para luego de 3 años	133
Figura 78	Fragmento Anexo B3: Capacidad Cuenca-Guayaquil y conexión entre equipos para luego de 3 años	134
Figura 79	Fragmento Anexo B3: Capacidad Machala-Guayaquil y conexión entre equipos para luego de 3 años	135
Figura 80	Fragmento Anexo B3: Capacidad Manta-Guayaquil y conexión entre equipos para luego de 3 años	136
Figura 81	Fragmento Anexo B3: Capacidad Ambato-Quito y conexión entre equipos para luego de 3 años	137
Figura 82	Fragmento Anexo C3: Anillo Guayaquil – Babahoyo – Azogues – Macas – Zamora – Loja - Guayaquil para luego de 3 años	138
Figura 83	Fragmento Anexo C3: Anillo Guayaquil-Santa Elena–Guayaquil para luego de 3 años	138

Figura 84	Fragmento Anexo C3: Anillo Quito – Latacunga – Riobamba - Guaranda - Santo Domingo – Esmeraldas - Quito para luego de 3 años	139
Figura 85	Fragmento Anexo C3: Anillo Quito – Ibarra – Tulcán - Quito para luego de 3 años	140
Figura 86	Fragmento Anexo C3: Anillo Quito – Puyo – Tena – Coca – Nueva Loja - Quito para luego de 3 años	141
Figura 87	Fragmento Anexo C3: Enlace troncal Galápagos-Quito para luego de 3 años	141
Figura 88	Fragmento Anexo A3: Conexiones de ruteadores de borde en Quito luego de 3 años	143
Figura 89	Fragmento Anexo A3: Conexiones de ruteadores de borde en Guayaquil para luego de 3 años	144
Figura 90	Fragmento Anexo A3: Anillos Metro Quito y conexiones a red de acceso para luego de 3 años	146
Figura 91	Fragmento Anexo A3: Anillos Metro Guayaquil y conexiones a red de acceso para luego de 3 años	148
Figura 92	Red de fibra óptica nacional (todos los operadores)	168
Figura 93	Red de fibra óptica CNT EP (Corporación Nacional de Telecomunicaciones)	168
Figura 94	Red de fibra óptica CELEC EP - TRANSELECTRIC	169
Figura 95	Red de fibra óptica Telconet	169
Figura 96	Histórico de disminución de tarifas de Internet masivo	186
Figura 97	Fondos descontados acumulados del proyecto	192

RESUMEN

El presente proyecto plantea el diseño y estudio de factibilidad de implementación de una red integrada MPLS y Metroethernet nacional para un proveedor de servicios en el país, con escalabilidad, flexibilidad y explotando óptimamente el potencial de una red MPLS y Metroethernet con funcionalidades de nueva generación como *VPNs* capa 2 y capa 3, *QinQ*, *L2PT*, ingeniería de tráfico, calidad de servicio, y diseño de alta disponibilidad. Se parte de una red referencial existente de un proveedor de servicios con presencia en las principales ciudades del país. Se abarcan características de las tecnologías MPLS y MetroEthernet y tecnologías de acceso complementarias y se plantean las tendencias globales de proveedores de servicios y una clasificación de los proveedores de servicios en el país de acuerdo a características de red, tecnologías y servicios. Se toman datos referenciales de un proveedor de servicios sobre implementaciones de red, tráfico, tipos de servicios, precios referenciales y consideraciones económicas. Se complementa el diseño de red con datos públicos de proveedores de servicios acerca de tráfico y crecimiento, enlaces de servicios portadores y despliegue de redes de fibra óptica a nivel nacional. Se realiza el diseño de red para un proveedor de servicios con aproximadamente el 20% de tráfico nacional de datos e internet y de enlaces de servicios portadores con un horizonte de 3 años. Se presentan los costos y análisis financiero del proyecto con las conclusiones y recomendaciones.

PALABRAS CLAVES: DISEÑO DE RED, MPLS, METROETHERNET, PROVEEDOR DE SERVICIOS.

ABSTRACT

The present project includes the design and feasibility study for implementation of an integrated MPLS and MetroEthernet network for a service provider with national coverage, scalability, flexibility and exploiting the potential of MPLS and MetroEthernet networks with new generation features like Layer 2 and Layer 3 VPNs, QinQ, L2PT, traffic engineering, quality of service and high availability. An existing network of a referential service provider is considered as point of start, with presence in major cities of the country. Concepts and characteristics of MPLS and MetroEthernet technologies are covered. Access technologies that complement the MetroEthernet and MPLS networks to provide customer services are also mentioned and global trends arise regarding these technologies. A classification of the service providers in the country is proposed according to its network implementations, technologies and services features. Reference data is taken from a service provider for network deployment trends, growth trends, some types of service implementations, proportion of traffic based on types of services, benchmark prices and additional economic considerations. The design is complemented with public information about service providers regarding international traffic and its growth, links of bearer services and nationwide deployment of fiber networks. The national MPLS and MetroEthernet network design is performed, considering a service provider with approximately 20% of domestic and international data and internet traffic and data links of bearer services within a three year horizon. The detailed costs, profitability analysis, investment and implementation schedule of the project is also presented with the conclusions and recommendations.

KEY WORDS: NETWORK DESIGN, MPLS, METROETHERNET, SERVICE PROVIDER

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED NACIONAL MPLS / METROETHERNET DE ÚLTIMA GENERACIÓN PARA UN PROVEEDOR DE SERVICIOS

En la actualidad las tecnologías MPLS (*Multi Protocol Label Switching*) y MetroEthernet son las tecnologías que están predominando en proveedores de servicios a nivel mundial para la entrega de diferentes productos y servicios a sus clientes, por sus características de ser multiprotocolo, escalables y con diversas funcionalidades que permiten garantizar servicios confiables, seguros, con calidad de servicio, además de poder brindar una relación costo-desempeño relativamente conveniente para los proveedores de servicios.

En el mercado de Telecomunicaciones Ecuatoriano existen algunos proveedores de servicios con sus redes sobre tecnologías IP, MPLS y MetroEthernet sobre las cuales brindan servicios a sus clientes. Sin embargo, estas redes de proveedores son susceptibles de mejora, pues no tienen las consideraciones e implementaciones necesarias para garantizar calidad de servicio, seguridad, escalabilidad y ofrecer todas los servicios e implementaciones potenciales de nueva generación de una red integrada MPLS y Metroethernet, muchas veces por limitaciones de hardware, software, costos o desconocimiento.

El presente proyecto plantea el diseño y estudio de factibilidad de implementación de una red integrada MPLS y MetroEthernet para un proveedor de servicios con cobertura nacional, y con una participación importante en el mercado ecuatoriano, con la capacidad de responder rápidamente a los requerimientos de servicios de los clientes y explotando de mejor manera el potencial de una red MPLS y Metroethernet, de acuerdo con tendencias e implementaciones de nueva generación a nivel mundial.

Este proyecto pretende brindar un marco referencial para el diseño, planificación, evaluación e implementación de redes MPLS y Metroethernet en el país por parte de proveedores de servicio, mediante consideraciones técnicas y económicas incluidas en el proyecto.

1. CAPÍTULO I: TECNOLOGÍAS METROETHERNET Y MPLS

1.1. TECNOLOGÍA METROETHERNET

1.1.1. INTRODUCCIÓN

Una red MetroEthernet es una red implementada sobre el protocolo Ethernet que cubre un área metropolitana. Ethernet es el protocolo genérico utilizado para soportar redes que utilizan los estándares 10BASE-T, FastEthernet (IEEE 802.3u), GigabitEthernet (IEEE 802.3ab, IEEE 802.3z) o 10GigabitEthernet (IEEE 802.3ae). Las interfaces de los dispositivos de red con el protocolo genérico Ethernet pueden terminar ya sea en medios físicos de cobre para Ethernet (10BASE-T), FastEthernet y GigabitEthernet o en medios ópticos para FastEthernet, GigabitEthernet y 10GigabitEthernet.

El protocolo Ethernet es un protocolo bien conocido a nivel mundial y se ha constituido en Redes de Área Local (LAN – *Local Area Networks*) en el protocolo más difundido globalmente. Con el constante desarrollo de la tecnología y dispositivos de red y el uso de medios físicos como la fibra óptica, la utilización del protocolo Ethernet dejó de verse enmarcado únicamente en redes LAN y ha venido siendo desplegado en Redes de Área Metropolitana (MAN – *Metropolitan Area Networks*) e incluso en Redes de Área Extendida (WAN – *Wide Area Networks*). Un factor importante que ha permitido el crecimiento de las redes con protocolo Ethernet es el costo de los dispositivos de red significativamente menor que el de dispositivos que utilizan otras tecnologías como SONET/SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy*) o tecnologías tradicionales como ATM (*Asynchronous Transmission Mode*), Frame Relay, TDM (*Time Division Multiplexing*), además de que las diversas funcionalidades y dispositivos de red que usan el protocolo Ethernet permiten tener la escalabilidad y topologías

redundantes de alta disponibilidad como las redes SONET/SDH o ATM y la granularidad de redes tradicionales ATM, Frame Relay, TDM o X.25.

Otra ventaja distintiva de una red de transporte basada en Ethernet es que puede ser conectada fácilmente a las Redes de Área Local de las empresas o clientes del proveedor.

Por las razones mencionadas anteriormente los proveedores de servicios a nivel mundial han venido desplegando redes Metro Ethernet como redes de distribución y acceso integradas a redes MPLS (*Multiprotocol Label Switching*), constituyéndose en las redes sobre las cuales se enfocan las principales inversiones de red de los proveedores de servicios y son las tendencias a nivel mundial.

1.1.2. PROTOCOLO ETHERNET

El protocolo Ethernet es un protocolo diseñado originalmente para la implementación de Redes de Area Local (LAN) que con el tiempo ha tenido constante desarrollo y modificaciones en cuanto a operación, de acuerdo con los dispositivos utilizados como hubs y switches, y a características físicas principalmente. CSMA/CD (Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones), es una técnica usada en redes Ethernet para mejorar sus prestaciones, principalmente necesaria en las primeras implementaciones con hubs en las redes LAN. Ethernet define las características de cableado y señalización en la capa física y el formato de trama en la capa de enlace del Modelo de Referencia OSI.

Los primeros desarrollos de Ethernet fueron realizados por el grupo de empresas DIX (Digital, Intel, Xerox) y con el tiempo se generó el estándar IEEE 802.3 y luego sus posteriores desarrollos existiendo un conjunto de estándares referentes a Ethernet como los siguientes:

- Ethernet experimental 1972 (patentado en 1978) 2,85 Mbit/s sobre cable coaxial en topología de bus.
- Ethernet II (DIX v2.0) 1982 10 Mbit/s sobre coaxial fino (thinnet).
- IEEE 802.3 1983 10BASE5 10 Mbit/s sobre coaxial grueso (thicknet). Similar a DIX salvo que el campo de Tipo se substituye por la longitud.
- 802.3a 1985 10BASE2 10 Mbit/s sobre coaxial fino (thinnet o cheapernet). Longitud máxima del segmento 185 metros.
- 802.3i 1990 10BASE-T 10 Mbit/s sobre par trenzado no apantallado (UTP). Longitud máxima del segmento 100 metros.
- 802.3u 1995 100BASE-TX, 100BASE-T4, 100BASE-FX Fast Ethernet a 100 Mbit/s con auto-negociación de velocidad.
- 802.3x 1997 *Full Duplex* (Transmisión y recepción simultáneos) y control de flujo.
- 802.3z 1998 1000BASE-X Ethernet de 1 Gbit/s sobre fibra óptica.
- 802.3ab 1999 1000BASE-T Ethernet de 1 Gbit/s sobre par trenzado no apantallado
- 802.3ac 1998 Extensión de la trama máxima a 1522 bytes para manejo de 802.1Q VLAN y prioridades según el estándar 802.1p.
- 802.3ae 2003 Ethernet a 10 Gbit/s; 10GBASE-SR, 10GBASE-LR
- IEEE 802.3af 2003 Alimentación sobre Ethernet (PoE).
- 802.3an 2006 10GBASE-T Ethernet a 10 Gbit/s sobre par trenzado no apantallado (UTP).

El cuadro 1 muestra una comparación entre diferentes estándares con el protocolo Ethernet.

El cuadro 2 muestra una comparación entre el formato de la trama Ethernet II y la trama IEEE802.3.

En la trama de IEEE802.3 no se define un campo de Tipo que permita identificar el protocolo de capa superior, pues en sus orígenes se trataría seguramente del protocolo IPX, sin embargo, con el desarrollo del estándar se implementó el soporte de múltiples protocolos de capa superior (capa 3 del modelo de referencia OSI) agregando varios campos adicionales enmarcados dentro de la subcapa LLC como lo muestra el cuadro 3.

Cuadro 1

Comparación de algunos estándares *Ethernet*

Tecnología	Velocidad de Transm. (Mbps)	Tipo de Cable	Distancia máxima (m)	Topología lógica
10Base2	10	Coaxial	185	Bus
10BaseT	10	Par trenzado	100	Estrella
100BaseTX	100	Par trenzado	100	Estrella
100BaseFX	100	Fibra óptica	10000	Estrella
1000BaseT	1000	Par trenzado (Cat. 5e, 6)	26 o 100	Estrella
1000BaseSX	1000	Fibra óptica multimodo	550	Estrella
1000BaseLX	1000	Fibra óptica monomodo	10000	Estrella
10GBaseLR	10000	Fibra óptica monomodo	10000	Estrella
10GBaseZR	10000	Fibra óptica monomodo	80000	Estrella

(Cisco Systems)

Cuadro 2

Comparación entre IEEE 802.3 y *Ethernet II*

Formato de trama IEEE 802.3:

Delimitador inicial (1 byte)	Dirección de destino MAC (6 bytes)	Dirección de origen MAC (6 bytes)	Longitud (2 bytes)	Cabecera LLC y campo de información (de 46 a 1500 bytes)	Secuencia de comprobación de trama (4 bytes)
------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	--------------------	--	--

Formato de trama Ethernet versión 2:

Delimitador inicial (1 byte)	Dirección de destino MAC (6 bytes)	Dirección de origen MAC (6 bytes)	Tipo (2 bytes)	Campo de información (de 46 a 1500 bytes)	Secuencia de comprobación de trama (4 bytes)
------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	----------------	---	--

(Sybex, 2005)

Por ejemplo el valor de DSAP/SSAP para el protocolo IP corresponde al valor hexadecimal 0x06 mientras que el valor del campo Tipo para la trama Ethernet II correspondiente al protocolo IP es en hexadecimal 0x0800. Otros valores del campo Tipo para algunos protocolos por ejemplo para IPv6 el valor 0x86dd o para el protocolo ARP (*Address Resolution Protocol*) 0x0806.

Cuadro 3

Formato de trama IEEE 802.3 + 802.2 LLC

Delimitador inicial (1 byte)	Dirección de destino MAC (6 bytes)	Dirección de origen MAC (6 bytes)	Longitud (2 bytes)	DSAP (1 byte)	SSAP (1 byte)	Control (1-2 bytes)	Datos (de 43 a 1497 bytes)	Secuencia de comprobación de trama (4 bytes)
------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	--------------------	---------------	---------------	---------------------	----------------------------	--

(Sybex, 2005)

1.1.3. VLANs (*Virtual Local Area Networks*)

Una VLAN es un mecanismo para crear de manera lógica múltiples redes de área local dentro de una misma infraestructura o red física. Un switch o conmutador con el soporte de VLANs permite separar los dominios de broadcast a través de las VLANs asociadas a los distintos puertos del switch y separar el tráfico de los usuarios de la red de acuerdo a la pertenencia de un dispositivo de usuario a una determinada VLAN, según el puerto al que se conecte del switch, que estará asociado a una determinada VLAN. Este es un ejemplo de una típica implementación de VLANs, sin embargo, existen por ejemplo computadores que permiten el manejo de VLANs en su tarjeta de red y podrían pertenecer a más de una VLAN, mediante el uso de puertos troncales. En la figura 1 se muestra una típica implementación de una red con VLANs.

La implementación de VLANs en redes extendidas a través de múltiples dispositivos es llevada a cabo mediante el uso del estándar IEEE 802.1q que define un nuevo formato de trama que permite identificar el ID de la VLAN a la cual pertenece esa trama. El cuadro 4 muestra el formato de la trama 802.1q.

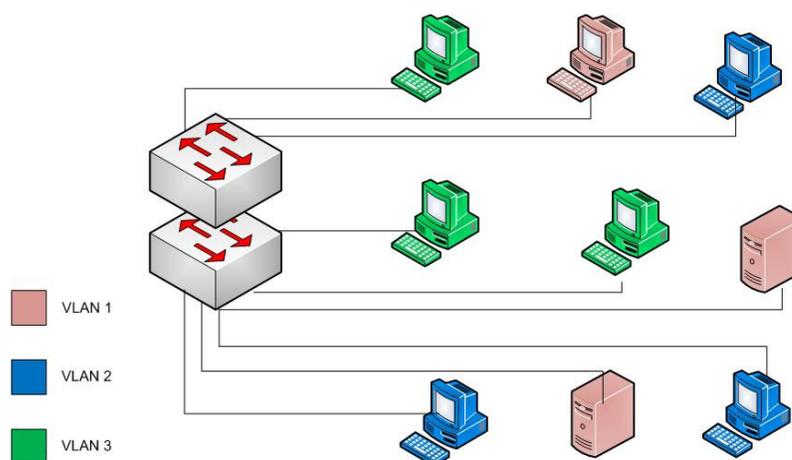


Figura 1. Implementación tradicional de VLANs en una red

Cuadro 4

Formato de trama IEEE 802.1q

Delimitador inicial (1 byte)	Dirección de destino (6 bytes)	Dirección de origen (6 bytes)	Tipo (2 bytes)	TPID (2 bytes)	Priority (3 bits)	CFI (1 bit)	VLAN ID (12 bits)	Datos (de 46 a 1500 bytes)	Secuencia de comprobación de trama (4 bytes)

(Sybex, 2005)

Los campos correspondientes a 802.1q son los siguientes:

- Identificador de Protocolo de Etiqueta (TPID *Tag Protocol Identifier*): un campo de 16 bits con un valor de 0x8100 correspondiente al estándar IEEE 802.1Q
- Prioridad: un campo de 3 bits que se refiere a la prioridad IEEE 802.1p con valores de 0 (mejor esfuerzo) a 7 (más alto). Los valores de prioridad pueden ser utilizados para marcar las tramas y poder dar un tratamiento de clases de servicio con calidad de servicio.
- Indicador de formato canónico (CFI *Canonical Format Indicator*): un campo de 1 bit. Si el valor de este campo es 1, la dirección MAC está

en formato no canónico. Si el valor es 0, la dirección MAC está en formato canónico. Siempre se fija en cero por conmutadores Ethernet. CFI se utiliza para la compatibilidad entre redes Ethernet y Token Ring.

- Identificador de VLAN (VID): un campo de 12 bits que especifica la VLAN a la que pertenece la trama. Los valores hexadecimales de 0x000 y 0xFFFF están reservados al igual que otros valores de VLANs correspondientes a determinados protocolos.

1.1.4. IEEE 802.1ad (QinQ)

IEEE 802.1ad es un estándar de red Ethernet informalmente conocido como QinQ y es una enmienda a la norma IEEE 802.1Q IEEE-1998. Mientras que la especificación original de 802.1Q permite un único encabezado de VLAN que se inserta en una trama Ethernet, QinQ permite múltiples cabeceras de VLAN o una pila (*stack*) de VLANs que se insertan en una trama, característica que es utilizada principalmente en redes Metro Ethernet de proveedores de servicios y en menor grado en redes de empresas grandes o medianas.

QinQ fue creado por algunas razones, entre otras, se puede mencionar las siguientes:

- Escalabilidad: al tener limitación de VLAN IDs de 4096 en el estándar IEEE 802.1q, QinQ permite tener con un stack de 2 etiquetas de VLANs 4096x4096 posibilidades de identificar el tráfico por VLANs.
- Facilidad de operación: para los proveedores de servicios que pueden implementar redes con capas definidas en las cuales no se tenga que hacer mayores configuraciones, como por ejemplo en la capa de núcleo con la implementación de QinQ y la manipulación para aprovisionamiento cotidiano de nuevos servicios o *troubleshooting* de problemas de clientes se haga generalmente sólo en la capa de acceso con la implementación de 802.1Q.

- Facilidad de implementación de túneles en capa 2 del modelo de referencia OSI con el uso combinado de QinQ y *Layer 2 Protocol Tunneling* (L2PT).

La figura 2 muestra el formato de una trama original Ethernet, una trama con IEEE 802.1Q y una trama con *stack* de etiquetas, o la implementación de QinQ.

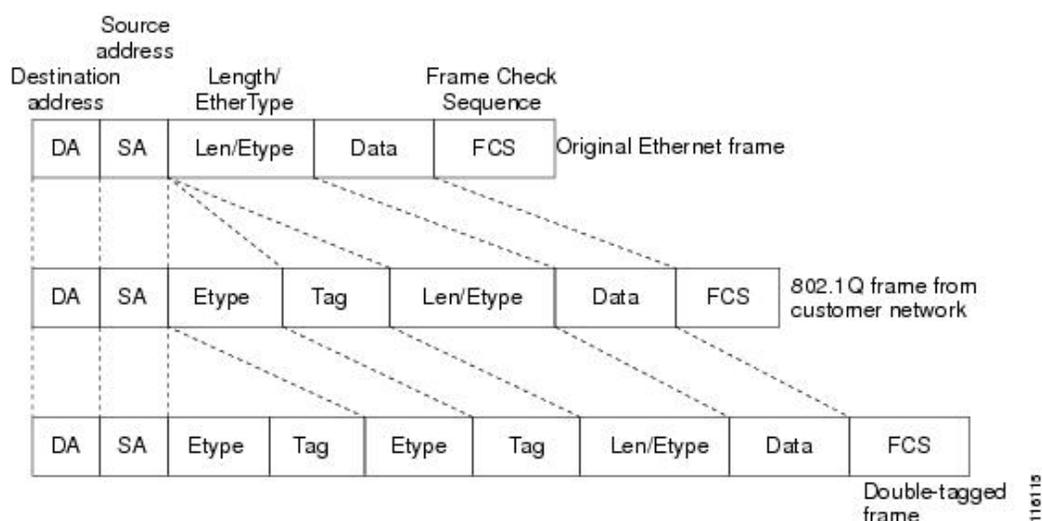


Figura 2. Formato de una trama con pila de etiquetas

(Cisco, www.cisco.com)

La segunda etiqueta, también conocida como etiqueta externa (*Outer VLAN*) o VLAN de servicio (*Service VLAN S-VLAN*) se inserta delante de la primera etiqueta, es decir, la segunda etiqueta está más cerca de la cabecera Ethernet que la primera etiqueta (conocida como etiqueta intran o de cliente, *Inner VLAN* o *Customer VLAN C-VLAN*). A la segunda etiqueta se le asigna un valor de Ethertype 0x88a8 (en lugar del 0x8100 definido en 802.1q) por defecto. El antiguo estándar 802.1QinQ (no estándar) utiliza 0x9100, y de hecho existen fabricantes que en determinadas plataformas de hardware y software soportan este último valor de Ethertype.

La figura 3 muestra un esquema de solución para la entrega de servicios a clientes de un proveedor de servicios mediante la implementación de QinQ.

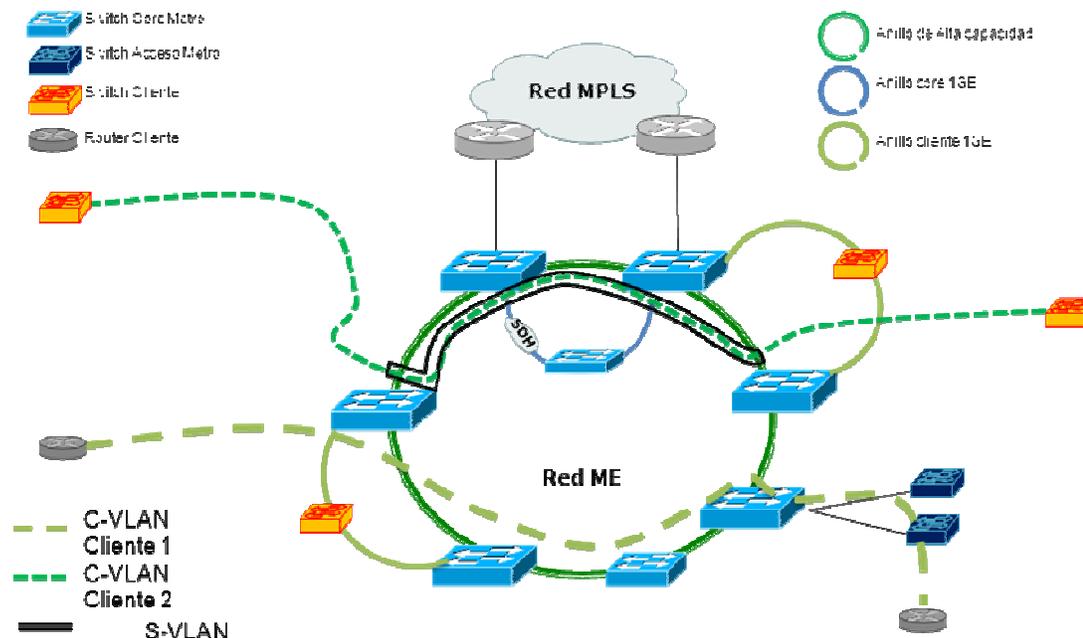


Figura 3. Esquema de implementación de QinQ en un proveedor de servicios

1.1.5. LINK AGGREGATION CONTROL PROTOCOL (LACP)

Agregación de enlaces (*Link Aggregation*) se refiere a agregar varias conexiones de red en paralelo para permitir aumentar el ancho de banda de conexión disponible entre dos dispositivos, pudiendo realizarse balanceo de carga entre las múltiples conexiones y disponer de redundancia ante falla de una o varias de estas conexiones.

La agregación de enlaces en capa 2 con el protocolo Ethernet está definida no sólo por protocolos estándares como IEEE 802.1ax *Link Aggregation Control Protocol* (LACP) para el protocolo Ethernet, o la versión anterior IEEE 802.3ad, sino también por varias soluciones propietarias como por ejemplo PAgP (*Port*

Aggregation Protocol), propietario de Cisco, o simplemente por la definición de la operación de balanceo de carga entre las diferentes conexiones de un dispositivo sin la necesidad de un protocolo como tal.

La figura 4 muestra el esquema de agregación de enlace entre dos dispositivos, los cuales pueden ser routers, switches o computadores.

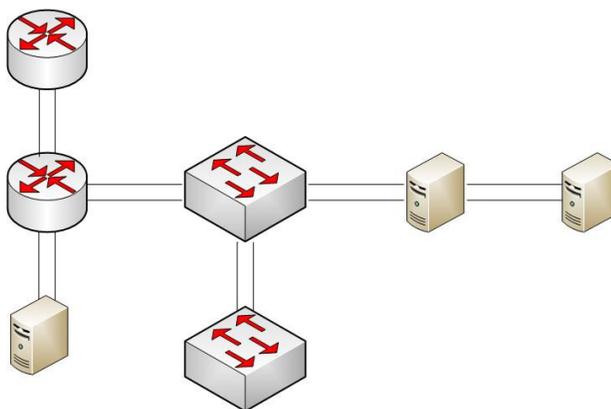


Figura 4. Conexión de dispositivos mediante *Link Aggregation*

1.1.6. *SPANNING TREE PROTOCOL*

STP (*Spanning Tree Protocol*) es un protocolo de capa 2 del modelo de referencia OSI, estandarizado en IEEE 802.1D. Su función es la de gestionar la presencia de bucles en topologías de red debido a la existencia de enlaces redundantes, necesarios en muchos casos para garantizar la alta disponibilidad de la red. El protocolo permite a los puertos de los dispositivos interconectados bloquear o transmitir automáticamente las tramas que cursan por ese puerto o interfaz, de forma que se garantice que la topología está libre de bucles.

Si existen varios enlaces, en el caso que uno falle, otro enlace puede seguir soportando el tráfico de la red y la conmutación del tráfico ocurre de manera automática.

Cuando existen bucles en la topología de red, sin el uso de un protocolo de control de capa 2 como *Spanning Tree*, los switches de capa 2 reenvían indefinidamente las tramas tipo *broadcast*, creando un bucle infinito que consume tanto ancho de banda en la red como CPU de los dispositivos de enrutamiento. Si los switches capa 2 no soportan el reconocimiento de tráfico y grupos *multicast* también tratarán al tráfico *multicast* como tráfico *broadcast*, haciendo una difusión de esas tramas por todos los puertos pertenecientes a ese dominio de *broadcast*. Para tramas unicast, los switches manejan tablas CAM (*Content Addressable Memory*) o MAC (*Media Access Control*) para determinar el puerto de salida de una trama, sin embargo, cuando esa tabla está vacía tratará a la trama similar a una trama *broadcast*, es decir haciendo difusión por todos los puertos que pertenecen a ese dominio de *broadcast*. En estos escenarios también la red es propensa a tener tormentas de *broadcast* cuando hay conexiones redundantes o bucles y no se dispone de un protocolo de control en capa 2 similar a *Spanning Tree Protocol*. Esto provoca que la red degrade en muy poco tiempo su desempeño.

Con STP si la topología de la red cambia o si un segmento en la red redundante llega a fallar, el algoritmo reconfigura los enlaces y restablece la conectividad, activando uno de los enlaces de reserva o que estaba originalmente en modo de bloqueo de tráfico.

Existen múltiples variantes del *Spanning Tree Protocol*, debido principalmente al tiempo que tarda el algoritmo utilizado en converger. Una de estas variantes es Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP – IEEE 802.1w).

En STP se define un punto de referencia en la red que van a reconocer todos los switches de la red y en función del cual se van a definir los roles de los puertos y estados de los mismos en cada uno de los switches. Este punto de referencia es el switch o puente raíz que es escogido de acuerdo al menor

Bridge ID de los switches de la red, el cual está compuesto por un valor de prioridad y por la dirección MAC del switch. Esta información, entre otra, es intercambiada a través de BPDUs (*Bridge Protocol Data Unit*).

Todos los demás switches de la red escogerán el mejor camino, el de menor costo total, hacia el puente raíz. El algoritmo de Spanning Tree define los siguientes estados y roles de los puertos de los switches:

Roles de los puertos STP:

- **Raíz** (*root*) – Es un puerto que indica el camino de menor costo hacia el puente raíz.
- **Designado** (*designated*) – Un puerto de envío elegido para cada segmento de la red que puede indicar el camino hacia el puente raíz a otros switches que estén conectados a este puerto.
- **No designado** (*non-designated*) – Un camino alternativo hacia el Puente Raíz, o camino de mayor costo, estará en estado de bloqueo de tráfico, pero escuchará BPDUs.

Estados de los puertos STP:

- **Listening** – Es un estado transitorio en el cual se escuchan BPDUs únicamente.
- **Learning** - Escucha BPDUs y permite el aprendizaje de direcciones MAC.
- **Forwarding** – Estado que permite el paso de tráfico o tramas de datos y de control de capa 2.
- **Blocking** – es un estado estable en el cual se bloquea todo tipo de tráfico con excepción de los BPDUs.

1.1.7. *RAPID SPANNING TREE PROTOCOL (RSTP)*

Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP) es un protocolo de red de capa 2 del modelo OSI que permite manejar topologías con enlaces redundantes, parecido a STP (*Spanning Tree Protocol*), pero especificado en IEEE 802.1w y es una evolución de STP, pues reduce significativamente el tiempo de convergencia de la topología de la red cuando ocurre un cambio en ésta.

Esta mejora de RSTP frente a STP se debe entre otros factores a ciertas modificaciones en cuanto a estados de los puertos y roles de los puertos de los switches.

Roles de los puertos RSTP:

- **Raíz** (*root*) – Es un puerto que indica el camino de menor costo hacia el puente raíz.
- **Designado** (*designated*) – Un puerto de envío elegido para cada segmento de la red que puede indicar el camino hacia el puente raíz a otros switches que estén conectados a este puerto.
- **Alternativo** (*alternate*) – Un camino alternativo hacia el Puente Raíz a través de un switch distinto al escogido como switch designado, o camino hacia el puente raíz. Este camino es distinto al que usan los puertos raíz.
- **Respaldo** (*backup*) – Un camino redundante o de mayor costo hacia el puente raíz dentro de un mismo switch conectado a otro switch hacia el cual ya definió un mejor camino por otro puerto.
- **Deshabilitado** – Un puerto que no tiene un papel dentro de la operación de Spanning Tree, no está activo o habilitado.

Estados de los puertos RSTP:

- **Learning** - Escucha BPDUs y permite el aprendizaje de direcciones MAC.
- **Forwarding** – Estado que permite el paso de tráfico o tramas de datos y de control de capa 2.
- **Discarding** - No permite el tráfico de tramas de datos pero sí recibe BPDUs para poder controlar la topología de la red.

1.1.8. *MULTIPLE INSTANCE SPANNING TREE PROTOCOL (MSTP)*

MSTP es un protocolo de control de capa 2 compatible con RSTP que maneja los mismos tiempos de convergencia y algunas de sus definiciones y conceptos pero que permite adicionalmente el manejo de múltiples instancias del protocolo con el propósito de tener diferentes topologías para determinadas VLANs y poder hacer balanceo de carga por grupos de VLANs.

1.1.9. *RESILIENT ETHERNET PROTOCOL – Cisco Systems*

La adopción de Servicios Carrier Ethernet por parte de los proveedores de servicios está provocando la creación de grandes dominios de nivel 2 que requieren una convergencia rápida, predecible, escalable y flexible en su topología. En cuanto a tiempos de convergencia es importante el poder soportar redes con tiempos de convergencia en el orden de milisegundos para permitir una continua comunicación para diferentes aplicaciones o servicios como voz, y video o aplicaciones críticas para las compañías. En consecuencia, Cisco diseñó el protocolo REP (*Resilient Ethernet Protocol*) que cumple con los requisitos para la convergencia rápida y predecible en capa 2, además de permitir la escalabilidad, flexibilidad y confiabilidad en su operación, al solventar ciertas limitaciones o riesgos ante determinadas fallas en la red, que eventualmente podrían ocurrir con otros protocolos como STP, RSTP, MSTP o EAPS. Algunas de estas fallas podrían ser intermitencias de los enlaces, falla en hardware o software de un switch, procesamiento elevado en un switch, ataques por generación externa de BPDUs, enlaces unidireccionales, fallas que

pueden ser mitigadas por los protocolos STP con determinadas configuraciones adicionales pero que posiblemente no pueden ser solventadas en su totalidad y podría verse afectada por completo la red. Para el caso de REP, este tipo de fallas harían que el enlace afectado o dispositivo con falla se vea de alguna manera restringido a ese enlace o a ese dispositivo y que el resto de la red no se vea afectada.

La figura 5 muestra la flexibilidad topológica que se puede tener con el protocolo REP, pues se van creando segmentos que son controlados de manera independiente a través de los puertos de borde de cada segmento.

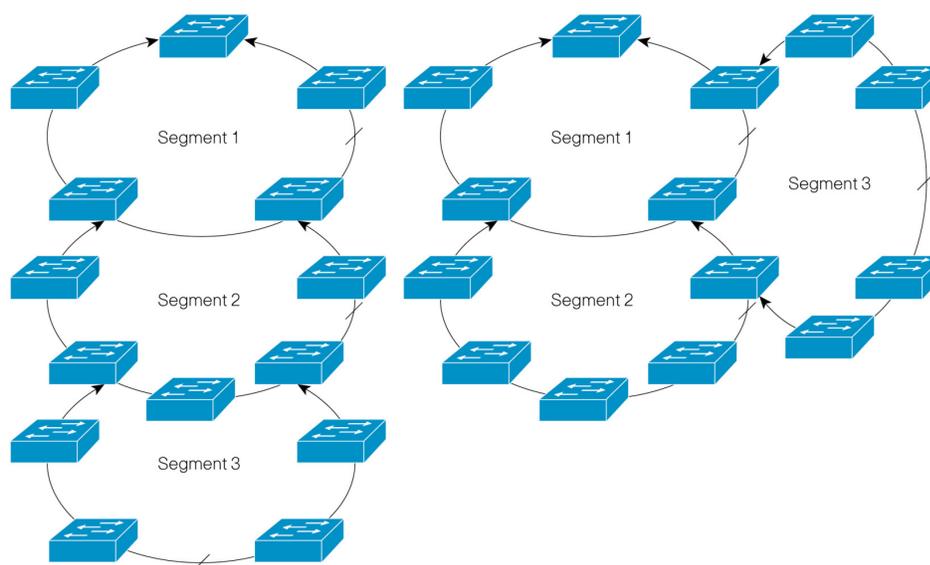


Figura 5. Flexibilidad de topología de red con el protocolo REP

(Cisco, Cisco Resilient Ethernet Protocol (White Paper).pdf, 2007)

REP está diseñado para proporcionar la convergencia de redes y aplicaciones dentro de 50 ms. En algunos casos, los tiempos de convergencia de red pueden aumentar hasta en 250 ms, pero un tiempo de convergencia de 250 ms, se prevé que tienen poco o ningún efecto apreciable en la mayoría de aplicaciones de red. En ciertos escenarios, cuando hay dispositivos de otras tecnologías entre los switches, el tiempo de detección de caída de esos enlaces

puede llevar a tiempos de convergencia de hasta 5 segundos. REP es un protocolo de segmento, no de anillos, que se integra fácilmente a redes Carrier Ethernet existentes. REP permite la interoperabilidad con Spanning Tree y con otros switches que no soporten el protocolo REP. REP adicionalmente también permite el balanceo de carga por grupos de VLANs.

1.1.10. OTROS PROTOCOLOS DE CONTROL DE CAPA 2

Existen otros protocolos de control de capa 2 no estándar como *Per VLAN Spanning Tree Protocol (PVSTP)* y *Rapid Per Vlan Spanning Tree Protocol (RPVSTP)*, desarrollados por Cisco, que definen una topología por VLAN, lo que podría ocasionar un incremento en el uso de recursos de procesamiento de los switches. PVSTP y RPVSTP manejan tiempos de convergencia similares a los de STP y RSTP respectivamente y los BPDUs son bastante parecidos.

EAPS (*Ethernet Automatic Protection Switching*) es un protocolo inventado por *Extreme Networks* que luego se convirtió en el RFC 3619, que define dominios o anillos que siguen ciertas premisas en la implementación, que brindan flexibilidad y escalabilidad en la topología de red limitadas, a pesar de que su tiempo de convergencia está en el orden de 50 a 75 ms.

Existen otros protocolos propietarios para protección de topologías en capa 2 para redes Ethernet desarrollados por diferentes fabricantes.

1.1.11. LAYER 2 TUNNELING PROTOCOL (L2TP)

En las redes de computadoras L2TP es un protocolo de túnel utilizado para soportar las redes privadas virtuales (VPN) o como parte de la prestación de servicios de los ISP. No proporciona ningún tipo de cifrado o la confidencialidad por sí mismo, sino que se basa en un protocolo de encriptación que pasa dentro del túnel para proporcionar privacidad.

El paquete L2TP completo, incluyendo la carga útil y el encabezado L2TP, se envía en un datagrama UDP y utiliza dirección destino multicast para determinadas tramas correspondientes a ciertos protocolos como STP (*Spanning Tree Protocol*), LACP (*Link Aggregation Control Protocol*), LLDP (*Link Layer Discovery Protocol*), VTP (*VLAN Trunking Protocol* – propietario de Cisco), CDP (*Cisco Discovery Protocol*), UDLD (*Unidirectional Link Detection*), entre otros. L2TP no proporciona autenticación de confidencialidad por sí mismo.

Layer 2 Tunneling Protocol puede ser utilizado independientemente o puede trabajar junto con túneles 802.1Q. Si el protocolo de túnel no está habilitado en los puertos de túnel 802.1Q, cada switch remoto en los extremos receptores de la red del proveedor de servicios, correspondientes a un cliente del proveedor, generalmente no va a recibir los BPDUs (*Bridge Protocol Data Unit*) del extremo remoto y no puede funcionar adecuadamente con los protocolos STP, CDP, VTP, LACP contra el switch remoto. Cuando L2TP está habilitado, los protocolos de capa 2 dentro de la red de cada cliente son totalmente independientes de las que corren dentro de la red de proveedores de servicios y es posible que los switches remotos del cliente interactúen con estos protocolos de capa 2.

La figura 6 muestra un esquema de implementación de QinQ en conjunto con L2TP y el resultado lógico para el manejo de los protocolos de control de capa 2 como pueden ser LLDP, CDP, LACP, STP (y sus diferentes versiones como RSTP, MSTP) entre los switches del cliente. Esta combinación de L2TP y QinQ permite que la red del proveedor de servicios simule una conexión directa entre los dispositivos capa 2 del cliente, con la posibilidad de implementar ciertos protocolos de capa 2 entre sus equipos y brindar algún esquema de redundancia en capa 2 de topología de red (por ejemplo a través de enlaces

redundantes propios o con otros proveedores) y utilizar hasta 4094 VLANs para su uso, sin depender de las asignaciones de VLANs del proveedor.

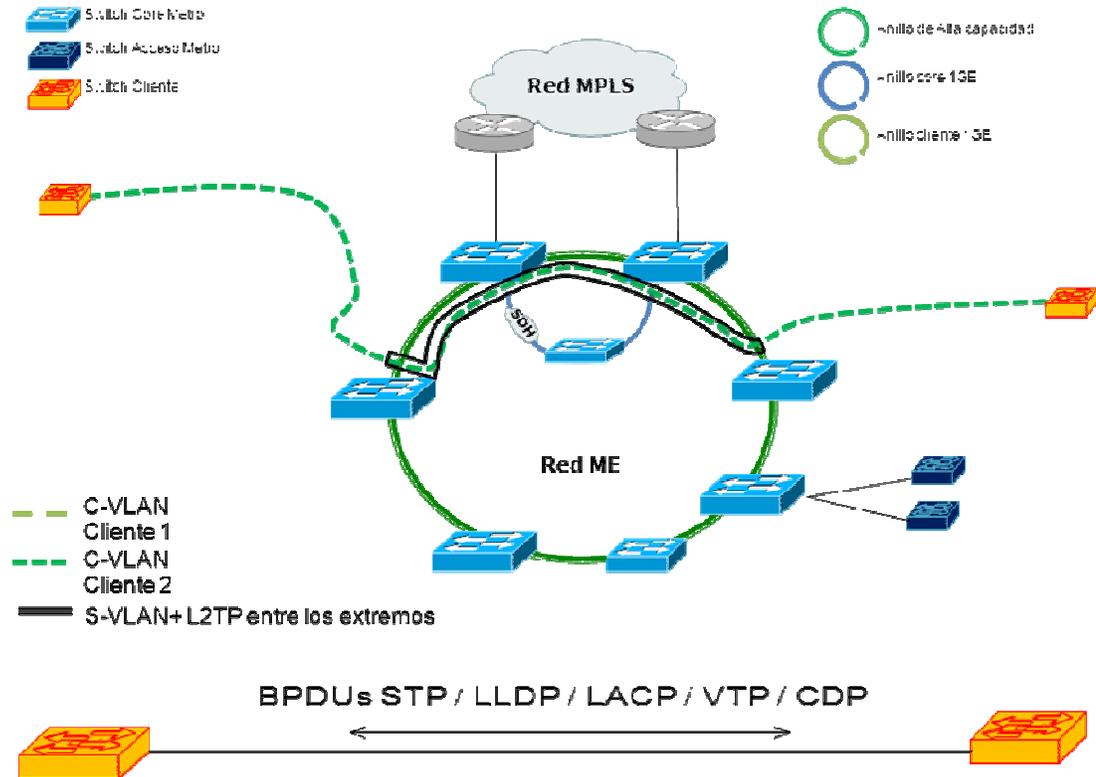


Figura 6. Implementación de QinQ + L2TP

1.2. MULTIPROTOCOL LABEL SWITCHING (MPLS)

1.2.1. INTRODUCCIÓN

MPLS (Multiprotocol Label Switching) es una red de nueva generación. Una red de nueva generación es una red funcional multiservicios, basada en tecnología IP, producto de la evolución de las actuales redes IP, con la posibilidad de ofrecer servicios diferenciados y acordes a la calidad de servicios

QoS demandada por las aplicaciones de los clientes y es implementada principalmente en proveedores de servicios.

Multi Protocol Label Switching es un método para reenvío de paquetes a través de una red usando información contenida en etiquetas añadidas a los paquetes IP generalmente.

MPLS se puede presentar como un sustituto de la conocida arquitectura IP sobre ATM; también como un protocolo para hacer túneles; o bien, como una técnica para acelerar el enrutamiento de paquetes.

► Orígenes de MPLS:

- A mediados de los años 90 IP fue ganando mucho terreno como protocolo de red y fue adoptado por los proveedores de servicios en sus backbones IP, basados en routers conectados por líneas E1 y E3.
- El crecimiento exponencial de Internet estaba generando un déficit de ancho de banda y los proveedores incrementaban su número de enlaces y su capacidad.
- Se impulsaron los esfuerzos para poder aumentar el rendimiento de los routers tradicionales. Estos esfuerzos trataban de combinar, de diversas maneras, la eficacia y el desempeño de los conmutadores (switches) ATM con las capacidades de control de los routers IP.
- Se creó el modelo de red "IP sobre ATM" (IP/ATM), pronto ganó adeptos entre los proveedores de servicios, pero había que gestionar dos redes por separado.
- En los años 1997 y 1998 se crearon técnicas que se conocieron como "conmutación IP" (IP switching) o "conmutación multinivel"

(multilayer switching) y que todas estas llevaron finalmente a la adopción del actual estándar MPLS del IETF.

- MPLS se basa en dos componentes básicos comunes que son la separación entre las funciones de control (*routing*) y de envío (*forwarding*).
- Para poder crear los circuitos virtuales como en ATM, se pensó en la utilización de etiquetas añadidas a los paquetes. Estas etiquetas definen el “circuito virtual” por toda la red.
- Estos “circuitos virtuales” pueden estar asociados con una Calidad de servicio (QoS – Quality of Service) determinada.
- Inicialmente se plantearon dos métodos diferentes de etiquetamiento, o en capa 3 o en capa 2.

La arquitectura MPLS está especificada en los siguientes RFCs:

- RFC 3031: “Multiprotocol Label Switching Architecture”
- RFC 3032: “MPLS Label Stack Encoding”
- RFC 3034: “Use of Label Switching on Frame Relay Networks Specification”
- RFC 3035: “MPLS using LDP and ATM VC Switching”
- RFC 3036: “LDP Specification”
- RFC 3063: “MPLS Loop Prevention Mechanism”

1.2.2. CONCEPTOS DE MPLS

MPLS es un esquema de envío que usa etiquetas de tamaño fijo para manejar los paquetes. MPLS se basa en el etiquetado de los paquetes según

criterios de prioridad y/o calidad (QoS). En el modelo OSI se encuentra entre la capa 2 (capa de enlace) y la capa 3 (capa de red).

Las etiquetas usualmente corresponden a redes de destino IP (similar a IP tradicional). Las etiquetas también pueden corresponder a otros parámetros, tales como QoS o dirección destino. Por tanto, MPLS es una tecnología que permite ofrecer QoS, independientemente de la red sobre la que se implemente. MPLS fue diseñado para soportar múltiples protocolos o aplicaciones:

- Enrutamiento IP Unicast y Multicast
- Redes Privadas Virtuales (*VPN - Virtual Private Networks*)
- Calidad de Servicio (*QoS - Quality of Service*)
- Ingeniería de Tráfico (*Traffic Engineering*)
- AToM (*Any Transport over MPLS*)

Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) es una extensión de MPLS para manejar tipos de interfaces adicionales y tecnología de conmutación diferentes de interfaces basadas en paquetes; propiamente permite manejar conmutación de paquetes, conmutación de circuitos, como podría tenerse en redes TDM (*Time Division Multiplexing*), conmutación en capa 2 o también conmutación de longitudes de onda, por ejemplo.

En GMPLS una etiqueta puede representar a un canal TDM (identificar a time slots, por ej.), a un puerto óptico o una longitud de onda en un puerto óptico, un circuito virtual Frame Relay o ATM.

GMPLS se compone principalmente de 3 protocolos:

- *Resource Reservation Protocol with Traffic Engineering extensions (RSVP-TE)*

- *Open Shortest Path First with Traffic Engineering extensions (OSPF-TE)*
- *Link Management Protocol (LMP)*.

MPLS combina propiedades de *Routing* y *Switching*.

IP *Routing* es una tecnología de capa 3, ATM *Switching* es una tecnología de capa 2. MPLS combina en uno solo lo mejor de cada nivel (la inteligencia del *routing* con la rapidez del *switching*).

MPLS define algunos conceptos fundamentales:

- **FEC (*Forwarding Equivalence Class*)**: conjunto de paquetes que entran en la red MPLS por la misma interfaz, que reciben la misma etiqueta y por tanto circulan por un mismo trayecto. Normalmente se trata de datagramas que pertenecen a un mismo flujo. Una FEC puede agrupar varios flujos, pero un mismo flujo no puede pertenecer a más de una FEC.
- **LSP (*Label Switched Path*)**: camino que siguen por la red MPLS los paquetes que pertenecen a la misma FEC. Parecido a un circuito virtual ATM o *Frame Relay*, pero es unidireccional.
- **LSR (*Label Switching Router*)**: ruteador que puede encaminar paquetes en función del valor de la etiqueta MPLS.
- **LDP (*Label Distribution Protocol*)**: es el protocolo que utilizan los LSR para asignar las etiquetas e intercambiar la información acerca de la asociación de etiquetas. LDP establece sesiones entre LSRs en dos pasos:

Hello messages, enviados periódicamente en todas las interfaces habilitadas con MPLS.

Los ruteadores MPLS responden a los *Hello* recibidos e intentan establecer una sesión con el dispositivo origen del mensaje *Hello*.

LDP link hello message es un datagrama UDP enviado a todos los ruteadores en esa subred con la dirección destino multicast 224.0.0.2. TCP es utilizado para establecer la sesión. Tanto TCP como UDP utilizan el puerto 646 para LDP. TDP (propietario de Cisco) utiliza los puertos 711.

- **LIB (*Label Information Base*):** Es una base de datos en la que se almacena la asignación de un prefijo IP con una etiqueta de significado local y etiquetas asignadas por otros LSR. Trabaja en el plano de control dentro de un ruteador. Este concepto de base de datos lo maneja el fabricante Cisco pero en general los fabricantes manejan bases de datos similares.
- **LFIB (*Label Forwarding Information Base*):** Permite realizar el envío de paquetes basado en etiquetas. Relaciona la pareja (interfaz de entrada - etiqueta de entrada) con (interfaz de salida - etiqueta de salida) para un paquete etiquetado. Trabaja en el plano de datos dentro de un ruteador. Este concepto de base de datos lo maneja el fabricante Cisco pero en general los fabricantes manejan bases de datos similares.
- **FIB (*Forwarding Information Base*):** Permite realizar el envío de paquetes no etiquetados a través de la red MPLS agregando la etiqueta correspondiente, en caso de ser necesario y recurriendo a la información de las otras bases de datos mencionadas. Este concepto de base de datos lo maneja el fabricante Cisco pero en general los fabricantes manejan bases de datos parecidas.

La figura 7 muestra la operación básica de una red MPLS, a través de la agregación de etiquetas y el establecimiento de los LSPs (*Label Switched Paths*) unidireccionales para tráfico IP.

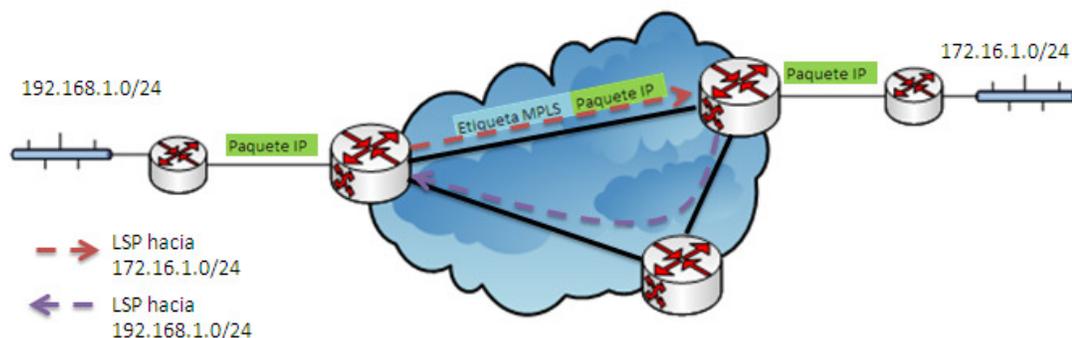


Figura 7. Esquema de funcionamiento de una red MPLS para transporte de paquetes etiquetados

(Cisco, Implementing Cisco MPLS v2.2.pdf)

El formato de la etiqueta MPLS es el mostrado en el cuadro 5.

Cuadro 5

Formato de etiqueta MPLS

Etiqueta (20 bits)	EXP (3 bits)	S (1 bit)	TTL (8 bits)
--------------------	--------------	-----------	--------------

(Cisco, Implementing Cisco MPLS v2.2.pdf)

- **Campo *Label* o Etiqueta:** 20 bits. Valores del 0 al 15 son reservados. Indica la etiqueta asociada al paquete.
- **Campo *EXP* o *Experimental*:** 3 bits. Indica CoS (*Class of Service*) o información de PHB (*Per Hop Behavior*), referente al manejo de Calidad de Servicio mediante la marcación de los paquetes.

- **Campo S o Stack:** 1 bit. Indica un grupo o stack de etiquetas. Si tiene el valor de cero indica que existen más etiquetas, el valor de 1 indica que es la última etiqueta, pues en un paquete se puede tener un conjunto o *stack* de etiquetas.
- **Campo TTL o Time-To-Live:** 8 bits. Elimina bucles en la región MPLS.

Existen dos modos de implementación de MPLS:

- *Frame-mode MPLS* es MPLS sobre una encapsulación Capa 2 basada en trama. La etiqueta es insertada entre las cabeceras de Capa 2 y Capa 3.
- *Cell-mode MPLS* es MPLS sobre ATM. Los campos en la cabecera ATM son usados como etiqueta para la primera etiqueta.

Generalmente en *Frame Mode MPLS* sólo una etiqueta es colocada en un paquete, pero se puede colocar una pila de etiquetas (*label stack*). Estos escenarios pueden producir más de una etiqueta:

- MPLS VPNs (*Virtual Private Networks*) (2 etiquetas): La etiqueta exterior indica el ruteador de salida y la etiqueta interior hace referencia al prefijo de la VPN.
- MPLS TE (*Traffic Engineering*) (2 o más etiquetas): La etiqueta exterior indica el punto final del tunel de ingeniería de tráfico y la etiqueta interior indica el destino.
- MPLS VPNs combinado con MPLS TE (tres o más etiquetas).

La asignación de etiquetas y su distribución en frame-mode MPLS sigue los siguientes pasos:

- Los protocolos de enrutamiento construyen la tabla de enrutamiento IP.

- Cada LSR asigna una etiqueta a cada red de destino indicada por el IGP (*Interior Gateway Protocol*) o protocolo de enrutamiento interior dentro de la tabla de enrutamiento de manera independiente.
- Los LSRs anuncian sus etiquetas asignadas a otros LSRs.
- Cada LSR construye sus estructuras de datos LIB, LFIB y FIB basadas en las etiquetas recibidas.

MPLS TE (*Traffic Engineering*)

En la figura 8 se muestra el camino más corto entre hacia la red de destino según la métrica normal IGP (*Interior Gateway Protocol*) y el camino definido por MPLS TE. Puede ser que el exceso de tráfico sobre esos enlaces o por algún otro motivo por determinadas características de ese camino (como por ejemplo costo del enlace, delay, desempeño, balanceo de carga, etc.) hacia el destino haga aconsejable la utilización de un camino distinto del que se utilizaría por las características del enrutamiento tradicional basado en métricas y sea necesaria la utilización de MPLS TE para definir estos nuevos caminos preferidos.

En MPLS TE se tienen algunos requerimientos como el hecho de que cada LSR debe ver toda la topología de la red (sólo OSPF y IS-IS mantienen una topología completa de red en sus bases de datos) y cada LSR necesita información adicional sobre los enlaces en la red. Esta información incluye recursos disponibles y restricciones. OSPF y IS-IS permiten propagar esta información adicional. RSVP (*Resource Reservation Protocol*) o CR-LDP (*Constraint-based Routing – Label Distribution Protocol*) son usados para establecer túneles de ingeniería de tráfico y para propagar las etiquetas.

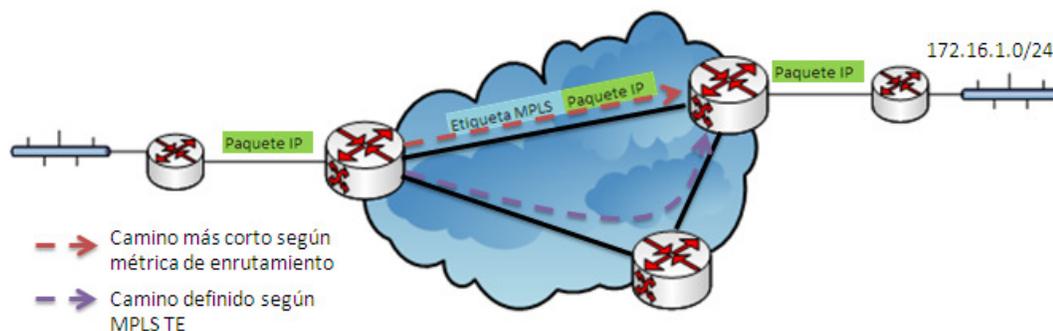


Figura 8. MPLS TE

(Cisco, Implementing Cisco MPLS v2.2.pdf)

MPLS VPNs (*Virtual Private Networks*)

En las figuras 9 y 10 se muestra un esquema de las VPNs en MPLS en capa 2 o en capa 3.

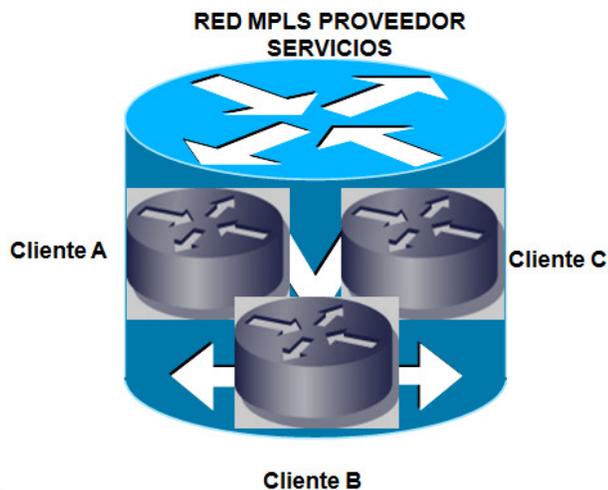


Figura 9. Esquema de red MPLS con VPNs L3

Para las VPNs capa 3 toda la red MPLS del proveedor opera aparentando ser un ruteador virtual o un conjunto de ruteadores virtuales para cada cliente del proveedor de servicios, creando instancias independientes de ruteo y

direccionamiento en capa 3. Para las VPNs capa 2 toda la red MPLS del proveedor opera aparentando ser un switch virtual o un conjunto de switches virtuales para cada cliente del proveedor de servicios, creando instancias independientes de conmutación de tramas y tablas de direccionamiento en capa 2.

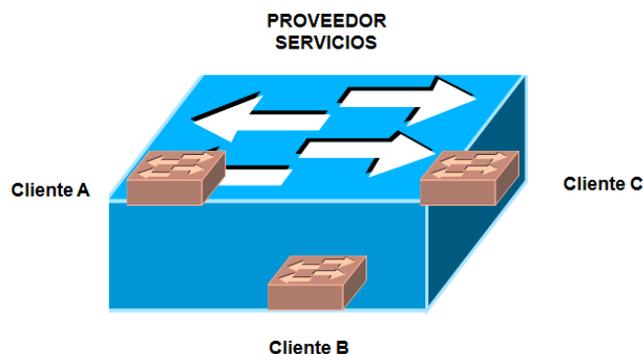


Figura 10. Esquema de red MPLS con VPNs L2 VPLS (*Virtual Private LAN Service*)

1.2.3. VIRTUAL PRIVATE LAN SERVICE (VPLS)

Servicio de LAN Privada Virtual (VPLS – *Virtual Private LAN Service*) es una forma de proporcionar una plataforma con el protocolo Ethernet en esquema de comunicación multipunto a multipunto a través de redes MPLS. Se permite a los sitios dispersos geográficamente compartir un dominio de difusión (*broadcast*) Ethernet conectando sitios a través de VPNs en capa 2 por las redes MPLS. Los RFCs 4761 y 4762 describen el establecimiento y operación de VPLS.

VPLS es una red privada virtual (VPN). En contraste con L2TPv3 (*Layer 2 Tunneling Protocol*), que permite conexiones por túneles punto a punto en capa 2, VPLS permite conexiones multipunto-multipunto.

En una red VPLS, la red de área local (LAN) en cada sitio se extiende hasta el borde de la red de proveedores. La red de proveedores a continuación, emula un conmutador o un puente para conectar las redes de área local del cliente.

1.3. METROETHERNET FORUM (MEF)

1.3.1. SERVICIOS DEL MEF (*METROETHERNET FORUM*)

El Metro Ethernet Forum (MEF) es una alianza de la industria a nivel mundial que comprende más de 145 organizaciones incluyendo proveedores de servicios de telecomunicaciones, laboratorios, fabricantes de software, operadores de cable, fabricantes de equipos de redes, de semiconductores, con el propósito de desarrollar especificaciones técnicas y acuerdos de implementación que permitan la interoperabilidad y desarrollo de redes y servicios *Carrier Ethernet* a nivel mundial.

El MEF define algunas características, parámetros y recomendaciones para la entrega de servicios a través de redes MetroEthernet.

1.3.1.1. TIPO DE SERVICIO *ETHERNET LINE*

El servicio *Ethernet Line (E-Line Service)* provee una Conexión Virtual Ethernet (*Ethernet Virtual Connection - EVC*) punto a punto entre dos interfaces tipo UNI (*User to Network Interface*), como se muestra en la figura 11.

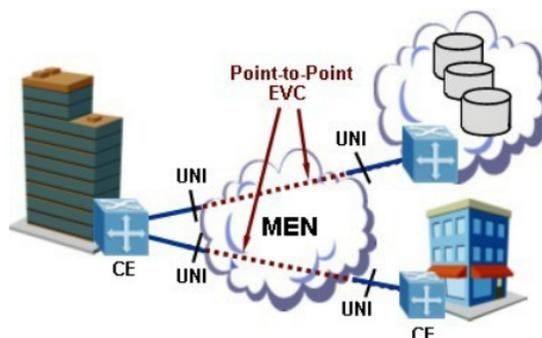


Figura 11. *E-Line Service*

(MetroEthernetForum, www.metroethernetforum.org)

1.3.1.2. TIPO DE SERVICIO *ETHERNET LAN*

El servicio *Ethernet LAN* (*E-LAN Service*) provee una conexión multipunto, como se muestra en la figura 12, cada sitio del cliente se conecta a través de una interfaz UNI hacia un EVC multipunto.

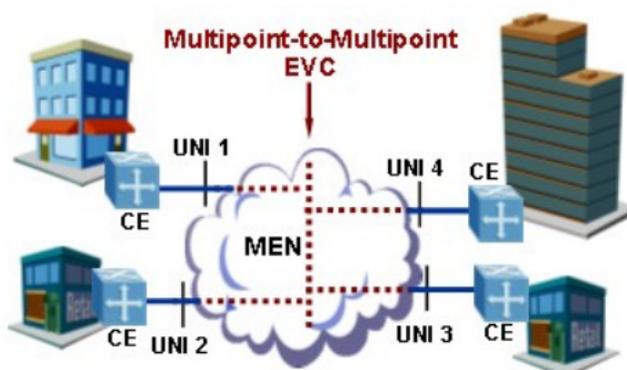


Figura 12. E-LAN Service

(MetroEthernetForum, www.metroethernetforum.org)

1.3.2. ATRIBUTOS DEL SERVICIO ETHERNET

1.3.2.1. INTERFAZ FÍSICA ETHERNET (*ETHERNET PHYSICAL INTERFACE*)

Dentro de la interfaz física Ethernet se consideran los siguientes parámetros:

- Medio físico: especifica el tipo de interfaz física utilizada para en la UNI (*User to Network Interface*), definida en IEEE802.3, como por ejemplo 10BaseT, 100BaseT, 1000BaseLX.
- Velocidad: especifica la velocidad de la interfaz: 10Mbps, 100Mbps, 1Gbps, 10Gbps.
- Modo: especifica el modo de operación *half duplex*, *full duplex* o autonegociación.
- Capa MAC: especifica el tipo de capa MAC soportada, de acuerdo con IEEE 802.3.

1.3.2.2. PERFIL DE ANCHO DE BANDA (*BANDWIDTH PROFILE*)

El perfil de ancho de banda es un atributo que puede estar aplicado sobre una UNI, en una UNI sobre un EVC, o sobre determinadas tramas de acuerdo con el valor de CoS (*Class of Service*) dentro de la trama. Pueden existir perfiles de ancho de banda independientes para tráfico entrante o tráfico saliente. Está conformado por algunos parámetros como los siguientes:

- CIR (*Committed Information Rate*): tasa promedio de tramas de servicio garantizada.
- CBS (*Committed Burst Size*): máximo tamaño de tramas de servicio garantizado en un determinado tiempo.
- EIR (*Excess Information Rate*): tasa de servicio superior al CIR pero permitida en caso de soportarlo la red o el canal.
- EBS (*Excess Burst Size*): Tamaño de tramas en exceso superior al CIR y permitidas si los recursos de red o el canal lo soporta.

Se definen colores de trama de servicio dependiendo de cuáles de estos parámetros se consideran para el servicio.

- CIR+CBS (*CIR-conformant*): color de trama de servicio Verde.
- EIR+EBS (*EIR-conformant*): color de trama de servicio Amarillo.
- Si la tasa de tramas de servicio promedio es mayor al EIR y el tamaño máximo de trama de servicio es superior al EBS, entonces se considera color de trama de servicio Rojo que implica descarte de tramas.

1.3.2.3. PARÁMETROS DE DESEMPEÑO (*PERFORMANCE PARAMETERS*)

Los parámetros de desempeño indican de alguna manera la calidad de servicio que tendrá un cliente. Los parámetros de desempeño son los siguientes:

- Disponibilidad: se refiere al tiempo en que el servicio está disponible.
- Retardo de Trama: es el tiempo de entrega extremo a extremo de una trama, considerando los retardos de Transmisión o procesamiento en cada extremo más el retardo introducido por la red MetroEthernet que hace el transporte de la trama. Es un parámetro determinante en cuanto a calidad de servicio para tráfico en tiempo real.
- *Jitter* de Trama: es la variación del retardo extremo a extremo de la trama a través de la red Metroethernet. Es un parámetro determinante en cuanto a calidad de servicio para tráfico en tiempo real.
- Pérdida de Trama: Es el porcentaje de tramas conformadas dentro del CIR pero no entregadas al extremo remoto, que puede afectar negativamente en mayor o menor grado dependiendo del tipo de aplicación.

1.3.2.4. CLASE DE SERVICIO (*CLASS OF SERVICE*)

Se pueden ofrecer varias clases de servicio, de acuerdo con diferentes identificadores de clases de servicio como los siguientes:

- Puerto físico: se da un mismo tratamiento a todo el tráfico entrante o saliente por ese puerto físico.
- CoS (*Class of Service* IEEE 802.1p) de VLAN de cliente: se da un tratamiento diferenciado de acuerdo con los valores de CoS dentro de cada trama. Se tendrían hasta 8 clases de servicio.
- *Diffserv* o IP ToS (*Type of Service*): se da un tratamiento diferenciado de acuerdo con los valores del campo *DiffServ* o ToS dentro de cada paquete IP. Se tendrían hasta 8 clases de servicio con ToS, mientras que con *DiffServ* se definen 64 valores posibles de DSCP (*DiffServ Code Point*), que pueden ser utilizados para determinar una

clase de servicio. En *DiffServ* se definen algunos tipos de manejo de calidad de servicio más robusto denominados *Per Hop Behaviors* (PHB), o comportamientos por salto. Dentro de los PHBs estándares se encuentran EF (*Expedited Forwarding*), para bajo retardo y baja pérdida de tramas y recomendado para tráfico en tiempo real; cuatro clases para AF (*Assured Forwarding*), para tráfico en tiempo real a ráfagas o tráfico no en tiempo real; CS (*Class Selectors*), para compatibilidad hacia atrás con el manejo de precedencia IP de ToS; DF (*Default Forwarding*), para servicios de mejor esfuerzo.

Si el proveedor de servicio soporta varias clases de servicio se deben especificar los parámetros de desempeño y de perfil de ancho de banda por cada clase.

1.3.2.5. ENTREGA DE TRAMA DE SERVICIO (*SERVICE FRAME DELIVERY*)

La entrega de trama de servicio se refiere al tipo de trama que se va a poder entregar a través de una UNI por un EVC y las tramas pueden ser *Unicast*, *Multicast* (con dirección MAC destino entre 01-00-5E-00-00-00 y 01-00-5E-7F-FF-FF) o *Broadcast* (con dirección MAC destino FF-FF-FF-FF-FF-FF) y puede definirse si serán entregadas incondicionalmente o condicionalmente bajo ciertos parámetros especificados, como por ejemplo sujeta a determinadas direcciones MAC unicast definidas o sujeta a una determinada cantidad de direcciones MAC, o entrega de tramas con un tasa de transferencia limitada, entre otras.

1.3.2.6. TRANSPORTE DE PROTOCOLOS DE CONTROL CAPA 2

El atributo de transporte de protocolos de control de capa 2 es aplicable a la interfaz UNI o al EVC. El proveedor de servicios puede descartar o aceptar y transportar tramas correspondientes a determinados protocolos de control de

capa 2 a través del EVC. En el cuadro 6 se muestran algunos de los protocolos de control de capa 2 que pueden ser soportados.

Cuadro 6

Ejemplos de protocolos de control de Capa 2

Protocolo	Dirección MAC destino
IEEE 802.3x MAC Control	01-80-C2-00-00-01
<i>Link Aggregation Control Protocol</i>	01-80-C2-00-00-02
IEEE 802.1x port Authentication	01-80-C2-00-00-03
<i>Generic Attribute Registration Protocol (GARP)</i>	01-80-C2-00-00-2X
<i>Spanning Tree Protocol (STP)</i>	01-80-C2-00-00-00

(MetroEthernetForum, www.metroethernetforum.org)

1.3.2.7. SOPORTE DE ETIQUETA DE VLAN (*VLAN TAG SUPPORT*)

El atributo de soporte de etiqueta de VLAN se refiere al soporte de tramas con o sin identificador de VLAN (IEEE 802.1q), o el soporte de ambas a través de la UNI, lo cual debe ser especificado por el proveedor de servicios.

Adicionalmente, el proveedor de servicios puede agregar una o varias etiquetas de VLAN a la trama dentro de la red MetroEthernet, lo que se conoce como QinQ, y puede preservar o no el VLAN ID de de la VLAN del cliente extremo a extremo. De igual forma puede preservar o no el valor de CoS marcado en la VLAN del cliente a lo largo de la red MetroEthernet. El modificar el valor de VLAN ID a lo largo del EVC puede conocerse como traslación de VLAN (*VLAN Translation*) o mapeo uno a uno.

1.3.2.8. MULTIPLEXACIÓN DE SERVICIOS (*SERVICE MULTIPLEXING*)

El atributo de multiplexación de servicios consiste en soportar sobre una misma UNI múltiples EVCs.

1.3.2.9. AGRUPACIÓN (*BUNDLING*)

El atributo de agrupación se refiere a la posibilidad de asociar dos o más VLAN IDs de cliente a un mismo EVC. Se podría definir la necesidad de agrupar todas las VLANs del cliente en un único EVC o también se podría definir la necesidad de agrupar determinadas VLANs del cliente en diferentes EVCs sobre una misma UNI. Esta posibilidad puede estar implementada a través de QinQ selectivo que encapsule las tramas de ciertas C-VLANs en una S-VLAN definida y tramas de otras C-VLANs en otras S-VLANs definidas.

1.3.2.10. FILTROS DE SEGURIDAD (*SECURITY FILTERS*)

Se pueden definir determinados filtros en la red del proveedor para permitir sólo cierto tipo de tráfico, como por ejemplo tráfico correspondiente únicamente a determinadas direcciones MAC origen o tráfico correspondientes a determinados protocolos o fuentes.

1.4. PLATAFORMAS DE REDES METROETHERNET

Una típica red MetroEthernet de un proveedor de servicios está constituida por un conjunto de switches que operan principalmente en la Capa 2 (L2 - *Layer 2*) o Capa de Enlace del Modelo de Referencia OSI. Los switches de la red MetroEthernet se interconectan entre sí generalmente a través de conexiones físicas de fibra óptica con despliegues de redes de planta externa a lo largo de una ciudad y haciendo uso de estándares que utilizan este medio físico como 1000BASE-LX, 1000BASE-EX, 1000BASE-ZX, 10GBASE-LX, 10GBASE-ZX que permitirían alcances de hasta 80 kilómetros en un segmento de conexión entre dos switches. Sin embargo, las redes Metroethernet pueden hacer uso de otras tecnologías de transporte como son SDH (*EoSDH - Ethernet over Synchronous Digital Hierarchy*), DWDM (*EoDWDM - Ethernet over Dense Wavelength Division Multiplexing*), PDH (*Ethernet over Plesiochronous Digital Hierarchy*), MPLS (*EoMPLS - Ethernet over Multiprotocol Label Switching*) que

pueden conectar switches MetroEthernet en sitios distantes incluso con alcances de una red de área extendida.

En principio, los servicios entregados a través de plataformas MetroEthernet son diferenciados y entregados un primer nivel de seguridad mediante el uso del estándar IEEE 802.1q con la creación de VLANs (*Virtual Local Area Networks*) para cada servicio, el cual podría ser para tráfico de datos, internet, voz o video, entre otros.

Ethernet está evolucionando constantemente y hoy permite tener características *Carrier Class* como las definidas en el estándar IEEE 802.1ad, también conocido como QinQ o apilamiento de VLANs (*VLAN Stack*), IEEE 802.3ah OAM (*Operation, Administration and Maintenance*) y funcionalidades avanzadas de calidad de servicio (QoS), además de funcionalidades para la creación de túneles en capa 2 (L2PT – *Layer 2 Protocol Tunneling*) y traslación de VLANs, útiles para conexiones NNI (*Network-to-Network-Interface*) entre proveedores de servicios. Adicionalmente, con la integración de redes MetroEthernet a redes MPLS es posible tener implementaciones de red con protocolo Ethernet con extensiones mundiales, concebidas dentro de los Servicios Ethernet Portadores (*Carrier Ethernet Services*).

1.4.1. TOPOLOGÍAS DE REDES METROETHERNET

Las redes MetroEthernet implementadas por proveedores de servicios se deben caracterizar por implementaciones tipo *Carrier Class*, es decir, con equipamiento, diseño y operación con alta disponibilidad, escalabilidad, seguridad y calidad de servicio, de ahí que se deberían implementar únicamente con equipamiento adecuado en cuanto a redundancia de hardware, conexiones físicas y ciertas características importantes como el *Mean Time Between Failures* (MTBF), o tiempo de vida antes de fallas estimado por el fabricante en base de estadísticas y pruebas en operación bajo las condiciones

eléctricas, físicas, acondicionamiento ambiental, procedimientos de manipulación y mantenimiento recomendadas. Siendo una característica importante la disponibilidad de la red, es necesario también implementar topologías redundantes con protocolos que permitan el manejo óptimo de dichas topologías. Estos protocolos se pueden conocer como protocolos de control o de protección en capa 2 del modelo OSI y se refieren a poder manejar estas topologías redundantes eliminando o mitigando los riesgos de ocurrencia de fallas en operación en determinadas condiciones como por ejemplo fallas por lazos en capa 2 que conllevan a *tormentas de broadcast*, dada la naturaleza de operación de los switches y el protocolo Ethernet como tal. Para el soporte de estas topologías redundantes y tener de una red de alta disponibilidad existen protocolos de control en capa 2 como los mencionados a continuación que pueden ser implementados en redes MetroEthernet:

- *Spanning Tree Protocol* (STP, IEEE 802.1d)
- *Rapid Spanning Tree Protocol* (RSTP, IEEE 802.1w)
- *Multiple Spanning Tree Protocol* (MSTP, IEEE 802.1s)
- *Link Aggregation Control Protocol* (LACP, IEEE 802.3ad)

Adicionalmente, dependiendo del fabricante que se utilice, existen desarrollos de protocolos propietarios que pretenden realizar funciones similares en cuanto a manejo de topologías redundantes en capa 2 como los siguientes:

- *Per VLAN Spanning Tree Protocol* (PVST, Cisco Systems)
- *Rapid Per VLAN Spanning Tree Protocol* (RPVST, Cisco Systems)
- *Resilient Ethernet Protection* (REP, Cisco Systems)
- *Ethernet Automatic Protection Switching* (EAPS, Extreme Networks, luego fue definido en el RFC 3619)
- *Rapid Ring Protection Protocol* (RRPP, Huawei Technologies)

- *Port Aggregation Protocol* (PAgP, Cisco Systems)

En el cuadro 7 se muestra una comparación entre algunos de los protocolos mencionados.

Cuadro 7

Comparación entre protocolos de control para protección de topología de capa 2

Protocolo	Tiempo de convergencia estimado	Sensible para la aplicación	Estándar / Propiet.	Número máximo de switches recomendado (<i>end to end</i>)	Balaceo de carga	Recursos de CPU
STP	50 secs	Sí	802.1D	7	No	Bajo
RSTP	6-30 secs	Sí	802.1w	7	No	Bajo
PVSTP	50 secs	Sí	Cisco	7	Sí	Medio
RPVTP	6-30 secs	Sí	Cisco	7	Sí	Medio
MSTP	6-30 secs	Sí	802.1s	20 (soportado 40)	Sí	Medio
REP	50-200 ms	No	Cisco	129 por segmento (recomendado 32)	Sí	Bajo
EAPS	75 ms	No	RFC	16	No	Medio

(MetroEthernetForum, www.metroethernetforum.org)

En la figura 13 se muestra una topología de implementación de una red MetroEthernet referencial de un proveedor de servicios.

Las redes MetroEthernet suelen estar integradas a redes MPLS, principalmente para tener conexiones interurbanas o nacionales y pueden tener conexiones en esquemas redundantes contra diferentes ruteadores de borde de la red MPLS (*LER- Label Edge Router*). Adicionalmente, las redes MetroEthernet suelen estar integradas a diferentes tecnologías de acceso como por ejemplo redes inalámbricas, ópticas o a través de líneas de cobre como las siguientes, entre otras:

- *Wimax (Worldwide Interoperability for Microwave Access)*

- LMDS (*Local Multipoint Distribution Service*)
- MMDS (*Microwave Multipoint Distribution Service*)
- xPON (*x-Passive Optical Network*)
- Wimax (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*)
- xDSL (*x-Digital Subscriber Line*)

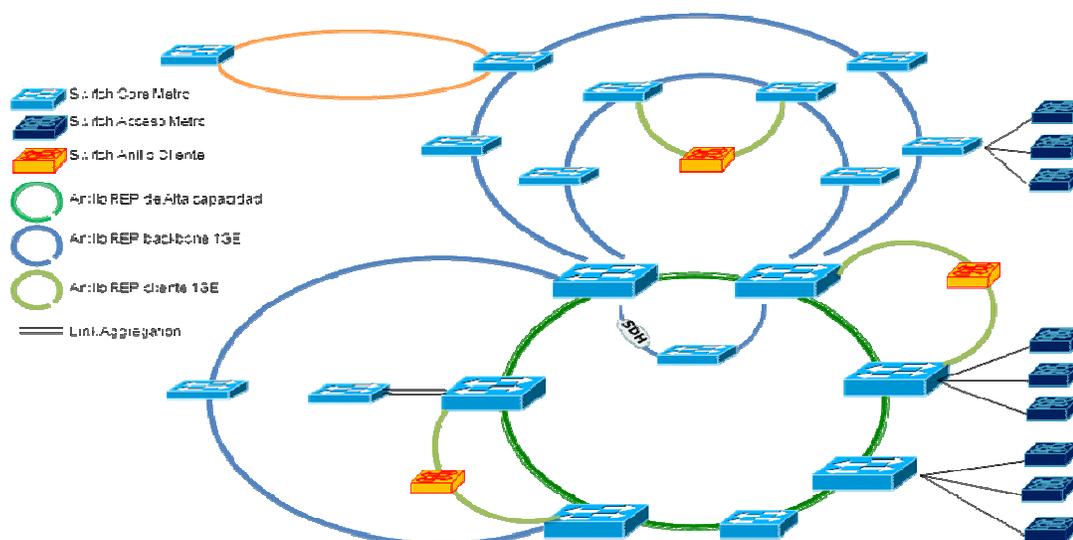


Figura 13. Esquema de topología de red MetroEthernet de un proveedor de servicios

En la figura 14 se muestra la topología de una red Metroethernet con diferentes tecnologías de acceso complementarias implementadas con el manejo del protocolo Ethernet. Las redes MetroEthernet de dos ciudades diferentes dentro de un país pueden estar interconectadas a través de redes MPLS o incluso a través de redes en capa 2 de largo alcance con el uso de EoSDH - *Ethernet over Synchronous Digital Hierarchy*), EoDWDM (*Ethernet over Dense Wavelength Division Multiplexing*), o EoPDH (*Ethernet over Plesiochronous Digital Hierarchy*).

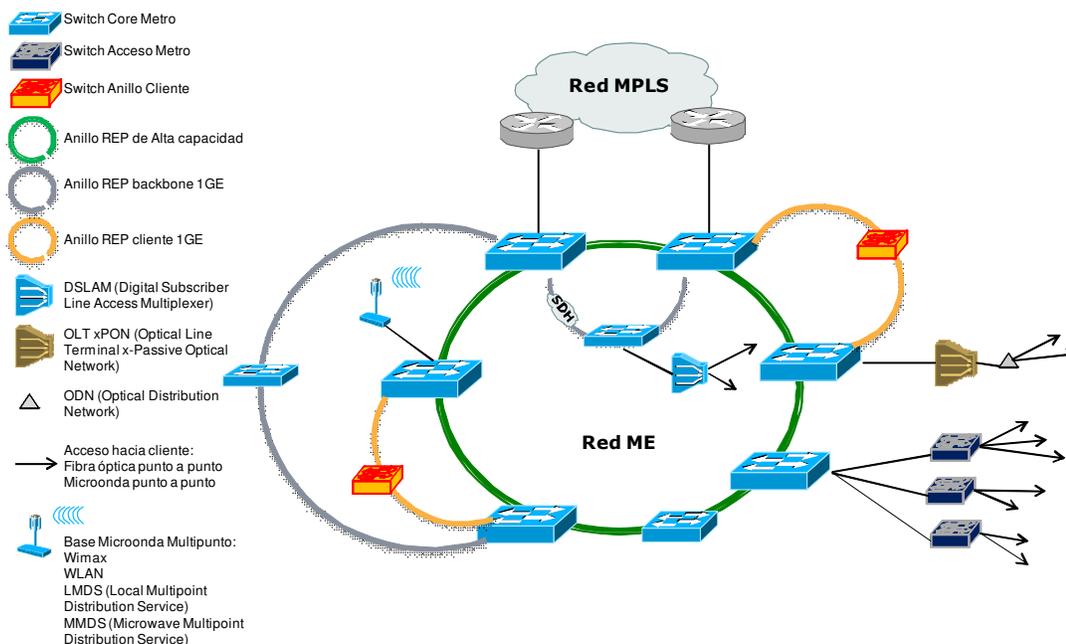


Figura 14. Esquema de red MetroEthernet con tecnologías de acceso complementarias

1.5. IMPLEMENTACIONES DE REDES, PRODUCTOS Y SERVICIOS DE PROVEEDORES DE SERVICIOS EN ECUADOR

En Ecuador los diferentes proveedores de servicio tienen distintas implementaciones de red de acuerdo con sus capacidades económicas, conocimiento tecnológico, tipos de servicios ofertados, estándares y políticas de la empresa, entre otras. A continuación se muestra una clasificación de proveedores de servicios en el país, a los cuales se les ha entregado un nombre arbitrario según ciertas características destacables. Esta información ha sido obtenida mediante la investigación pública por internet, entrevista con expertos de los proveedores, requerimientos directos de servicios con diferentes proveedores o interacción y trabajo directo con proveedores de servicios en Ecuador. La información proveniente de la entrevista con expertos

y según la encuesta mostrada en el Anexo P se considera confidencial y no se especificarán los nombres de los proveedores de servicios.

- Proveedor de Internet con red basada en el protocolo IP.
- Proveedor de servicios con red basada en el protocolo IP.
- Proveedor de servicios con red basada en los protocolos IP y MPLS de primera generación, incluye red tradicional.
 - Proveedor de servicios con red basada en los protocolos IP y MPLS de nueva generación, incluye red tradicional.
 - Proveedor de servicios con red basada en MetroEthernet y MPLS de nueva generación, incluye red tradicional.
 - Proveedor de servicios con red basada en DWDM, SDH e IP.

Esta clasificación está basada principalmente en la plataforma tecnológica utilizada por los proveedores de servicios, pero se hace referencia también a los productos y servicios ofertados a través de estas plataformas.

1.5.1. PROVEEDOR DE INTERNET CON RED BASADA EN EL PROTOCOLO IP

Este tipo de proveedores generalmente son proveedores pequeños o medianos, cuyo principal negocio es ofrecer servicios de internet. Adicionalmente, puede entregar servicios de transporte de datos con determinadas implementaciones como por ejemplo a través de túneles y creación de redes privadas virtuales, pues su red está constituida principalmente por routers que tienen conectividad con internet y que utilizan direccionamiento público. Las características principales de este proveedor son las siguientes:

- Características generales:
 - Principal servicio ofrecido: Internet
 - Proveedor tipo *Tier 3*, es un proveedor local de internet

- Direccionamiento público en su red para dar conectividad al cliente
- Cobertura en las principales ciudades del país con red propia o con red de otros proveedores.
 - Servicios para usuarios *Home* principalmente pero también corporativos.

- Características de red de *backbone* (*core* – núcleo):
 - Conectividad a Internet a través de proveedores de mayor tamaño.
 - Routers con el manejo del protocolo IP, sin la implementación de MPLS.
 - Red de transporte PDH o SDH generalmente a través de infraestructura de otros proveedores.

- Características de red de acceso:
 - Red de acceso propia o utilizando en gran parte la infraestructura de otros proveedores mayores, con tecnologías xDSL, GPON, WLAN, Wimax, accesos de fibra óptica punto a punto con Ethernet, accesos satelitales.
 - Para servicios de internet puede utilizar accesos *dial-up*.
 - Red de distribución y acceso conformada por routers o switches capa 3 medianos o pequeños con el protocolo IP y direccionamiento público y por switches en capa 2 utilizando el estándar IEEE 802.1Q.

- Características de productos y servicios:
 - **Servicios de internet o valor agregado:** entregados a través de una VLAN generalmente compartida para varios clientes y con direccionamiento público en la conexión WAN, direccionamiento privado en la red LAN y uso de NAT (*Network Address Translation*), pueden existir algunos servicios adicionales como los siguientes, tienden a

diversificar el valor agregado de este servicio y ser de alguna manera más consultores hacia el cliente en algunos casos:

- *Hosting y Housing* (en salas de equipos propios de tamaños pequeños o generalmente utilizando infraestructura de *datacenters* de o proveedores de mayor tamaño)
- Correo electrónico
- Servidores virtuales
- Diseño y desarrollo de páginas WEB
- Servicios de seguridad, antivirus, antispam, filtros de tráfico
- Consultoría, tests de penetración y vulnerabilidades
- Administración de infraestructura IT
- Desarrollo de software específico

➤ Características tecnológicas de su infraestructura:

- Transporte IP, DWDM, SDH y PDH generalmente entregado por otros proveedores a nivel nacional.
- Protocolos de red y estándares: IPv4, Ethernet, 802.1Q, WLAN, Wimax, GPON, LMDS, MMDS.
- No utiliza tecnologías tradicionales como ATM, Frame Relay, X.25.

1.5.2. PROVEEDOR DE SERVICIOS CON RED BASADA EN EL PROTOCOLO IP

Este tipo de proveedores generalmente corresponde a proveedores medianos con una participación en el mercado masivo y en el corporativo pequeña pero en crecimiento para servicios de internet y datos principalmente. Las características principales de este proveedor son las siguientes:

➤ Características generales:

- Varios tipos de servicios: Internet, datos, datacenter, voz sobre IP (no telefonía).

- Proveedor tipo *Tier 3*, es un proveedor local de internet.
- Direccionamiento público en su red para dar servicios de acceso a internet.
 - Cobertura en las principales ciudades del país con red propia o con red de otros proveedores.
 - Servicios para usuarios *Home* y corporativos.
- Características de red de *backbone* (*core* – núcleo):
 - Conectividad a Internet a través de proveedores de mayor tamaño.
 - Ruteadores con el manejo del protocolo IP, sin la implementación de MPLS.
 - Red de transporte IP, PDH, SDH o DWDM generalmente a través de infraestructura de otros proveedores.
- Características de red de acceso:
 - Red de acceso propia o utilizando en gran parte la infraestructura de otros proveedores mayores, con tecnologías xDSL, GPON, WLAN, Wimax, accesos de fibra óptica punto a punto con Ethernet, accesos satelitales.
 - Para servicios de internet principalmente ofrece accesos de banda ancha, que pueden estar complementados con accesos *Dial-up*.
 - Red de distribución y acceso conformadas por routers o switches capa 3 medianos o pequeños con el protocolo IP y direccionamiento público y por switches en capa 2 utilizando el estándar IEEE 802.1Q.
- Características de productos y servicios:
 - **Servicios de internet o valor agregado:** entregados a través de una VLAN generalmente compartida para varios clientes y con direccionamiento público en la conexión WAN, direccionamiento privado

en la red LAN y uso de NAT (*Network Address Translation*), o entrega de prefijos públicos para la red LAN. Dentro del servicio de acceso a internet pueden existir algunos servicios adicionales como los siguientes:

- *Housing y Hosting*
- Correo electrónico
- Servicios de seguridad, antivirus, antispam, filtros de tráfico

- **Servicios de transmisión de datos:** cobertura nacional, implementación generalmente a través de túneles (IPSec, GRE – *Generic Routing Encapsulation*), por el uso de direccionamiento público en el segmento de conexión con el cliente, y con el uso de VLANs (802.1Q) independientes o compartidas por varios clientes. No ofrece canales transparentes (*Clear Channel – TDM Time Division Multiplexing*). No utiliza mayores implementaciones de calidad de servicio y puede presentar ciertas vulnerabilidades como ataques de denegación de servicio a pesar de que se utilice IPSec para la VPN. Se puede entregar servicios de Voz sobre IP para comunicación a través de los servicios de transmisión de datos.

- **Servicios de datacenter:** servicios de housing, hosting, virtualización, obtención de respaldos de información.

➤ Características tecnológicas de su infraestructura:

- Transporte IP, DWDM, SDH y PDH generalmente entregado por otros proveedores.
- Protocolos de red y estándares: IPv4, IPv6, Ethernet, 802.1Q, WLAN, Wimax, GPON, LMDS, MMDS.
- No utiliza tecnologías tradicionales como ATM, Frame Relay, X.25.

- Se puede encontrar en la fase de análisis, aprendizaje y proceso de implementación de MPLS.

1.5.3. PROVEEDOR DE SERVICIOS CON RED BASADA EN LOS PROTOCOLOS IP Y MPLS, PRIMERA GENERACIÓN, INCLUYE RED TRADICIONAL

El proveedor de servicios con red basada en los protocolos IP y MPLS corresponde a proveedores medianos con una participación en el mercado masivo y en el corporativo pequeña o mediana para servicios de internet, datos, servicios informáticos, entre otros. Las características principales de este proveedor son las siguientes:

- Características generales:
 - Varios tipos de servicios: Internet, datos, servicios informáticos
 - Proveedor tipo *Tier 3*, es un proveedor local de internet
 - Direccionamiento público en su red para dar conectividad al cliente a internet y permite entregar VPNs con direccionamiento privado a través de VPNs MPLS de capa 3.
 - Cobertura en las principales ciudades del país con red propia o con red de otros proveedores.
 - Servicios para usuarios *Home* y corporativos
- Características de red de *backbone* (*core* – núcleo):
 - Conectividad a Internet a través de proveedores de mayor tamaño.
 - Ruteadores con el manejo de los protocolos IP y MPLS.
 - Red de transporte IP, PDH, SDH, TDM, ATM, Frame Relay propia y complementada con terceros.
- Características de red de acceso:

- Red de acceso propia o utilizando complementariamente infraestructura de otros proveedores mayores, con tecnologías xDSL, GPON, WLAN, Wimax, accesos de fibra óptica punto a punto con Ethernet, accesos satelitales.

- Para servicios de internet principalmente ofrece accesos de banda ancha, que pueden estar complementados con accesos *Dial-up* para servicios masivos.

- Red de distribución y acceso conformadas por routers o switches capa 3 medianos o pequeños con los protocolos IP y MPLS y por switches en capa 2 utilizando el estándar IEEE 802.1Q.

➤ Características de productos y servicios:

- **Servicios de internet o valor agregado:** entregados a través de una VLAN generalmente compartida para varios clientes, direccionamiento público en la conexión WAN, direccionamiento privado en la red LAN, uso de NAT (*Network Address Translation*), o entrega de prefijos públicos para la red LAN, pueden existir algunos servicios adicionales como los siguientes:

- Correo electrónico
- Servicios de seguridad, antivirus, antispam, filtros de tráfico
- Diseño de páginas web
- Soporte para implementación de VPNs

- **Servicios de transmisión de datos:** cobertura nacional o internacional soportada con otros proveedores. Implementación de VPNs MPLS en capa 3 y uso de VLANs para la entrega de servicios a cada cliente en el segmento de acceso. Servicios con implemetaciones de calidad de servicio en caso de requerirse. Puede entregar soluciones por canales transparentes (*Clear Channel – TDM Time Division Multiplexing*),

circuitos virtuales ATM/Frame Relay, SDH, red IP/MPLS o red MetroEthernet de primera generación con el uso de 802.1Q.

- **Servicios informáticos y de datacenter:** soporte y capacitación en bases de datos y sistemas operativos, *e-learning*, *housing* y *hosting*.

- Características tecnológicas de su infraestructura:

- Transporte IP/MPLS, SDH, PDH, ATM, Frame Relay, TDM propio y complementado con otros proveedores.

- Protocolos de red y estándares: IPv4, MPLS Ethernet, 802.1Q, WLAN, Wimax, GPON, LMDS, MMDS.

1.5.4. PROVEEDOR CON RED BASADA EN LOS PROTOCOLOS IP Y MPLS DE NUEVA GENERACIÓN, INCLUYE RED TRADICIONAL

El proveedor de servicios con red basada en los protocolos IP y MPLS de nueva generación puede incluir redes de tecnología tradicional ATM, Frame Relay, TDM, SDH, DWDM. Corresponde a proveedores medianos y grandes dentro del país, con una participación en el mercado masivo y en el corporativo importante para servicios de internet, datos, datacenter, telefonía, televisión, seguridad, comunicaciones unificadas, consultorías, entre otros. Las características principales de este proveedor son las siguientes:

- Características generales:

- Varios tipos de servicios: Internet, datos, datacenter, telefonía, televisión, seguridad.

- Proveedor tipo *Tier 3* o *Tier 2*, es un proveedor local de internet o regional

- Direccionamiento público en su red para dar conectividad al cliente a internet y permite entregar VPNs con direccionamiento privado a través principalmente de VPNs MPLS de capa 3 o capa 2.

- Cobertura en todo el país con red propia o con red de otros proveedores complementariamente.
 - Servicios para usuarios *Home* y corporativos
- Características de red de *backbone* (*core* – núcleo):
 - Conectividad a Internet a través de proveedores de mayor tamaño o a través de su propia red continental.
 - Ruteadores con el manejo de los protocolos IP y MPLS.
 - Red de transporte IP, PDH, SDH, DWDM, TDM, ATM, Frame Relay propia y complementada con terceros.
- Características de red de acceso:
 - Red de acceso propia o utilizando complementariamente infraestructura de otros proveedores mayores, con tecnologías xDSL, GPON, WLAN, Wimax, HFC (*Hybrid Fiber-Coaxial*) accesos de fibra óptica punto a punto con uso de Ethernet, accesos satelitales, o por red celular.
 - Para servicios de internet principalmente ofrece accesos de banda ancha, que pueden estar complementados con accesos *Dial-up* para servicios masivos o por red celular.
 - Red de distribución y acceso conformadas por routers o switches capa 3 medianos o pequeños con los protocolos IP y MPLS y por switches en capa 2 utilizando el estándar IEEE 802.1Q.
- Características de productos y servicios:
 - **Servicios de internet o valor agregado:** entregados a través de una VLAN generalmente compartida para varios clientes y con direccionamiento público en la conexión WAN, direccionamiento privado en la red LAN y uso de NAT (*Network Address Translation*), o entrega de

prefijos públicos para la red LAN. Dentro del servicio de acceso a internet pueden existir algunos servicios adicionales como los siguientes:

- Correo electrónico
- Servicios de antivirus, antispam, filtros de tráfico
- Diseño de páginas web
- Streaming video, voz

- **Servicios de transmisión de datos:** cobertura nacional o internacional soportada con otros proveedores o sobre su propia infraestructura. Implementación de VPNs MPLS en capa 3 y capa 2 nacional y uso de VLANs para la entrega de servicios a cada cliente en el segmento de acceso. Servicios internacionales a través de VPNs capa 3. Servicios con implementaciones de calidad de servicio en caso de requerirse. Puede entregar soluciones por canales transparentes (*Clear Channel – TDM Time Division Multiplexing*), circuitos virtuales ATM/Frame Relay, SDH, red IP/MPLS o red MetroEthernet de primera generación con el uso de 802.1Q.

- **Servicios de datacenter:** *housing y hosting*, monitoreo, respaldo de datos.

- **Servicios de seguridad:** seguridad perimetral, consultorías.

- **Servicios de telefonía:** NGN (*Next Generation Network*), fija o móvil.

- **Servicios de voz sobre IP:** gestión de IP PBX.

- **Servicios de televisión:** televisión por cable.

➤ Características tecnológicas de su infraestructura:

- Transporte IP/MPLS, SDH, DWDM, PDH, ATM, Frame Relay, TDM propio y complementado con otros proveedores.

- Protocolos de red y estándares: IPv4, IPv6, MPLS Ethernet, 802.1Q, WLAN, Wimax, GPON, LMDS, MMDS, HFC (*Hybrid Fiber-Coaxial*).

1.5.5. PROVEEDOR CON RED BASADA EN METROETHERNET Y MPLS DE NUEVA GENERACIÓN, INCLUYE RED TRADICIONAL

El proveedor de servicios con red basada en los protocolos IP y MPLS de nueva generación y red MetroEthernet de nueva generación puede incluir redes de tecnología tradicional ATM, Frame Relay, TDM, SDH, DWDM. Corresponde a proveedores medianos y grandes dentro del país, con una participación en el mercado corporativo principalmente y en menor grado para PYMES o servicios de hogar, ofrece servicios de internet, datos, datacenter, telefonía, seguridad, consultorías, colaboración, gestión de red, entre otros. Las características principales de este proveedor son las siguientes:

- Características generales:
 - Varios tipos de servicios: Internet, datos, datacenter, telefonía, seguridad, consultoría y gestión de red, colaboración.
 - Proveedor tipo Tier 3, *Tier 2* o *Tier 1*, es un proveedor de internet local, regional o global.
 - Direccionamiento público en su red para dar conectividad al cliente a internet y permite entregar VPNs con direccionamiento privado a través principalmente de VPNs MPLS de capa 3 o capa 2.
 - Cobertura en todo el país con red propia o con red de otros proveedores.
 - Servicios para usuarios corporativos y PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas).
- Características de red de *backbone* (*core* – núcleo):

- Conectividad a Internet a través de proveedores de mayor tamaño o a través de su propia red continental o mundial.
- Ruteadores con el manejo de los protocolos IP y MPLS.
- Red de transporte IP, PDH, SDH, DWDM, TDM, ATM, Frame Relay propia y complementada con terceros.

➤ Características de red de acceso:

- Red de acceso propia o utilizando complementariamente infraestructura de otros proveedores mayores, con tecnologías xDSL, GPON, WLAN, Wimax, accesos de fibra óptica punto a punto (100BaseFX, 1000BaseFX), accesos satelitales.

- Para servicios de internet principalmente ofrece accesos de banda ancha.

- Red de distribución y acceso conformadas por routers o switches capa 3 medianos o pequeños con los protocolos IP y MPLS y por redes MetroEthernet bastante estructuradas tipo *Carrier Class*, con switches en capa 2 utilizando el estándar IEEE 802.1Q, QinQ e implementaciones de acuerdo con el MetroEthernet Forum.

➤ Características de productos y servicios:

- **Servicios de internet o valor agregado:** entregados a través de una VLAN generalmente dedicada para cada cliente corporativo y con direccionamiento público en la conexión WAN, direccionamiento privado en la red LAN y uso de NAT (*Network Address Translation*), o entrega de prefijos públicos para la red LAN. Dentro del servicio de acceso a internet pueden existir algunos servicios adicionales como los siguientes:

- Correo electrónico
- Servicios de antivirus, antispam, filtros de tráfico
- Internet Seguro

- Gestión de seguridad de red

- **Servicios de transmisión de datos:** cobertura nacional o internacional soportada con otros proveedores o sobre su propia infraestructura. Implementación de VPNs MPLS en capa 3 y capa 2 nacional y uso de VLANs para la entrega de servicios a cada cliente en el segmento de acceso. Servicios internacionales a través de VPNs capa 3 o capa 2. Servicios con implementaciones de calidad de servicio. Puede entregar soluciones por canales transparentes (*Clear Channel – TDM Time Division Multiplexing*), circuitos virtuales ATM/Frame Relay, SDH, red IP/MPLS o red MetroEthernet de primera generación con el uso de 802.1Q.

- **Servicios de datacenter:** *housing y hosting*, monitoreo, gestión de respaldos de información. Recuperación ante desastres (*Disaster Recovery*) a través de varios Datacenters regionales o mundiales.

- **Servicios de seguridad:** seguridad perimetral, consultorías de tests de penetración, gestión de seguridad de red.

- **Servicios de telefonía:** fija o móvil, redes NGN (*Next Generation Network*).

- **Servicios de voz sobre IP:** gestión de IP PBX.

- **Servicios de consultoría:** consultoría, monitoreo y gestión de red

- **Servicios de colaboración:** herramientas para mayor eficiencia en productividad y ahorro de costos para las empresas con el tráfico de voz, datos y video.

➤ Características tecnológicas de su infraestructura:

- Transporte IP/MPLS, MetroEthernet, SDH, DWDM, PDH, ATM, Frame Relay, TDM propio y complementado con otros proveedores.

- Protocolos de red y estándares: IPv4, IPv6, MPLS, Ethernet, 802.1Q, WLAN, Wimax, GPON, LMDS, MMDS.

1.5.6. PROVEEDOR DE SERVICIOS CON RED BASADA EN DWDM, SDH E IP

El proveedor de servicios con red basada en DWDM y SDH corresponde a proveedores medianos y grandes dentro del país, con una participación en el mercado de proveedores de servicio principalmente y en menor grado para clientes corporativos. Básicamente, ofrece servicios de internet y transporte de datos y sus principales clientes son proveedores de servicio. Una de sus características es de poseer infraestructura de fibra óptica desplegada hacia las principales ciudades del país. Las características principales de este proveedor son las siguientes:

- Características generales:
 - Varios tipos de servicios: Internet y transporte de datos
 - Proveedor tipo *Tier 1*, es un proveedor de internet local que puede tener convenios con proveedores regionales para la conexión a internet.
 - Direccionamiento público en su red para dar conectividad al cliente a internet y permite entregar servicios transparentes o con el protocolo Ethernet a través de SDH o DWDM.
 - Cobertura en todo el país con red propia o con red de otros proveedores complementariamente.
 - Servicios para proveedores de servicios y clientes corporativos.
- Características de red de *backbone* (*core* – núcleo):
 - Conectividad a Internet a través de proveedores de mayor tamaño.
 - Ruteadores con el manejo de los protocolos IP.
 - Red de transporte IP, SDH, DWDM.

- Características de red de acceso y distribución:
 - En la red de acceso se complementa con otros proveedores
 - Para servicios de internet principalmente ofrece accesos de banda ancha.
 - Red de distribución conformada por routers o switches capa 3 medianos o grandes con protocolo IP; por multiplexores SDH/DWDM y switches capa 2.

- Características de productos y servicios:
 - **Servicios de internet o valor agregado:** entregados a través de una VLAN y con direccionamiento público en la conexión WAN, direccionamiento privado en la red LAN y uso de NAT (*Network Address Translation*), o entrega de prefijos públicos para la red LAN. Dentro del servicio de acceso a internet pueden existir algunos servicios adicionales como los siguientes:
 - Correo electrónico
 - Servicios de antivirus, antispam, filtros de tráfico

 - **Servicios de transmisión de datos:** cobertura nacional o internacional soportada con otros proveedores o sobre su propia infraestructura. Posibilidad de entrega de enlaces internacionales transparentes.

- Características tecnológicas de su infraestructura:
 - Transporte IP, SDH, DWDM propio y complementado con otros proveedores.

 - Protocolos de red y estándares: IPv4, IPv6, Ethernet, 802.1Q.

El cuadro 8 muestra un resumen comparativo entre los proveedores de servicio identificados anteriormente.

Cuadro 8

Resumen comparativo de proveedores de servicios

Característica	P.I. Basado en IP	P.S. Basado en IP	P.S. Basado en IP/MPLS 1G	P.S. Basado en IP/MPLS NG	P.S. Basado en IP/MPLS/Metro NG	P.S. Basado en DWDM/SDH
Tipo Proveedor Internet	Tier 3	Tier 3	Tier 3	Tier 2, 3	Tier 1, 2, 3	Tier 3
Cobertura	Nacional	Nacional	Nacional	Nacional, regional	Nacional, regional, mundial	Nacional
Mercado	Home, Pymes	Corporativo, Home, Pymes	Corporativo, Home, Pymes	Corporativo, Home, Pymes y proveedores de servicio	Corporativo, Pymes y proveedores de servicio	Corporativo y proveedores de servicio
Red de transporte	Equipos IP, Ethernet	Equipos IP, Ethernet	Equipos IP, Ethernet	Equipos SDH, DWDM, IP, MPLS, TDM, ATM	Equipos SDH, DWDM, IP, MPLS, Metroethernet, TDM, ATM	Equipos SDH, DWDM, IP
Red de acceso y distribución	xDSL, GPON, WLAN, Wimax	xDSL, GPON, WLAN, Wimax	xDSL, GPON, WLAN, Wimax	xDSL, GPON, WLAN, Wimax, satelital, HFC	xDSL, GPON, WLAN, Wimax, MetroEthernet, satelital	Terceros
Servicio de internet	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Servicio de transmisión de datos	No	Sí	Sí, VPN L3, VLAN	Sí, VPN MPLS L2, L3	Sí, VPN MPLS L2, L3, ELine, ELAN	Sí, EoSDH, EoDWDM
Servicio de televisión	No	No	No	Sí	No	No
Servicios de telefonía	No	No	No	Sí	Sí	No
Servicios de Datacenter	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Servicios de consultoría	No	No	No	Sí	Sí	No
Servicios de seguridad ger.	No	No	No	No	Sí	No
Servicios de colaboración	No	No	No	No	Sí	No
Tecnologías predominantes	IPv4, IPv6, GPON, Wimax, xDSL, WLAN	IPv4, IPv6, GPON, Wimax, xDSL, WLAN	IPv4, IPv6, GPON, Wimax, xDSL, WLAN	IPv4, IPv6, MPLS, DWDM, SDH, GPON, Wimax, xDSL, ATM, Frame Relay, TDM, HFC	IPv4, IPv6, MPLS, MetroEthernet, DWDM, SDH, GPON, Wimax, xDSL, ATM, Frame Relay, TDM	IPv4, IPv6, DWDM, SDH
Intenciones de invertir en red MPLS en los 3 próximos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

1.6. TENDENCIAS DE IMPLEMENTACIONES DE REDES Y SERVICIOS DE PROVEEDORES DE SERVICIOS A NIVEL MUNDIAL

Los aspectos fundamentales en cuanto a tendencias respecto de los proveedores de servicio a nivel mundial se refieren a características tecnológicas, productos y servicios. Acerca de estas tendencias se ha encontrado lo siguiente:

1.- Inversiones, despliegue y capacitación en tecnologías IP, MPLS, MetroEthernet, DWDM, SDH, NGN, Televisión IP, como plataformas de core y distribución.

2.- Inversiones, despliegue y capacitación en redes de acceso GPON, Wimax, LTE.

3.- Inversiones principalmente en redes de fibra óptica, luego en redes microondas y en mucho menor grado en redes de cobre o satelitales.

4.- Inversiones en redes Wireless punto a punto y punto multipunto para zonas de menor densidad de usuarios o menores anchos de banda, e inversiones en redes móviles.

5.- Inversiones sólo para mantenimiento de redes tradicionales (ATM, Frame Relay, X.25, TDM), desinstalación de estas plataformas de red conforme sea posible.

6.- Generación de nuevos servicios diferenciadores como Gestión de Red, servicios de Colaboración, servicios de Entrega de Contenido (*Content Delivery Network*) (*Caches, Voice, Video, Streaming*), Seguridad Gerenciada, servicios de Consultoría, servicios Combo (*Triple Play, Quad Play*), IPTV.

7.- Despliegue de redes para Servicios Portadores Ethernet (*Carrier Ethernet Services*), de acuerdo con la figura 15.

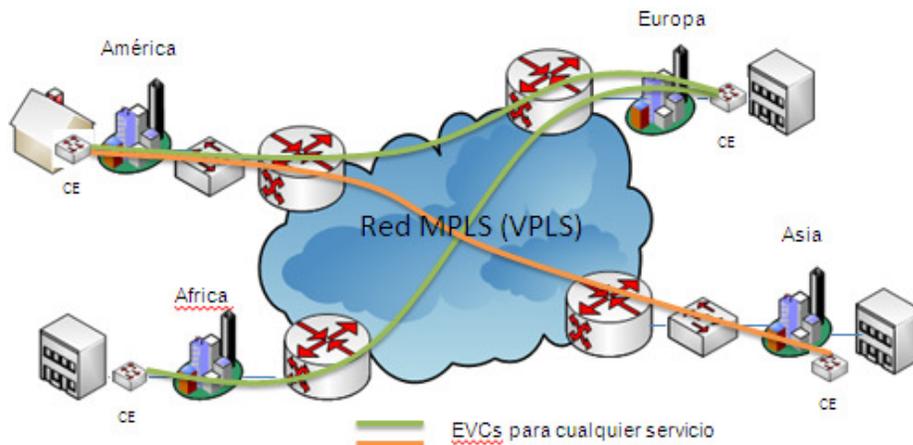


Figura 15. Tendencias *Carrier Ethernet Services*

(Datos del proveedor de servicios referencial)

8.- Incremento de requerimientos de servicios sobre nuevas plataformas MPLS (VPLS) y MetroEthernet para entrega de servicios en capa 2 (E-Line / E-LAN). En las figuras 16, 17, 18 y 19 se muestran algunos datos estadísticos de un proveedor de servicios multinacional referencial de requerimientos de factibilidad de servicios en países con redes más grandes y maduras como Brasil y en general a nivel de Latinoamérica durante el año 2012, donde se evidencian las tendencias de requerimientos y necesidades de implementación de redes MPLS y MetroEthernet de nueva generación que permitan entregar servicios basados en Ethernet.

9.- Globalización, adquisición de empresas pequeñas o medianas por parte de empresas más grandes.

10.- Estandarización de redes y servicios globales.

11.- Implementación de procesos y prácticas según recomendaciones ITIL (*Information Technology Infrastructure Library*) o para la gestión de servicios de tecnologías de la información.

12.- Certificación de las empresas y su personal en ámbitos de seguridad, calidad.

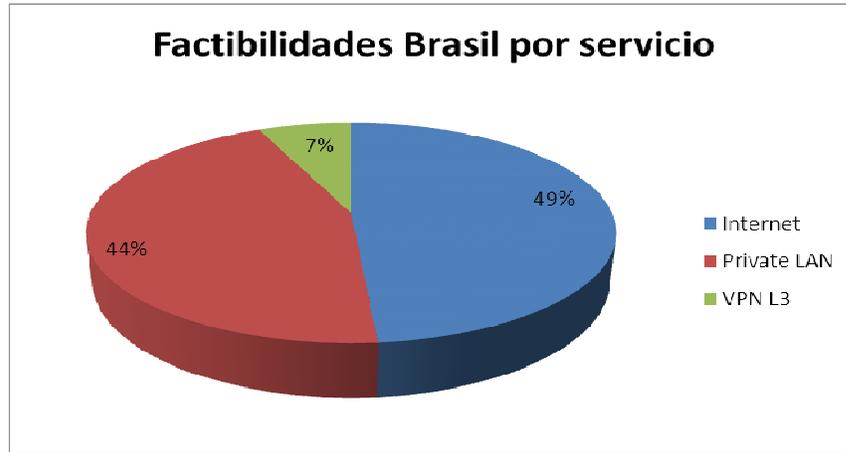


Figura 16. Factibilidades Brasil por servicio para un proveedor de servicios referencial

(Datos del proveedor de servicios referencial)

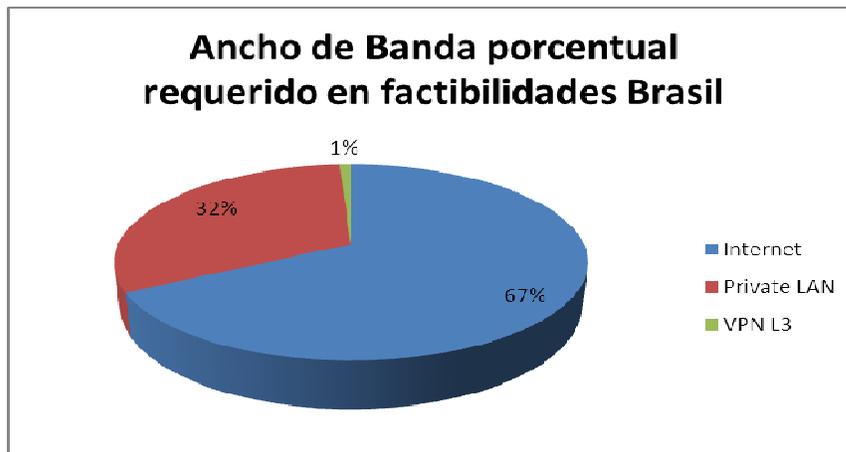


Figura 17. Ancho de Banda porcentual requerido en factibilidades Brasil para un proveedor de servicios referencial

(Datos del proveedor de servicios referencial)

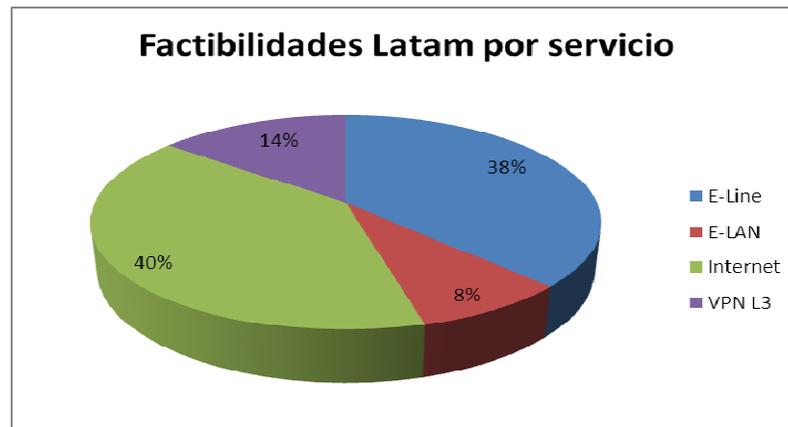


Figura 18. Factibilidades en Latinoamérica para un proveedor de servicios referencial

(Datos del proveedor de servicios referencial)

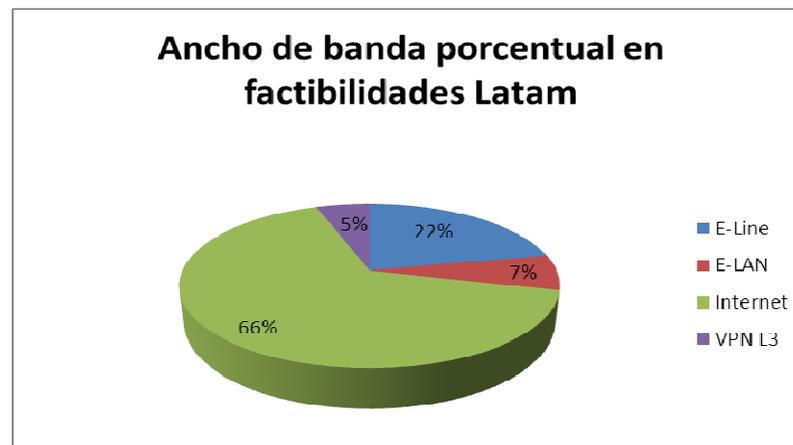


Figura 19. Ancho de banda porcentual en factibilidades en latinoamerica para un proveedor de servicios referencial

(Datos del proveedor de servicios referencial)

13.- Capacitación al personal de la empresa en líneas de certificación de fabricantes, procesos, proyectos, gestión empresarial.

14.- Constante innovación de servicios sobre redes convergentes, reducción de precios e incremento de ancho de banda en servicios.

2. CAPÍTULO II: DISEÑO DE LA RED MPLS/METROETHERNET NACIONAL

2.1. REQUERIMIENTOS DE RED PARA EL DISEÑO

Para poder definir el diseño de la red se deben considerar algunos aspectos de diseño mencionados en las consideraciones de diseño posteriormente, pero es necesario definir algunos requerimientos que deben cumplirse dentro del diseño de red. Estos requerimientos son los siguientes:

1. **Diseño de alta disponibilidad y escalabilidad:** al ser una red para un proveedor de servicios nacional, el diseño debe contemplar topologías y equipamientos redundantes y modulares que faciliten el crecimiento de la red en el tiempo, considerando un horizonte referencial para el diseño de 3 años y un proveedor referencial que abarque alrededor del 20% de tráfico nacional de datos e internet y alrededor del 20% de enlaces de servicios portadores con presencia en las principales ciudades de cada provincia del país.
2. **Equipamiento *Carrier Class*:** los equipos *Carrier Class* generalmente tienen redundancia en fuentes de alimentación, procesadoras y un *Mean Time Between Failure* (MTBF) de muchos años, tiempo mayor que equipos de otras líneas enfocadas a empresas u hogares.
3. **Soporte de tecnologías de nueva generación:** El diseño planteado en este proyecto es para la implementación de soluciones tipo *Carrier Ethernet Services* de nueva generación, por lo que es necesario soportar tanto en hardware como en software las tecnologías de nueva generación para este propósito como son MPLS (*Multi Protocol Label Switching*), *Layer 2* y *Layer 3* MPLS VPNs (*Virtual Private Networks*), VPLS (*Virtual Private LAN Services*), QinQ, *Selective QinQ*, L2PT (*Layer 2 Protocol Tunneling*), VLAN Translation, Ethernet OAM (*Operation and*

Mainenance), soporte para implementaciones de seguridad en la red y para los servicios de capa 2 y capa 3, soporte de *Jumbo Frames*, soporte para implementaciones de calidad de servicios extremo a extremo para servicios en capa 2 o capa 3.

4. **Equipamiento de fabricantes homologados:** al ser un diseño para un proveedor de servicios genérico, el diseño debería contemplar fabricantes utilizados por los proveedores de servicios del país, fabricantes con quienes se tienen contratos de compra, soporte y mantenimiento, pero la variedad de fabricantes utilizados en los proveedores de servicios del país es bastante diversa y el hecho es que para redes MetroEthernet y MPLS en Ecuador se están utilizando a los siguientes fabricantes tomando en cuenta una muestra importante de los proveedores más grandes del país: Cisco Systems, Juniper Networks, Huawei Technologies, Tellabs, Alcatel-Lucent, Extreme Networks, entre otros. Dada esta diversidad, en las consideraciones de diseño, en las consideraciones de equipamiento en el numeral 2.3.4 se plantean algunas variables y justificaciones de selección de equipamiento y de los fabricantes para el diseño de red del proveedor de servicios del presente proyecto y se presenta un resumen de los fabricantes y sus consideraciones en el cuadro 2.3.

2.2. ALCANCE DEL DISEÑO

El diseño de red para el proveedor de servicios nacional genérico tiene el siguiente alcance:

1. Diseño planteado en tres fases, una fase inicial, un diseño para 18 meses y otro para 36 meses, de acuerdo con el crecimiento estimado que se tendría luego de ese tiempo, con las consideraciones de diseño mostradas en el numeral 2.3. Estas consideraciones conllevan a un diseño de red para un proveedor de servicios que pretenda abarcar

aproximadamente un 20% del tráfico nacional para servicios de internet y datos y un 20% del número de enlaces de servicios portadores.

2. El diseño pretende dar un marco referencial para proveedores de servicios, planificadores e implementadores de redes de proveedores, fiscalizadores de proyectos de este tipo de redes, profesores, estudiantes y personas apegadas a la tecnología, redes y telecomunicaciones. No se incluyen configuraciones de detalle de los equipos pues este proyecto considera dos fabricantes, de acuerdo con las consideraciones de equipamiento del numeral 2.3.4, muchas tecnologías e implementaciones de red que requerirían de justificaciones de configuraciones avanzadas para ambos fabricantes que implicarían un estudio sumamente extenso y no contemplado en el planteamiento inicial del presente proyecto.
3. El diseño contempla únicamente el equipamiento de red correspondiente a las plataformas de servicios IP, MPLS y MetroEthernet, no contempla las consideraciones ni equipamiento para redes complementarias como las plataformas de red SDH, DWDM, TDM, ATM, Frame Relay, etc. o plataformas complementarias de redes de acceso como BPON, GPON, EPON, Wimax, VSAT, etc., sin embargo, para el análisis financiero si se recurre a costos de red de acceso con tecnología GPON.
4. El diseño no contempla la infraestructura necesaria como nodos de acceso, *Datacenters* o POPs (*Point of Presence*) ni el despliegue de redes de planta externa primarias o secundarias de fibra óptica ni de cobre, considerando que la infraestructura actual del proveedor puede soportar las instalaciones de equipamiento para las plataformas MPLS y MetroEthernet, posiblemente como reemplazo de tecnologías obsoletas o equipamiento antiguo de otras plataformas de red. Sin embargo, para el análisis financiero sí se consideran costos de los accesos de fibra óptica.

5. Para el diseño del proveedor de servicios nacional genérico se presentan los requerimientos de diseño del numeral 2.1 y las consideraciones de diseño en el numeral 2.3 en donde se recurre a datos públicos, estadísticas e investigación acerca de características de los proveedores de servicios, del tráfico nacional, tendencias de crecimiento que permitirán dar forma a los diseños de red planteados en tres fases temporales.

2.3. CARACTERÍSTICAS DEL PROVEEDOR DE SERVICIOS AL QUE APLICA EL DISEÑO DE RED MPLS/METROETHERNET DE NUEVA GENERACIÓN

El diseño de red nacional MPLS/MetroEthernet de nueva generación aplica para un proveedor de servicios con las siguientes características:

1. Infraestructura:

- Presencia a través de Nodos concentradores de accesos para la entrega de servicios en las diferentes provincias y principales ciudades del país. Los sitios con puntos de presencia considerados son los siguientes: Quito, Guayaquil, Ambato, Cuenca, Galápagos (Santa Cruz), Machala, Manta, Santa Elena, Puyo, Tena, Coca, Nueva Loja, Ibarra, Tulcán, Esmeraldas, Santo Domingo, Guaranda, Riobamba, Latacunga, Babahoyo, Azogues, Macas, Zamora, Loja.
- Para las ciudades de Quito y Guayaquil el proveedor dispone de varios nodos de acceso que permiten brindar cobertura en toda la ciudad, se consideran 2 nodos principales y 10 nodos secundarios en Quito, mientras que en Guayaquil dos nodos principales y 8 nodos secundarios, interconectados en cada ciudad por anillos de fibra óptica con cables de alta densidad

de hilos. Se tienen 3 anillos físicos de fibra óptica en Quito y 2 en Guayaquil.

- Para las ciudades de Manta, Machala, Cuenca y Ambato el proveedor cuenta con un nodo principal y un nodo secundario en cada ciudad conectado a través de un anillo físico de fibra óptica en cada ciudad.
- La Infraestructura física del proveedor en los Nodos está formada por cuartos de equipos propios o con Infraestructura de terceros con las condiciones de energía eléctrica, espacio físico, climatización, planta interna de cableado adecuados, con la capacidad suficiente para crecimiento y soporte para la implementación de la red MPLS/MetroEthernet de nueva generación, considerando adicionalmente que se pueden optimizar los recursos de estos nodos con el remplazo de equipos antiguos u obsoletos por equipamiento de nuevas tecnologías, posiblemente más pequeños, con menor consumo de energía y más eficientes en cuanto a costo-beneficio como pueden ser los equipos de la red MPLS/MetroEthernet de nueva generación.
- El proveedor de servicios dispone de redes de fibra óptica desplegadas en las diferentes ciudades con tecnologías de acceso ópticas como por ejemplo GPON, sin embargo, podría disponer de otras tecnologías de acceso que trabajen con el protocolo Ethernet, como por ejemplo Wimax o xDSL.

2. Tecnologías:

- El proveedor de servicios no dispone actualmente de red MPLS o MetroEthernet de nueva generación o se encuentra en fases

iniciales de implementación, por lo que se hace un análisis y diseño desde la fase inicial.

- El proveedor dispone de redes propias de transporte interurbano como DWDM, SDH o PDH entre los diferentes nodos considerados dentro de la Infraestructura señalada anteriormente o puede hacer uso de redes de transporte de terceros (otros proveedores) que provean la capacidad troncal interurbana con estas tecnologías.
- El proveedor de servicios tiene la capacidad de entregar los servicios desde los nodos de acceso a través de tecnologías de acceso que manejen el protocolo Ethernet como protocolo de capa 2, como por ejemplo GPON, Wimax, xDSL.

3. Productos y servicios:

- El proveedor de servicios puede ofrecer múltiples servicios de Internet, datos, video, seguridad, colaboración, telefonía, datacenter sobre su red convergente.
- Estos servicios pueden ser entregados a través de las diferentes tecnologías de transporte, núcleo, distribución y acceso, dentro de las cuales no se tiene una plataforma MPLS/MetroEthernet implementada (o se está iniciando su implementación), lo cual es el objeto de este proyecto. Los servicios actualmente se pueden entregar sobre plataformas puramente IP, Ethernet tradicional, SDH, ATM, Frame Relay, DWDM, donde se complican o son poco eficientes o costosas ciertas implementaciones de seguridad, manejo de calidad de servicio, entrega de redes privadas virtuales en capa 2 o en capa 3 dentro del modelo de referencia OSI.

4. Participación del tráfico nacional y cantidad de enlaces de servicios portadores:

- El proveedor de servicios en el cual se hace enfoque abarca o pretende abarcar alrededor del 20% de tráfico internacional y nacional, y alrededor del 20% del número de enlaces de servicios portadores del país en la actualidad y en los próximos 3 años.

2.4. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

2.4.1. INTRODUCCIÓN

Un proveedor de servicios a nivel nacional debe considerar algunas características fundamentales de cualquier proveedor de servicios, que le permitan de alguna manera garantizar una confiabilidad, calidad de servicio y crecimiento sostenible en el tiempo, obviamente sujeto a las variables económicas de la empresa. Existen algunas recomendaciones en la industria de Tecnologías de la Información relacionadas con la implementación de procesos y prácticas para mejorar la gestión de servicios de tecnología que se podrían desarrollar en un proveedor de servicios como por ejemplo ITIL (*Information Technology Infrastructure Library*) o Cobit (*Control Objectives for Information and Related Technologies*), que pueden recomendar procesos para gestionar y dar seguimiento y una constante evolución de los servicios ofertados, enfocándose en temas como la estrategia, el diseño, la transición, la operación y la mejora continua del servicio, abarcando procesos para la gestión financiera, gestión de capacidad, gestión de disponibilidad, gestión de nivel de servicio, gestión de seguridad de la información, gestión del conocimiento, gestión de problemas, planificación, entre otros.

En términos generales, se puede establecer algunos aspectos fundamentales que deberían cumplirse con respecto a los servicios y a la red

del proveedor de servicios, algunos relacionados con estas mejores prácticas que podrían implementarse:

- Alta disponibilidad:
 - Implementaciones redundantes en equipamiento, sistemas de alimentación y procesamiento, conexiones troncales, rutas.
 - Procedimientos de operación y gestión de red claramente definidos para minimizar errores humanos.
 - Procedimientos de escalamiento y resolución de problemas definidos.
 - Equipamiento de respaldo disponible en sitio.
 - Personal de soporte capacitado.
 - Documentación y gestión de red.
 - Gestión de incidentes y problemas.
 - Gestión de disponibilidad y mantenimientos de red.
- Escalabilidad:
 - Implementaciones de red modulares.
 - Implementaciones con capacidades de crecimiento proyectadas al menos a 3 años que impliquen inversiones menores para crecimiento en el corto plazo.
 - Gestión de capacidad de red de manera proactiva y automática.
 - Plataformas multiservicio que soporten soluciones o servicios actuales y futuros.
- Seguridad:
 - Estándares de red y seguridad definidos.
 - Procedimientos de seguridad definidos.
 - Equipamientos y configuraciones robustos y probados, tests de penetración internos.
 - Acuerdos y políticas de seguridad internos en la empresa.
 - Gestión de seguridad de la información

- Monitoreo y gestión de eventos
- Calidad de servicio:
 - Implementaciones de calidad de servicio en toda la red, seguimiento de estándares de red
 - Procedimientos de atención al cliente.
 - Cultura y capacitación de calidad de servicio en todas las áreas de la empresa.
 - Gestión de capacidad de red proactiva y automática.
 - Gestión de tickets de problemas y de nivel de servicio.
 - Procesos simples, dinámicos y rápidos de atención de requerimientos
 - Alta disponibilidad y desempeño de red

Además de las consideraciones antes mencionadas y los requerimientos de red que deben tomarse en cuenta por parte de un proveedor de servicios, en el diseño de la red como tal se plantean algunas consideraciones que permitan llevar a cabo la implementación de la red y son las siguientes:

- Consideraciones de Ancho de Banda y Escalabilidad
- Consideraciones de Disponibilidad
- Consideraciones de Multiservicios y Tecnología
- Consideraciones de Equipamiento

2.4.2. CONSIDERACIONES DE ANCHO DE BANDA Y ESCALABILIDAD

Para el diseño de la red del proveedor de servicios nacional, se debe contemplar un diseño escalable, que permita ofrecer servicios y crecimiento de capacidad soportable, sin mayores cambios en la red o de equipamiento, durante los próximos 3 años, por lo cual es necesario mostrar estadísticas de tráfico de proveedores de servicio a nivel nacional y tendencias. De acuerdo

con datos del Consejo Nacional de Telecomunicaciones (Conatel) a marzo del 2012, en la tabla 1 se muestra la capacidad troncal internacional para el servicio de valor agregado (SVA) (Internet) de los proveedores de servicio en Ecuador.

La figura 20 muestra la distribución de capacidad internacional entre los principales proveedores del país.

Tabla 1

Capacidad Internacional para el SVA de Proveedores de Servicio en Ecuador

PERMISIONARIO	mar-12 CONEXIÓN INTERNACIONAL (Mbps)
SURATEL	31.566
CONECCEL	20.508
CNT	17.090
ECUTEL	3.934
TELCONET	3.780
GLOBAL CROSSING	3.110
OTROS	8.661
Total	88.648

(Conatel, <http://www.conatel.gob.ec>, 2012)



Figura 20. Distribución de capacidad internacional en Ecuador

(Conatel, <http://www.conatel.gob.ec>, 2012)

La tendencia de crecimiento de esta capacidad internacional de una muestra de los proveedores de internet más grandes en los últimos años, con horizonte de 18 meses de Septiembre 2010 a Marzo 2012, se muestran en la tabla 2 y la figura 21.

Tabla 2

Crecimiento de capacidad internacional de varios proveedores

PERMISIONARIO	CONEXIÓN INTERNACIONAL (Mbps) SEPT 2010	CONEXIÓN INTERNACIONAL (Mbps) MARZO-2012	CRECIMIENTO % (18 meses)
CONECCEL S.A.	7812,5	20.508	263
SURATEL S.A.	5598	31.566	564
CNT EP	4043,52	17.090	423
GLOBAL CROSSING	1085	3.110	287
TOTAL MUESTRA	18539,02	72.274	390

(Conatel, <http://www.conatel.gob.ec>, 2012)

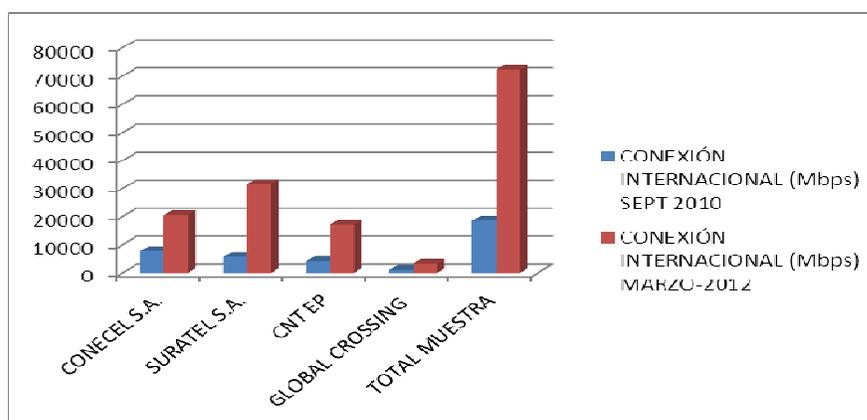


Figura 21. Crecimiento de capacidad internacional de varios proveedores

(Conatel, <http://www.conatel.gob.ec>, 2012)

Este crecimiento estadístico de los diferentes proveedores es importante, sin embargo, la ventana de tiempo referencial de 18 meses puede arrojar resultados algo distorsionados, sin embargo, estadísticas de años anteriores no están disponibles como información pública por el momento.

Para tener una referencia temporal más acorde, en la figura 22 se muestra el crecimiento en tráfico internacional del proveedor referencial en un horizonte de 5 años, pero no se muestran los valores absolutos por confidencialidad.



Figura 22. Crecimiento de capacidad internacional del proveedor referencial

(Datos del proveedor referencial)

Adicionalmente, en la tabla 3 y la figura 23 se presentan datos de crecimiento porcentual anual del tráfico internacional para el proveedor referencial, que reflejan que dependiendo del período de medición se pueden tener valores de crecimiento porcentual muy variado, por lo que es recomendable hacer un análisis más detallado.

En la tabla 4 y la figura 24 se presentan los mismos datos de crecimiento del proveedor referencial pero medidos en períodos de 18 meses.

Debido a las variaciones de crecimiento anualmente y las diferencias que se pueden apreciar al hacer una análisis cada 18 meses en lugar de anualmente, en la tabla 5 se presenta una comparación de los resultados de tráfico internacional que se obtendrían en un tiempo de 3 años con los diferentes

métodos para la obtención de una tasa estimada de crecimiento del tráfico internacional.

Tabla 3

Crecimiento porcentual anual de capacidad internacional del proveedor referencial

Crecimiento Porcentual de Tráfico Internacional del Proveedor Referencial (anual)	
Período 1 año	Crecimiento Porcentual Anual
Crecimiento porcentual ago-07 a ago-08	131,06
Crecimiento porcentual ago-08 a ago-09	150,97
Crecimiento porcentual ago-09 a ago-10	233,33
Crecimiento porcentual ago-10 a ago-11	171,98
Crecimiento porcentual ago-11 a ago-12	266,66
Promedio anual	190,80

(Datos del proveedor referencial)

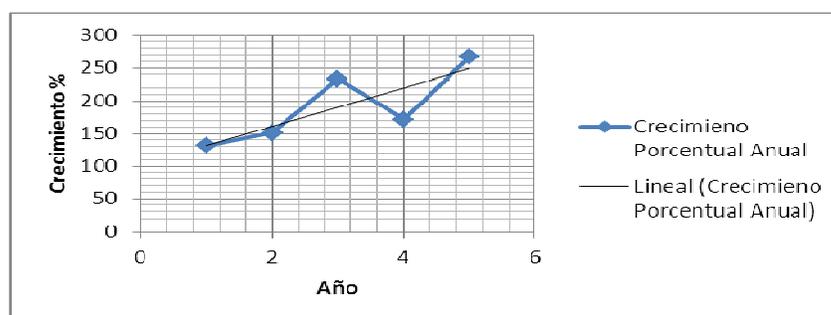


Figura 23. Crecimiento porcentual anual de capacidad internacional del proveedor referencial

(Datos del proveedor referencial)

Tabla 4

Crecimiento porcentual de capacidad internacional del proveedor referencial en períodos de 18 meses

Crecimiento Porcentual de Tráfico Internacional del Proveedor Referencial (18 meses)	
Período 18 meses	Crecimiento Porcentual 18 meses
Crecimiento porcentual feb-08 a ago-09	150,97
Crecimiento porcentual ago-09 a feb-11	401,29
crecimiento porcentual feb-11 a ago-12	266,66
Promedio	272,97

(Datos del proveedor referencial)

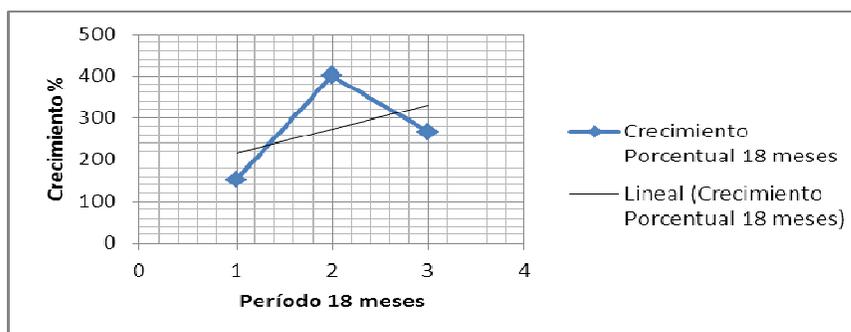


Figura 24. Crecimiento porcentual de capacidad internacional del proveedor referencial en períodos de 18 meses

(Datos del proveedor referencial)

De acuerdo con los resultados de la tabla 5, se podrían determinar como tasas estimadas de crecimiento porcentual de tráfico internacional a los valores de 200% anual, que es un valor de crecimiento anual que suele utilizarse para estimaciones de tráfico estadístico, o 300% cada 18 meses, que en un período de 3 años arrojan un crecimiento algo similar de 800% y 900% respectivamente, que son valores superiores a los medidos por parte del proveedor referencial. Para el diseño de la red nacional se adoptará el valor de 300% cada 18 meses, dado que puede brindar un margen de protección para el diseño y que pueda ajustarse posiblemente a proveedores con mayor crecimiento. No se toma el valor de 390% pues es un valor de crecimiento porcentual obtenido en un solo período de 18 meses y puede deberse al comportamiento no uniforme entre los diferentes períodos de medición, como puede observarse en las figuras 23 y 24.

Se estima, de acuerdo con la muestra de un proveedor de servicio de datos internacionales en el país, que menos del 10% de esta capacidad equivale al tráfico internacional de datos, es decir, para el tráfico internacional total de Ecuador, el tráfico internacional de datos actualmente estaría alrededor de 8864 Mbps, dando un total de 97513Mbps. Es decir, se podría estimar, considerando que aproximadamente el tráfico se incrementa al 300% cada 18 meses, que hasta el año 2015 el total del tráfico nacional para servicios de valor agregado y

datos internacionales sería de 877,6 Gbps aproximadamente y si tomamos en cuenta un proveedor de servicios con el 20% del mercado nacional, se necesitaría una capacidad de manejo de tráfico internacional de 175,5 Gbps. Este análisis se muestra en la tabla 6. No se considera el tráfico internacional de voz por regulaciones particulares en el país acerca del tráfico internacional de voz y debido a que no todos los proveedores de servicio tienen concesión para ofrecer servicios de telefonía.

Tabla 5

Comparación métodos de estimación de crecimiento porcentual de tráfico internacional

Comparación métodos de estimación de crecimiento porcentual		
Método	Tasa %	Tasa (%) de Crecimiento luego de 3 años
Cálculo anual (promedio anual tabla 2.3)	190,80	695
Calcúlo cada 18 meses (promedio tabla 2.4)	272,97	745
Cálculo anual incrementado	200	800
Calcúlo cada 18 meses incrementado	300	900
Cálculo cada 18 meses (según muestra proveedores últimos 18 meses tabla 2.2)	390	1521

Tabla 6

Análisis y proyección de capacidad internacional requerida por proveedor de servicios a 3 años (20% de tráfico nacional)

Capacidad Internacion al Servicio Valor Agregado SVA a Marzo 2012 (Mbps)	10% Capacidad Internacion. de Datos adicional (Mbps)	Total Capacidad Internacion. (Mbps)	Capacidad Internacion. para proveedor con 20% de participación (Mbps)	Crecimien. cada 18 meses (%)	Capacidad Internacional estimada a 3 años (Mbps)	Capacidad Internacional estimada por proveedor con 20% de participación (Mbps)
88648	8865	97513	19503	300%	877617	175523

Considerando que el proveedor de servicios referencial tiene dos troncales internacionales, una por Guayaquil y otra por Quito la proporción del tráfico internacional a través de Quito es aproximadamente el 65% del total y 35% a través de Guayaquil, como se puede observar en la figura 25, que muestra la concentración del tráfico nacional de datos en internet en Quito (64% pero se aproximará a 65%) y Guayaquil (34% pero se estimará 35%) para el proveedor de servicios referencial. Este dato se obtiene de la suma de tráfico de las interfaces de la red MPLS que se conectan a las redes de distribución y acceso MetroEthernet y *legacy* en las diferentes ciudades del país y es necesario para estimar el tráfico que deberán soportar los routers de borde en Quito y Guayaquil, de acuerdo con el diseño que se presenta en los anexos A (A1, A2, A3), B (B1, B2, B3) y C (C1, C2, C3). Esta distribución de la concentración del tráfico nacional mayoritariamente en Quito posiblemente varíe entre proveedores de servicio, dependiendo de la mayor presencia del proveedor en una de las dos ciudades y de la capacidad de sus troncales internacionales, y de si posee más de una salida internacional, pues si el proveedor posee tal vez sólo una salida internacional, por ejemplo por la fibra óptica submarina en Punta Carnero posiblemente la concentración en Guayaquil sea mayor que lo considerado en este proyecto. El diseño del proyecto considera dos salidas internacionales de igual capacidad a manera de redundancia, una por Quito y otra por Guayaquil, para que cada una de ellas pueda soportar todo el tráfico nacional en caso de falla de alguna de ellas.

Adicionalmente, en la figura 26 se muestra la distribución de usuarios por permisionario de servicio de valor agregado (Internet) en Ecuador con acceso fijo.

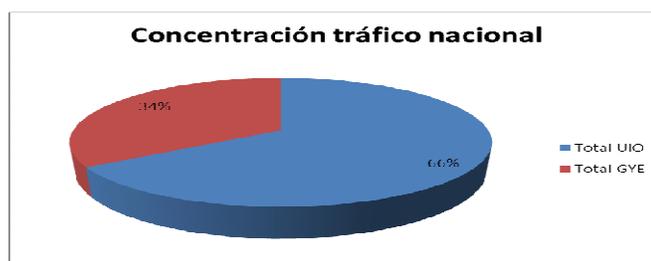


Figura 25. Concentración del tráfico nacional de datos e internet del proveedor referencial

(Datos proveedor referencial)

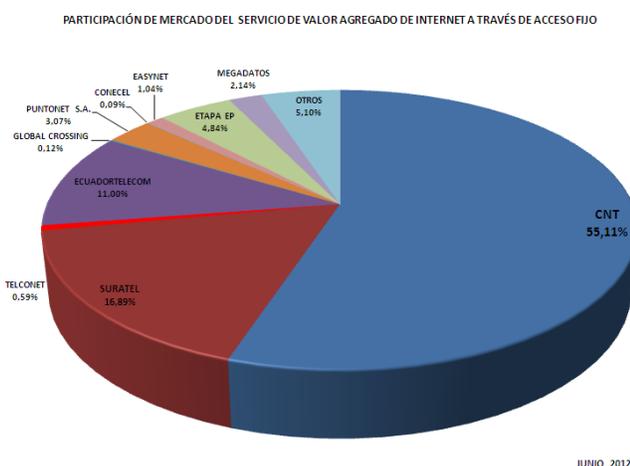


Figura 26. Distribución de usuarios de Internet en Ecuador con acceso fijo

(Conatel, <http://www.conatel.gob.ec>, 2012)

En la figura 27 se muestra también la distribución de usuarios de Internet por provincia a través de acceso fijo, para tener una idea de la distribución de usuarios, que está asociada a la distribución de tráfico en las diferentes provincias del país. Se puede establecer que la mayor cantidad de tráfico estaría en Pichincha, luego en Guayas y en menor grado en Manabí, Azuay, Tungurahua, El Oro, Chimborazo, Loja e Imbabura.

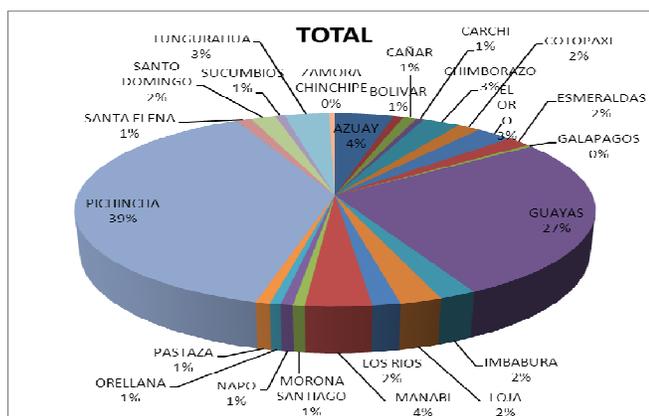


Figura 27. Distribución de usuarios de Internet por provincia a junio 2012
(Conatel, <http://www.conatel.gob.ec>, 2012)

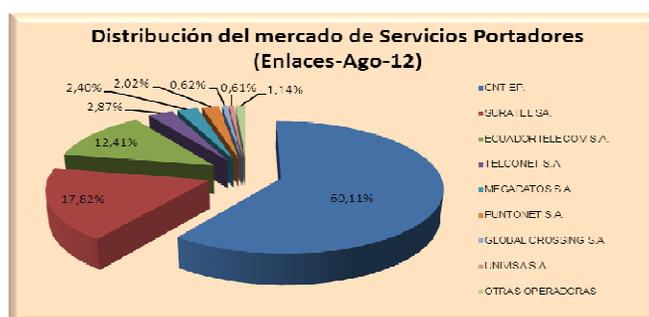


Figura 28. Distribución de enlaces servicios portadores en Ecuador
(Conatel, <http://www.conatel.gob.ec>, 2012)

En la figura 28 se muestra adicionalmente la distribución de enlaces de servicios portadores entre los proveedores de servicios del país, de acuerdo con datos de la Superintendencia de Telecomunicaciones.

Tomando una muestra de los proveedores de internet más grandes del país, que a su vez son parte de los proveedores más grandes servicios portadores, se obtuvieron los siguientes datos referenciales mostrados en la tabla 7, para poder estimar la capacidad de tráfico a manejarse en las diferentes provincias del país, considerando ya la suma de tráfico de datos e internet. Al tráfico referencial se lo ha multiplicado por 4 para que se ajuste a proveedores

mayores y se tenga un valor de participación en el tráfico nacional alrededor de 20%. Este factor de multiplicación de 4 se toma partiendo de la proporción de tráfico internacional del proveedor referencial que estaría en el orden del 5%.

Tomando una muestra de tráfico de varias troncales interurbanas del proveedor de servicios referencial con una herramienta SNMP, se puede determinar el crecimiento porcentual en 18 meses en promedio para las ciudades más grandes del país, el tráfico troncal de Febrero 2011 a Agosto 2012, se muestra en las figuras 29, 30, 31, 32, 33.

El análisis de las figuras 29, 30, 31, 32, 33 se muestra en la tabla 8 de la cual se puede determinar que el crecimiento porcentual del tráfico troncal interurbano promedio, que incluye tráfico de datos, internet y correspondiente a otros servicios del proveedor, para las principales ciudades del país es de aproximadamente 280% en 18 meses, sin embargo, se considerará también el valor de 300% para las troncales interurbanas tomando en cuenta que las ciudades más grandes crecen con una tendencia mayor que las más pequeñas, debido a que en las ciudades más grandes se concentran las matrices de las empresas, los servidores, la mayor cantidad de usuarios, entre otros. Para los proveedores que se enfocan a clientes corporativos, por la concentración de las matrices y sucursales principales de Quito y Guayaquil, las troncales hacia ciudades más pequeñas pueden llevar principalmente servicios de datos corporativos y en menor grado de internet. Sin embargo, para ciudades de tamaño considerable como Machala, Manta, Cuenca, Ambato, Loja, el tráfico de internet puede ser considerable por la presencia de ISPs pequeños que contratan capacidades de internet a proveedores más grandes, por eso es que las tendencias de crecimiento de tráfico tienden a variar entre las diferentes ciudades, principalmente según el tamaño de la ciudad o provincia.

Con los valores referenciales de capacidad hacia las diferentes provincias mostrados en la tabla 7 y con las tendencias de crecimiento mostradas en la

tabla 8, considerando el valor porcentual de crecimiento de 300% cada 18 meses se puede estimar el crecimiento que se tendría a 18 meses y 3 años, que es la ventana de tiempo de planificación de crecimiento que se ha determinado, esta estimación se muestra en la tabla 9.

Tabla 7

Datos de tráfico referenciales de uno de los proveedores de Internet más grandes del país ajustado al 20% de tráfico total nacional.

Provincia	Tráfico troncal referencial (Mbps)
AZUAY	<1000
BOLIVAR	<100
CAÑAR	<100
CARCHI	<100
CHIMBORAZO	<500
COTOPAXI	<100
EL ORO	<1000
ESMERALDAS	<100
GALAPAGOS	<100
GUAYAS	<2000
IMBABURA	<500
LOJA	<500
LOS RIOS	<100
MANABI	<1000
MORONA SANTIAGO	<100
NAPO	<100
ORELLANA	<100
PASTAZA	<100
PICHINCHA	punto de referencia
SANTA ELENA	<100
SANTO DOMINGO	<100
SUCUMBIOS	<100
TUNGURAHUA	<1000
ZAMORA CHINCHIPE	<100

Es importante mencionar que el tráfico troncal interurbano mostrado de manera referencial para el proveedor referencial corresponde a troncales interurbanas sobre plataformas IP/MPLS o MetroEthernet, pero no considera el tráfico de troncales existentes en plataformas *legacy* o tradicionales, montadas sobre tecnologías TDM (*Time División Multiplexing*), *Frame Relay* o ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), pues son tecnologías sobre las cuales se han detenido inversiones de crecimiento (se tiende a realizar sólo inversiones para mantenimiento de red) y la capacidad troncal de este tipo de plataformas tiene actualmente una tendencia decreciente.

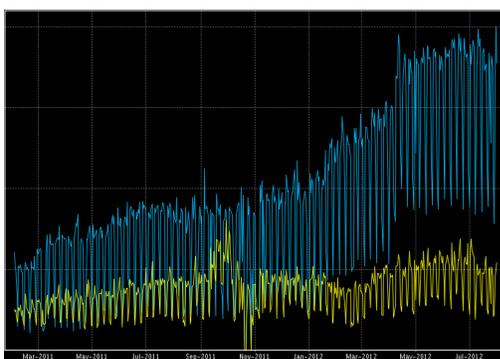


Figura 29. Tráfico troncal interurbana N° 1

(Datos del proveedor referencial)



Figura 30. Tráfico troncal interurbana N° 2

(Datos del proveedor referencial)

De acuerdo con la capacidad internacional estimada y con la capacidad interurbana requerida (según el tráfico estimado), se debe determinar el equipamiento necesario para soportar estas capacidades en las diferentes ciudades del país. Se considerará que el tráfico de cada provincia va a estar concentrado principalmente en la capital de cada provincia, por lo que se continuará haciendo referencia a las provincias en el diseño planteado en este proyecto.



Figura 31. Tráfico troncal interurbana N° 3

(Datos del proveedor referencial)

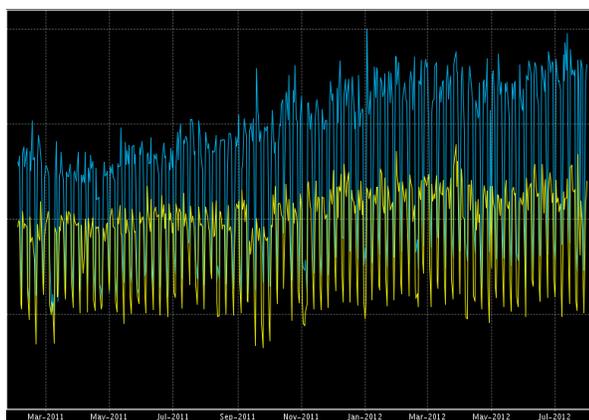


Figura 32. Tráfico troncal interurbana N° 4

(Datos del proveedor referencial)

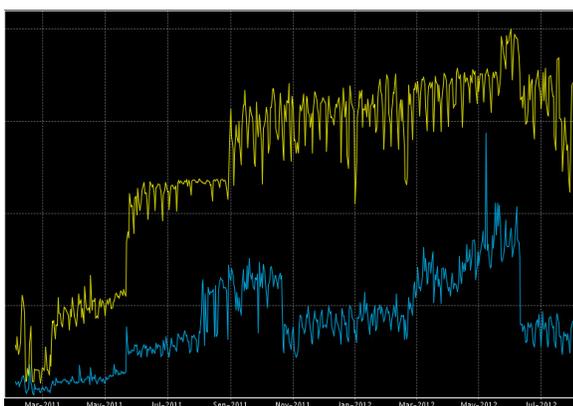


Figura 33. Tráfico troncal interurbana N° 5

(Datos del proveedor referencial)

Tabla 8

Tendencia de crecimiento de tráfico interurbano

Troncal Interurbana	Tráfico promedio hora pico (percentil 99) (sin unidades)		Crecimiento porcentual 18 meses
	Mes 0	Mes 18	
Troncal N°1	120	400	333
Troncal N°2	200	400	200
Troncal N°3	100	400	400
Troncal N°4	300	400	133
Troncal N°5	120	400	333
Promedio			280

(Datos del proveedor referencial)

Las consideraciones de ancho de banda son uno de los determinantes de selección de equipamiento en la planificación de la red MPLS y MetroEthernet nacional, sin embargo, existen parámetros también importantes que determinan la factibilidad de uso de un equipo u otro dentro de la red. Estos parámetros serán mencionados en las consideraciones de equipamiento.

Para el tráfico metropolitano, dentro de cada ciudad, se estima un crecimiento porcentual de capacidad también en el orden de 300% cada 18 meses, considerando el patrón de crecimiento del tráfico internacional y nacional, sin embargo, el crecimiento en los anillos metropolitanos no

necesariamente implica la compra de equipos con capacidades mayores, sino que se puede optar por implementar nuevos anillos de capacidades de 10Gbps o nx1Gbps dada la mayor facilidad de habilitar nuevos hilos de fibra óptica sobre las redes de planta externa ya desplegadas en cada ciudad y debido a las distancias cortas dentro de las ciudades. El costo de equipos de múltiples interfaces de 10GE para agregar enlaces en anillos de varios nodos puede ser mayor que utilizar varios equipos con pocas interfaces de 10GE e implementar anillos adicionales.

El tráfico entre los routers de borde y los switches MetroEthernet de la ciudad de Quito (y las similares consideraciones son para Guayaquil) del proveedor referencial equivale aproximadamente a la suma del tráfico internacional de Quito, que prácticamente incluye al tráfico de ciudades pequeñas que llegan a Quito, más el tráfico Quito-Guayaquil, más el tráfico local de la red MetroEthernet correspondiente a servicios de VPNs MPLS locales e internacionales.

El tráfico correspondiente a VPNs de MPLS se puede determinar restando el tráfico de internet (90% del tráfico internacional) del tráfico entre la red MPLS y la red MetroEthernet desde todas las interfaces de conexión entre la red MPLS y la red MetroEthernet, sin embargo, por confidencialidad estos valores absolutos no se presentan y el resultado final aproximado está en el orden del 31% del tráfico internacional (24% frente a 76%) pero se utilizará el valor estimado de 30% del tráfico internacional, estos datos se muestran en la figura 34.

Tabla 9

Tendencia de crecimiento de tráfico interurbano nacional

Provincia	Tráfico troncal referencial (Mbps)	Tráfico troncal estimado a 18 meses (Mbps) (crecimiento porcentual de 300% cada 18 meses)	Tráfico troncal estimado a 3 años (Mbps) (crecimiento porcentual de 300% cada 18 meses)
AZUAY	<1000	3000	9000
BOLIVAR	<100	300	900
CAÑAR	<100	300	900
CARCHI	<100	300	900
CHIMBORAZO	<500	1500	4500
COTOPAXI	<100	300	900
EL ORO	<1000	3000	9000
ESMERALDAS	<100	300	900
GALAPAGOS	<100	300	900
GUAYAS	<2000	6000	18000
IMBABURA	<500	1500	4500
LOJA	<500	1500	4500
LOS RIOS	<100	300	900
MANABI	<1000	3000	9000
MORONA SANTIAGO	<100	300	900
NAPO	<100	300	900
ORELLANA	<100	300	900
PASTAZA	<100	300	900
PICHINCHA	punto de referencia		
SANTA ELENA	<100	300	900
SANTO DOMINGO	<100	300	900
SUCUMBIOS	<100	300	900
TUNGURAHUA	<1000	3000	9000
ZAMORA	<100	300	900
CHINCHIPE			
Total	9000	27000	81000

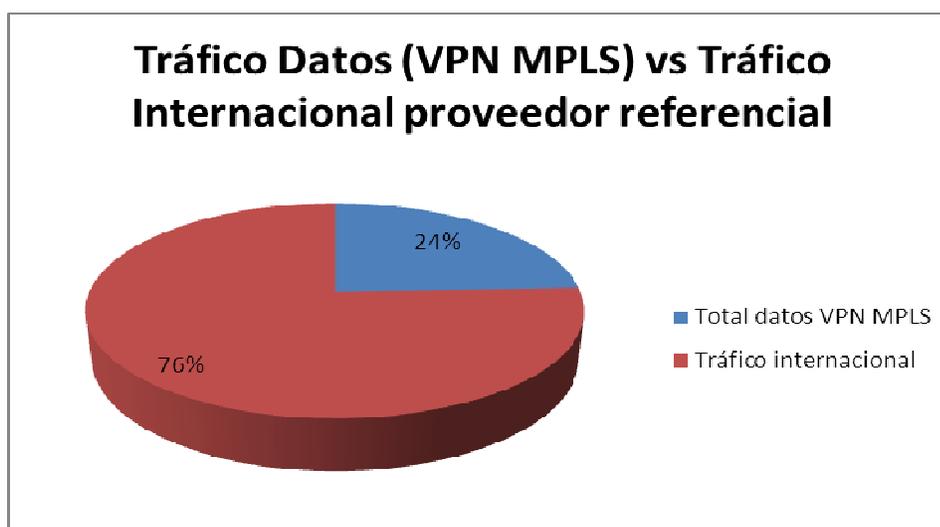


Figura 34. Tráfico MPLS VPN vs Tráfico Internacional para el proveedor de servicios referencial

(Datos del proveedor referencial)

Para el tráfico *LAN to LAN* que sólo atraviesa la red MetroEthernet se estima el equivalente al 50% de tráfico de VPNs capa 3, de acuerdo a la proporción de anchos de banda vendidos en servicios de datos para el proveedor referencial, sin embargo, no es posible determinar el tráfico real sumado de estos servicios de manera exclusiva. Tomando en cuenta estas consideraciones, en el numeral 2.4.2.1 se detallan los requerimientos de diseño y capacidad para cada uno de los elementos que forman parte de la topología de red mostrada en los anexos A1, A2, A3, B1, B2, B3 y C1, C2, C3.

2.4.2.1. DIMENSIONAMIENTO DE RED

Consideraciones generales:

- En el numeral 2.5 (Diseño de Red MPLS y MetroEthernet) se extienden explicaciones y consideraciones del diseño de red, sin embargo, a continuación se hace referencia a detalles de dimensionamiento relacionados con el diseño de red.

- La red diseñada contempla una red de transporte MPLS entre las ciudades más grandes con equipos de core y edge y conexiones redundantes para tener alta disponibilidad.
- Para las ciudades más grandes, Quito y Guayaquil, que van a manejar las troncales internacionales y concentrar el tráfico de otras ciudades se consideran ruteadores de *core* y *edge* MPLS en esquemas redundantes.
- Para las ciudades medianas en cuanto a manejo de tráfico, como son Ambato, Manta, Machala y Cuenca, se consideran ruteadores de *edge* (borde) en esquemas redundantes hacia la red de acceso y hacia la red de *core*.
- Para las ciudades más pequeñas (Tulcán, Ibarra, Puyo, Tena, Coca, Nueva Loja, Esmeraldas, Santo Domingo, Guaranda, Riobamba, Latacunga, Santa Cruz (Galápagos), Santa Elena, Babahoyo, Azogues, Macas, Zamora, Loja) se consideran anillos MetroEthernet concentrados en las ciudades de Quito o Guayaquil, pues generalmente el tráfico de las ciudades más pequeñas corresponde a tráfico de internet o tráfico de datos principalmente concentrado en agencias matrices ubicadas en Quito o Guayaquil, por lo que no se consideran equipos de *core* o *edge* MPLS. La entrega de servicios locales se haría sólo por red MetroEthernet.
- La red de distribución y acceso está conformada por anillos de switches Metroethernet con concentradores principales redundantes para tener alta disponibilidad. A pesar de que los switches MetroEthernet podrían configurarse como ruteadores de borde de MPLS, se los considera sólo como equipos MetroEthernet de capa 2, por ventajas en costo-desempeño al no tener que incurrir en costos adicionales por software y

licencias para manejo de MPLS y al tener que procesar únicamente tramas en capa 2 y facilitar la entrega de cualquier tipo de servicio.

- La topología de red tiene elementos redundantes en los equipos de *core* (núcleo) de la red MPLS y en los equipos de borde. Se diseña la red MPLS de manera jerárquica en dos capas: *core* (núcleo) y *edge* (borde), pues por seguridad, escalabilidad, flexibilidad y facilidad de operación se hace esta separación. Esta separación de los roles de los ruteadores de la red MPLS permite que los ruteadores de *core* manejen la agregación de tráfico de los usuarios sin necesidad de tener que hacer mayores configuraciones en el día a día en estos equipos y que sólo se dediquen al procesamiento de los paquetes en función de sus etiquetas, con configuraciones generales de calidad de servicio y sin la configuración en ellos de VPNs o políticas de QoS, enrutamiento, etc., particulares para cada cliente, facilitando la operación y disminuyendo la probabilidad de fallas por configuración o manipulación sobre los equipos de *core*. Los ruteadores de borde también tienen esquemas redundantes en equipamiento y conexiones hacia los ruteadores de *core*, pero en ellos sí se van a realizar configuraciones de VPNs de clientes, enrutamiento, políticas de calidad de servicio (QoS), etc. particulares para cada cliente. Al ser equipos de borde van a tener que procesar paquetes con etiquetas de MPLS desde y hacia la red MPLS y también paquetes sin etiquetas que provienen y van hacia cada cliente.

2.4.2.1.1. REQUERIMIENTO Y CONSIDERACIONES DE DIMENSIONAMIENTO PARA LA FASE INICIAL

En la figura 35 se muestra el diseño de red en la fase inicial para las ciudades de Quito y Guayaquil (corresponde a la figura del Anexo A1).

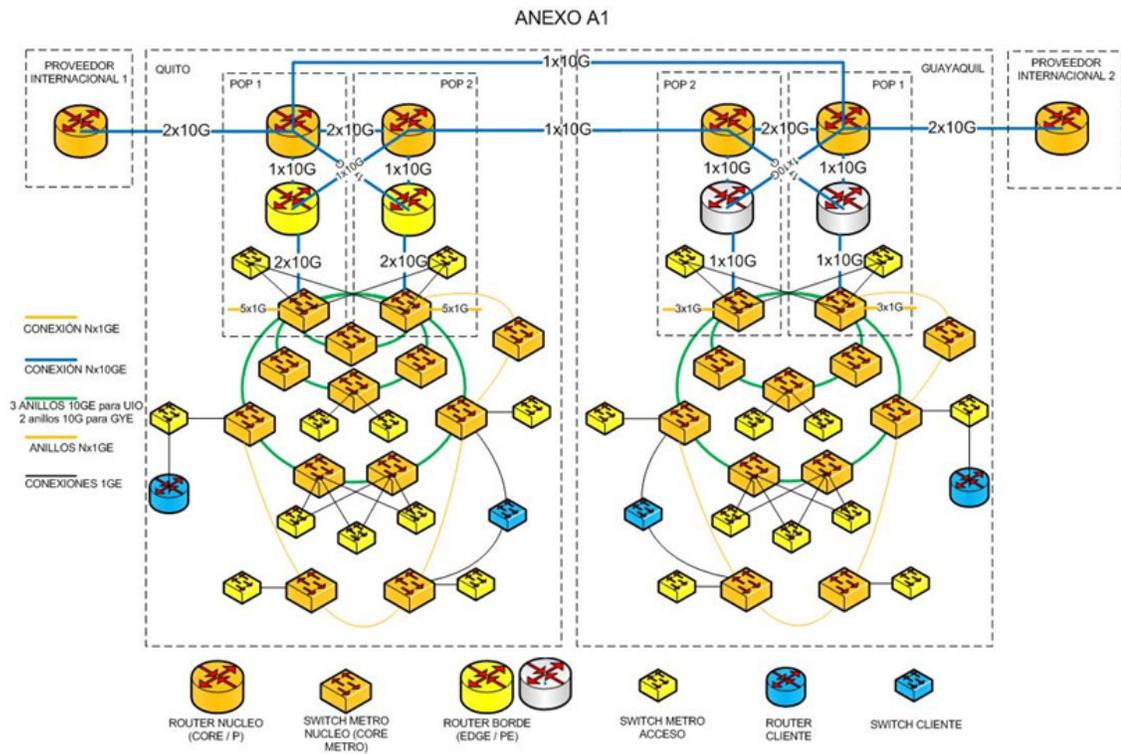


Figura 35. Diseño de red en la fase inicial para las ciudades de Quito y Guayaquil (Anexo A1)

La figura 36 muestra el diseño de red en la fase inicial para las ciudades de Ambato, Manta, Machala y Cuenca (corresponde a la figura del Anexo B1).

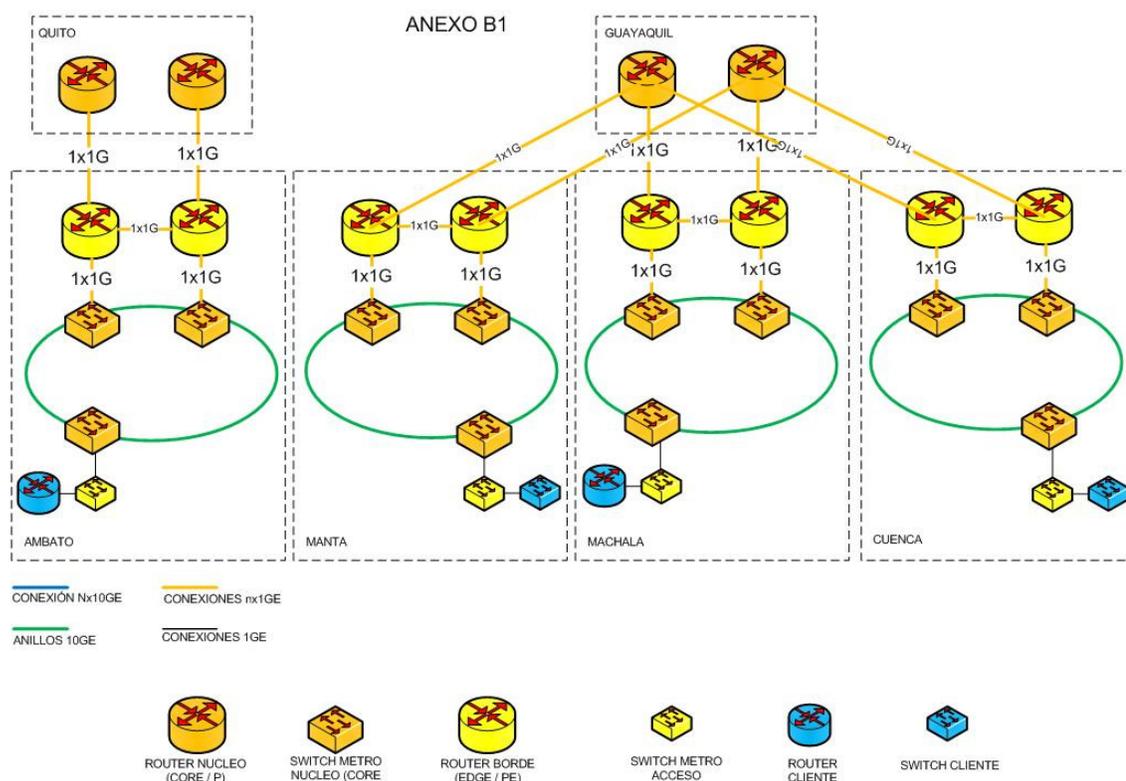


Figura 36. Diseño de red en la fase inicial para las ciudades de Ambato, Manta, Machala y Cuenca (Anexo B1)

La figura 37 muestra el diseño de red para la fase inicial para las ciudades de Tulcán, Ibarra, Puyo, Tena, Coca, Nueva Loja, Esmeraldas, Santo Domingo, Guaranda, Riobamba, Latacunga, Santa Cruz (Galápagos), Santa Elena, Babahoyo, Azogues, Macas, Zamora, Loja (corresponde a la figura del Anexo C1).

El detalle del diseño y dimensionamiento se muestra a continuación tomando fragmentos de las figuras 35 (Anexo A1), 36 (Anexo B1) y 37 (Anexo C1), encerrando en un círculo de color rojo los elementos en consideración para destacar su ubicación en el diagrama de red. Los diseños de red para luego de 18 meses (anexos A2, B2 y C2) y luego de 3 años (A3, B3 y C3) básicamente

mantienen la topología pero las capacidades van a incrementarse en el orden de 300% cada 18 meses.

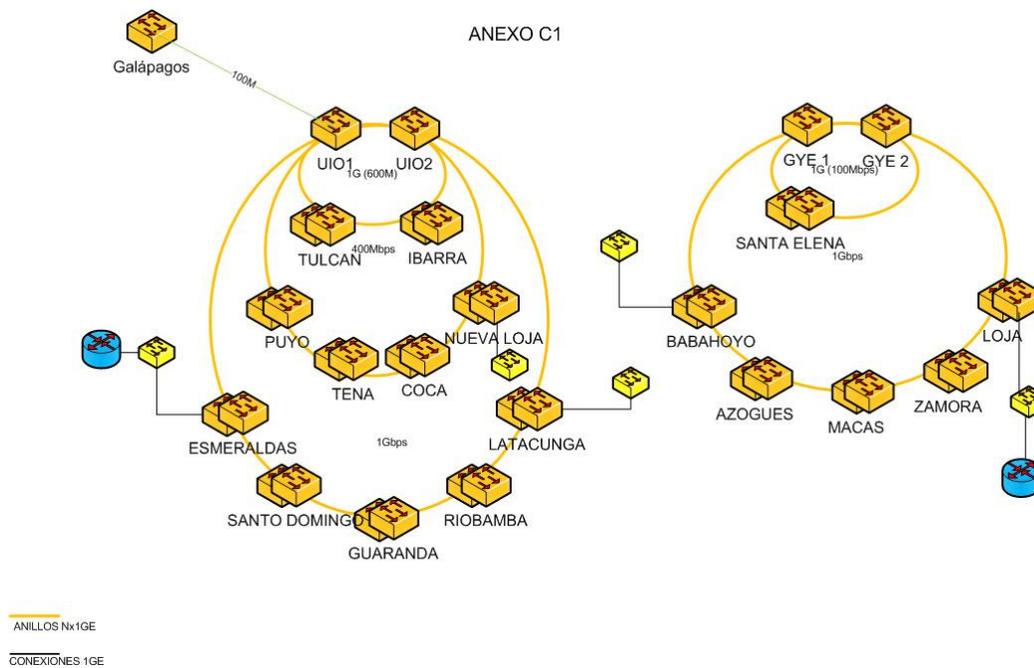


Figura 37. Diseño de red en la fase inicial para las ciudades de Tulcán, Ibarra, Puyo, Tena, Coca, Nueva Loja, Esmeraldas, Santo Domingo, Guaranda, Riobamba, Latacunga, Santa Cruz (Galápagos), Santa Elena, Babahoyo, Azogues, Macas, Zamora, Loja (Anexo C1)

Tráfico Internacional Total Ecuador (Item N° 1 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 6. Para la fase inicial el tráfico internacional corresponde a 97,5Gbps aproximadamente.

Tráfico Internacional Proveedor (Item N° 2 de pabla 10):

Estimación de tráfico internacional para el proveedor de servicios con el 20% de participación del tráfico internacional de Ecuador (datos de la tabla 6),

es decir, aproximadamente 19,5Gbps de tráfico inicialmente, 58,5Gbps a 18 meses y 175,5Gbps a 3 años. Las capacidades de las troncales internacionales necesarias para soportar este tráfico serían 2x10Gbps tanto por Quito como por Guayaquil para la situación actual, 6x10Gbps en 18 meses y 18x10Gbps en 3 años; si una de ellas falla la otra puede soportar todo el tráfico. En la figura 38 se muestra el fragmento del Anexo A1 destacando la capacidad internacional.

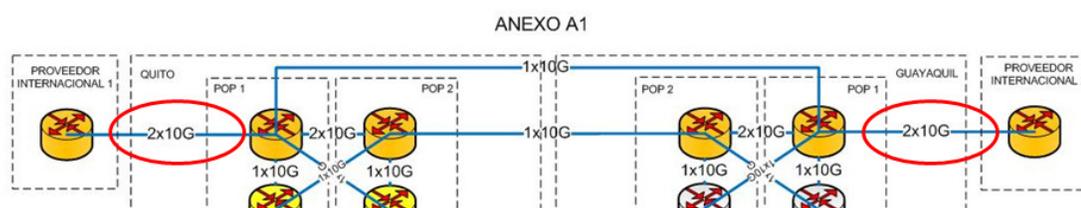


Figura 38. Fragmento Anexo A1: Capacidad Internacional

Troncal Internacional Quito (Item N° 3 de tabla 10):

Corresponde al 65% del tráfico internacional del proveedor de acuerdo con consideraciones relacionadas con la figura 25, es decir 12,7Gbps aproximadamente para la fase inicial.

Troncal Internacional Guayaquil (Item N° 4 de tabla 10):

Corresponde al 35% del tráfico internacional del proveedor de acuerdo con consideraciones relacionadas con la figura 25, es decir 6,8Gbps aproximadamente para la fase inicial.

Troncal Quito-Guayaquil (datos) (Item N° 5 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Para la fase inicial son 2Gbps.

Troncal Quito-Guayaquil total, caso crítico (Item N° 6 de tabla 10):

Corresponde a la suma del tráfico internacional por la troncal internacional de Quito (ítem N° 3 de la tabla 10) más el tráfico de datos entre Quito y Guayaquil (ítem 5 de la tabla 10). Se refiere al caso crítico, pues si llega a fallar la troncal internacional de Quito, que es la troncal internacional con más tráfico, todo ese tráfico deberá enrutarse por la troncal Quito-Guayaquil para utilizar la troncal internacional de Guayaquil. Como ejemplo en el diseño inicial: si la troncal internacional de Quito falla con 12,7Gbps de tráfico, este tráfico se sumaría a los 2Gbps de tráfico de datos, dando un total de 14,7 Gbps que deberían ser soportados por la troncal Quito-Guayaquil, en el diseño se considera una capacidad de 2 x 10Gbps para la troncal Quito Guayaquil. En caso de que la troncal internacional de Guayaquil fallara, la troncal Quito-Guayaquil (de 2 x10Gbps) soportaría sin problema el tráfico internacional de 6,8Gbps más los 2Gbps de datos. Debido a estas consideraciones y por el diseño de red las conexiones entre los ruteadores de *Core* de Quito y Guayaquil también deben haber conexiones de 2 x 10Gbps. En la figura 39 se muestra un fragmento del Anexo A1 destacando la capacidad Quito-Guayaquil y la conexión entre ruteadores de core en Quito y Guayaquil.

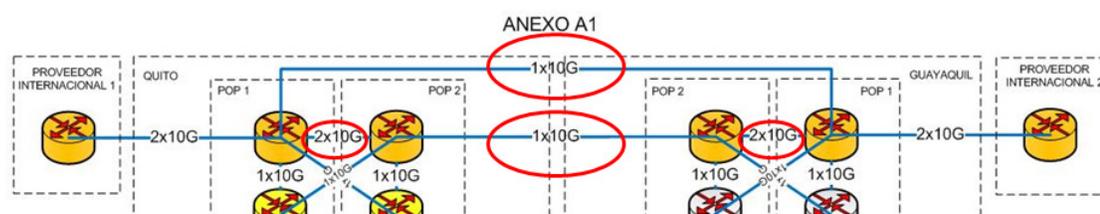


Figura 39. Fragmento Anexo A1: Capacidad Quito-Guayaquil y conexión entre equipos de core

Azuay-GYE (Ítem N° 7 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Como ejemplo para el diseño inicial, las troncales interurbanas desde Cuenca a Guayaquil tendrían la misma capacidad de 1Gbps y por el diseño redundante los dos ruteadores de borde deben tener una conexión de esa misma capacidad (1Gbps), al igual que las conexiones hacia la red de acceso MetroEthernet, formada por un anillo de fibra óptica entre los nodos de 10Gbps, con lo que se soportaría incluso el crecimiento a 3 años, considerando que la mayor parte del tráfico es de Internet o de datos interurbanos. En la figura 40 se muestra un fragmento del Anexo B1 destacando la capacidad redundante Cuenca-Guayaquil y las conexiones de los ruteadores de borde en Cuenca.

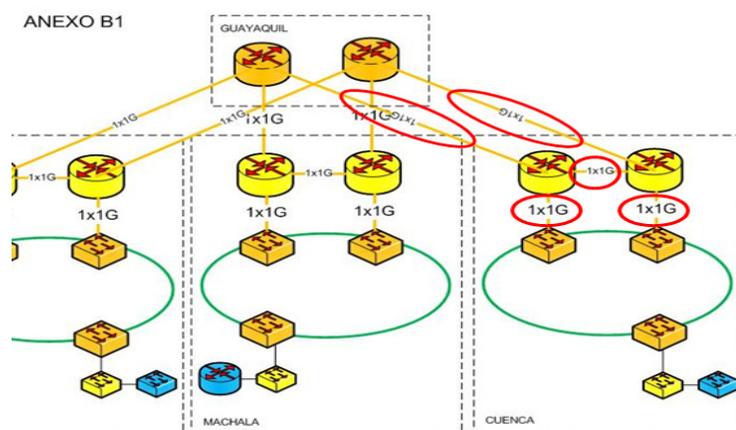


Figura 40. Fragmento Anexo B1: Capacidad Cuenca-Guayaquil y conexión entre equipos

El Oro-GYE (Item N° 9 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Como ejemplo para el diseño inicial, las troncales interurbanas desde Machala hacia Guayaquil tendrían la misma capacidad de 1Gbps y por el diseño redundante los dos ruteadores de borde deben tener una conexión de esa misma capacidad (1Gbps), al igual que las

conexiones hacia la red de acceso MetroEthernet que estaría formada por un anillo de fibra óptica entre los nodos de 10Gbps, con lo que se podría soportar incluso el crecimiento a 3 años, considerando que la mayor parte del tráfico es de Internet o de datos interurbanos. En la figura 41 se muestra un fragmento del Anexo B1 destacando la capacidad redundante Machala-Guayaquil y las conexiones de los routers de borde en Machala.

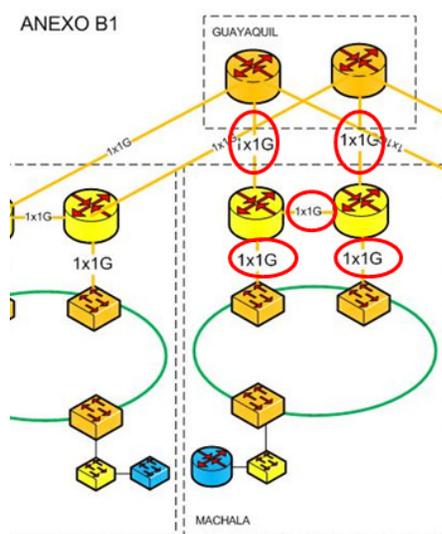


Figura 41. Fragmento Anexo B1: Capacidad Machala-Guayaquil y conexión entre equipos

Manabí-GYE (Item N° 13 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Como ejemplo para el diseño inicial, las troncales interurbanas desde Manta hacia Guayaquil tendrían la misma capacidad de 1Gbps y por el diseño redundante los dos routers de borde deben tener una conexión de esa misma capacidad (1Gbps), al igual que las conexiones hacia la red de acceso MetroEthernet que estaría formada por un anillo de fibra óptica entre los nodos de 10Gbps, con lo que se podría soportar

incluso el crecimiento a 3 años, considerando que la mayor parte del tráfico es de Internet o de datos interurbanos. En la figura 42 se muestra un fragmento del Anexo B1 destacando la capacidad redundante Manta-Guayaquil y las conexiones de los routers de borde en Manta.

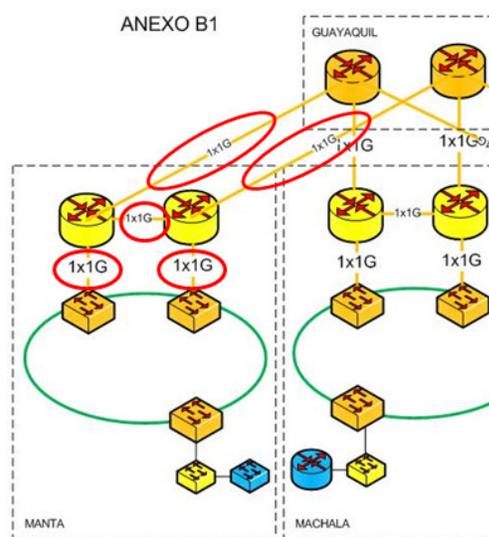


Figura 42. Fragmento Anexo B1: Capacidad Manta-Guayaquil y conexión entre equipos

Tungurahua-UIO (Item N° 31 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Como ejemplo para el diseño inicial, las troncales interurbanas desde Ambato hacia Quito tendrían la misma capacidad de 1Gbps y por el diseño redundante los dos routers de borde deben tener una conexión de esa misma capacidad (1Gbps), al igual que las conexiones hacia la red de acceso MetroEthernet que estaría formada por un anillo de fibra óptica entre los nodos de 10Gbps, con lo que se podría soportar incluso el crecimiento a 3 años, considerando que la mayor parte del tráfico es de Internet o de datos interurbanos. En la figura 43 se muestra un fragmento del Anexo B1

ANEXO C1

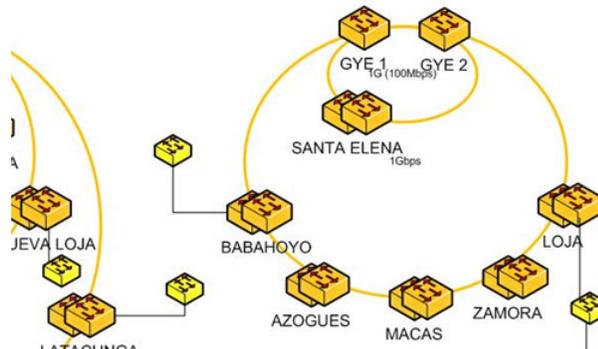


Figura 44. Fragmento Anexo C1: Anillo Guayaquil-Babahoyo-Azogues-Macas-Zamora-Loja-Guayaquil

Santa Elena-GYE (Item N° 15 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Debido a la ubicación geográfica y la disponibilidad de redes ópticas en el país (ver figuras 92, 93, 94 y 95), se formaría un anillo MetroEthernet de 100Mbps con interfaces de 1Gbps Santa Elena-Guayaquil. En la figura 45 se muestra un fragmento del Anexo C1 destacando el anillo MetroEthernet formado entre Guayaquil y Santa Elena.

ANEXO C1



Figura 45. Fragmento Anexo C1: Anillo Guayaquil-Santa Elena-Guayaquil

Bolívar-UIO (Item N° 18 de tabla 10), Chimborazo-UIO (Item N° 20 de tabla 10), Cotopaxi-UIO (Item N° 21 de tabla 10), Esmeraldas-UIO (Item N° 22 de tabla 10), Santo Domingo-UIO (Item N°29 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Debido a la ubicación geográfica y la disponibilidad de redes ópticas en el país entre estos sitios (ver figuras 92, 93, 94 y 95), se formaría un anillo MetroEthernet Quito-Latacunga-Riobamba-Guaranda-Santo Domingo-Esmeraldas-Quito. Para el diseño inicial, la suma de tráfico troncal interurbano de estos sitios es de 900 Mbps, por lo que se formaría un anillo de 1 Gbps concentrado en Quito. En la figura 46 se muestra un fragmento del Anexo C1 destacando el anillo MetroEthernet formado entre Quito-Latacunga-Riobamba-Guaranda-Santo Domingo-Esmeraldas-Quito.

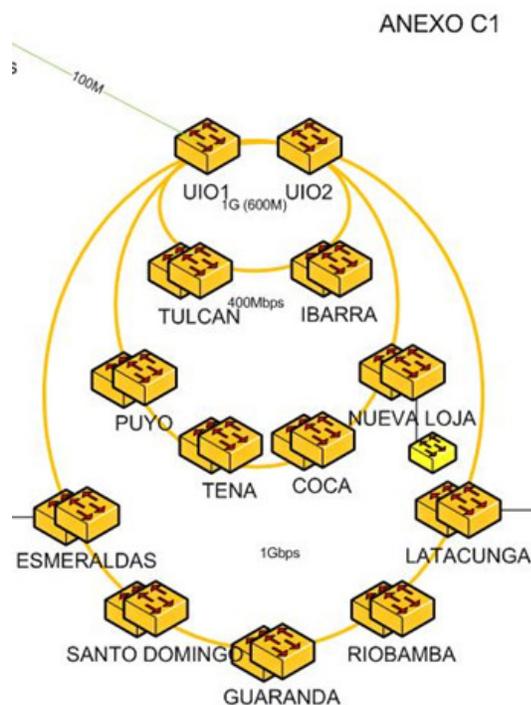


Figura 46. Fragmento Anexo C1: Anillo Quito-Latacunga-Riobamba-Guaranda-Santo Domingo-Esmeraldas-Quito.

Carchi-UIO (Item N° 19 de tabla 10), Imbabura-UIO (Item N° 24 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Debido a la ubicación geográfica y la disponibilidad de redes ópticas en el país entre estos sitios (ver figuras 92, 93, 94 y 95), se formaría un anillo MetroEthernet Quito-Ibarra-Tulcán-Quito. Para el diseño inicial, la suma de tráfico troncal interurbano de estos sitios es de 600 Mbps, por lo que se formaría un anillo de 1 Gbps concentrado en Quito. En la figura 47 se muestra un fragmento del Anexo C1 destacando el anillo MetroEthernet formado entre Quito-Ibarra-Tulcán-Quito.

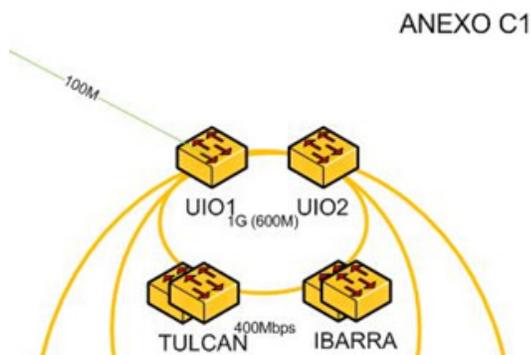


Figura 47. Fragmento Anexo C1: Anillo Quito-Ibarra-Tulcán-Quito.

Napo-UIO (Item N° 25 de tabla 10), Orellana-UIO (Item N° 26 de tabla 10), Pastaza-UIO (Item N° 27 de tabla 10), Sucumbios-UIO (Item N° 30 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Debido a la ubicación geográfica y la disponibilidad de redes ópticas en el país entre estos sitios (ver figuras 92, 93, 94 y 95), se formaría un anillo MetroEthernet Quito-Puyo-Tena-Coca-Nueva Loja-Quito. Para el diseño inicial, la suma de tráfico troncal interurbano de estos sitios es de 400 Mbps, por lo que se formaría un anillo de 1 Gbps concentrado

en Quito. En la figura 48 se muestra un fragmento del Anexo C1 destacando el anillo MetroEthernet formado entre Quito-Puyo-Tena-Coca-Nueva Loja-Quito.

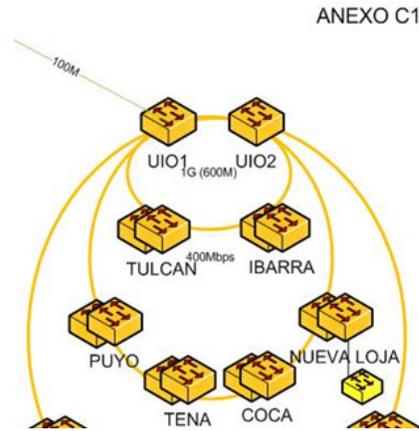


Figura 48. Fragmento Anexo C1: Anillo Quito-Puyo-Tena-Coca-Nueva Loja-Quito.

Galápagos-UIO (Item N° 23 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Enlace satelital Galápagos-Quito. En la figura 49 se muestra un fragmento del Anexo C1 destacando el enlace Galápagos-Quito con 100Mbps de capacidad.

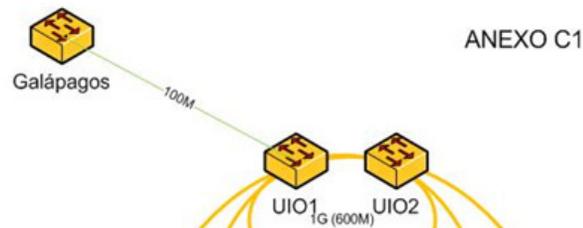


Figura 49. Fragmento Anexo C1: Enlace troncal Galápagos-Quito.

Tráfico local Metro UIO (VPNs MPLS L3) (Item N° 33 de tabla 10):

Datos del proveedor referencial relacionados con la figura 34, es decir, 3,8Gbps aproximadamente para la fase inicial.

Tráfico local Metro GYE (VPNs MPLS L3) (Item N° 34 de tabla 10):

Datos del proveedor referencial relacionados con la figura 34, es decir, 2Gbps aproximadamente para la fase inicial.

Tráfico local Metro Quito (LAN to LAN) (Item N° 35 de tabla 10):

Datos del proveedor referencial, el tráfico *LAN to LAN* que sólo atraviesa la red MetroEthernet se estima el equivalente al 50% de tráfico de VPNs capa 3, es decir, 1,9Gbps aproximadamente para la fase inicial.

Tráfico local Metro Guayaquil (LAN to LAN) (Item N° 36 de tabla 10):

Datos del proveedor referencial, el tráfico *LAN to LAN* que sólo atraviesa la red MetroEthernet se estima el equivalente al 50% de tráfico de VPNs capa 3, es decir, 1Gbps aproximadamente para la fase inicial.

Routers Edge Quito (Item N° 37 de tabla 10):

El tráfico total que atravesaría los ruteadores de borde de Quito sería igual a la suma de tráfico de la Troncal Internacional Quito (ítem 3 de la tabla 10), más el tráfico de la Troncal Quito-Guayaquil (datos) (ítem 5 de la tabla 10), más el tráfico Total Tráfico Ciudades hacia Quito (ítem 32 de la tabla 10), más el Tráfico local Metro UIO (VPNs MPLS L3) (ítem 33 de la tabla 10). Cada *router* de *edge* en Quito manejaría en operación normal la mitad del tráfico aprox. Para la fase inicial el tráfico total que atravesaría los *routers* de borde en condiciones de normal operación de la red sería de 21,5Gbps aprox., cada ruteador de

borde tendría 10,8 Gbps aprox. de tráfico, se considerará entonces 1x10G hacia cada router de core balanceando y a manera de redundancia, considerando que a mayor tráfico la multiplexación estadística es más eficiente. Considerando que menos de la mitad de clientes solicita configuraciones de servicios contra routers de *edge* redundante (datos del proveedor referencial), cada router de *edge* manejaría hasta el 75% del tráfico total en caso de que el otro *router* de borde falle, entonces serían 16,5 Gbps aprox., entonces serían 2x10G desde cada *router* de *edge* hacia la red MetroEthernet. En la figura 50 se muestra un fragmento del Anexo A1 destacando las conexiones de los routers de borde de Quito.

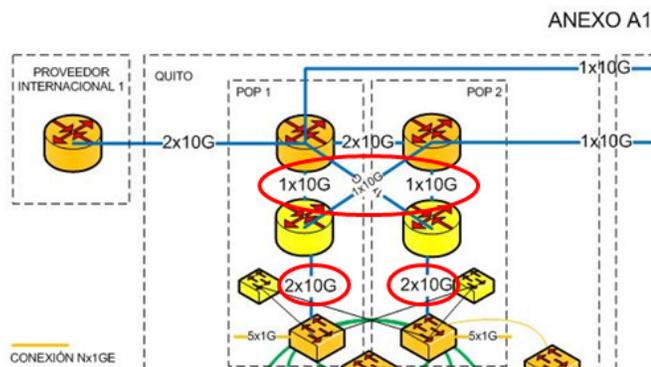


Figura 50. Fragmento Anexo A1: Conexiones de routers de borde en Quito

***Routers Edge* Guayaquil (Item N° 38 de tabla 10):**

El tráfico total que atravesaría los routers de borde de Guayaquil sería igual a la suma de tráfico de la Troncal Internacional Guayaquil (ítem 4 de la tabla 10), más el tráfico de la Troncal Quito-Guayaquil (datos) (ítem 5 de la tabla 10), más el Total de Tráfico Ciudades hacia Guayaquil (ítem 17 de la tabla 10), más el Tráfico local Metro GYE (VPNs MPLS L3) (ítem 34 de la tabla 10). Cada

router de *edge* en Guayaquil manejaría en operación normal la mitad del tráfico aproximadamente. Es decir, para la fase inicial el tráfico total que atravesaría los routers de borde en condiciones de normal operación de la red sería de 14,9Gbps aproximadamente, cada ruteador de borde tendría 7,4 Gbps aprox. de tráfico, se considerará 1x10G hacia cada ruteador de core balanceando y a manera de redundancia. Considerando que menos de la mitad de clientes solicita configuraciones de edge redundante, cada *router* de *edge* manejaría hasta el 75% de este tráfico en caso de que el otro router de edge falle, entonces serían 10,9 Gbps aprox., entonces se considera sólo 1x10G hacia la Metro, considerando que es tráfico estadístico y que a más tráfico se puede optimizar más el uso. En la figura 51 se muestra un fragmento del Anexo A1 destacando las conexiones de los ruteadores de borde de Guayaquil.

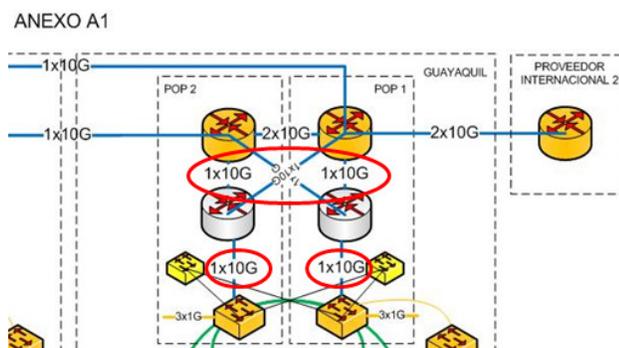


Figura 51. Fragmento Anexo A1: Conexiones de ruteadores de borde en Quito

Routers Core Quito (Item N° 39 de tabla 10):

El tráfico total que estarían llegando eventualmente a manejar los *routers* de *core* de Quito sería igual a la suma del Tráfico internacional proveedor (ítem 2 de la tabla 10), más el tráfico de la Troncal Quito-Guayaquil (datos) (ítem 5 de la tabla 10), más el tráfico Total Ciudades hacia Quito (ítem 32 de la tabla 10) y

más el Tráfico local Metro UIO (VPNs MPLS L3) (ítem 33 de la tabla 10), siendo para la fase inicial 28,3Gbps.

Routers Core Guayaquil (Item N° 40 de tabla 10):

El tráfico total que estarían llegando eventualmente a manejar los *routers* de *core* de Guayaquil sería igual a la suma del Tráfico internacional proveedor (ítem 2 de la tabla 10), más el tráfico de la Troncal Quito-Guayaquil (datos) (ítem 5 de la tabla 10), más el Total de Tráfico Ciudades hacia Guayaquil (ítem 17 de la tabla 10) y más el Tráfico local Metro GYE (VPNs MPLS L3) (ítem 34 de la tabla 10), siendo para la fase inicial 27,6Gbps.

Concentradores Core Metro Quito (Item N° 41 de tabla 10) y Capacidad en puertos tributarios en switches concentradores Metro en nodos principales de UIO (Item N° 43 de tabla 10):

El tráfico que manejarían los switches concentradores Metro de los nodos principales desde y hacia otros nodos, es decir, a través de anillos Metropolitanos es igual a la suma del Tráfico Local Metro Quito (*LAN to LAN*) (ítem 35 de la tabla 10), más una fracción del Tráfico Troncal Internacional Quito (ítem 3 de la tabla 10), más el Tráfico Troncal Quito-Guayaquil (datos) (ítem 5 de la tabla 10), más el Tráfico Total Ciudades hacia Quito (ítem 32 de la tabla 10) y más el Tráfico local Metro UIO (VPNs MPLS L3) (ítem 33 de la tabla 10). De los ítems 3, 5, 32 y 33 de la tabla 10 se estima que el 40% del tráfico corresponde a servicios con accesos en los dos nodos principales que tienen conexiones a la red MPLS, pues son 10 nodos y los dos nodos principales corresponderían en una distribución proporcional entre los nodos al 20% del tráfico, sin embargo, se estima el 40% pues los dos nodos principales tienen el mayor despliegue de cables de fibra óptica de alta densidad de hilos y son los nodos que permitirían ofrecer servicios de Datacenter. De esta manera no implica la creación de nuevos anillos Metro de alta capacidad para los servicios

que llegan con accesos directamente a estos nodos. Entonces, sólo para el 60% del tráfico de los ítems 3, 5, 32 y 33 de la tabla 10, junto con todo el tráfico local *LAN to LAN* de Quito implicaría la implementación de anillos MetroEthernet de alta capacidad. Se estimarían entonces 2 anillos de 10Gbps para la fase inicial, pues el resultado es 14,8Gbps aprox., pero por la topología de la red de planta externa de Quito, debido a la geografía alargada de Quito, se considerarán 3 anillos de 10Gbps, uno en la zona Norte, uno en la zona Sur y otro en la zona Centro-Norte.

Adicionalmente, considerando que el 40% del tráfico de los ítems 3, 5, 32 y 33 de la tabla 10 llegaría directamente a estos nodos principales a través de las redes de acceso complementarias (red de acceso GPON), se debería disponer de interfaces de conexión entre los switches Metro y la red de acceso que puedan manejar 8,6Gbps aprox. para la fase inicial, es decir, se plantearán al menos 5 conexiones de 1Gbps en cada switch concentrador de *core* Metro hacia la red de acceso. En la figura 52 se muestra un fragmento del Anexo A1 destacando los anillos Metro de Quito y las conexiones hacia la red de acceso.

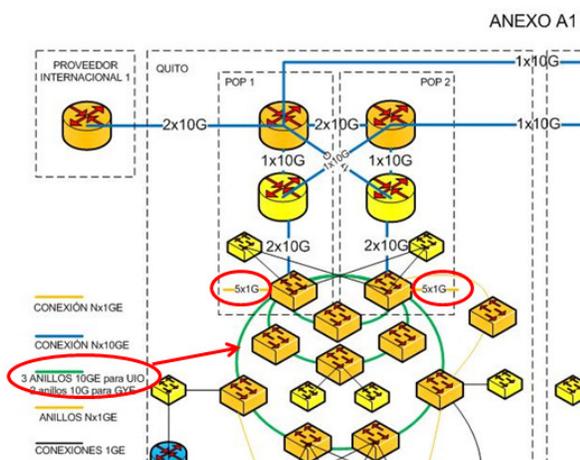


Figura 52. Fragmento Anexo A1: Anillos Metro Quito y conexiones a red de acceso.

Concentradores Core Metro Guayaquil (Item N° 42 de tabla 10) y Capacidad en puertos tributarios en switches concentradores Metro en nodos principales de GYE (Item N° 44 de tabla 10):

El tráfico que eventualmente manejarían los switches concentradores Metro de los nodos principales de Guayaquil desde y hacia otros nodos, es decir a través de anillos Metropolitanos, es igual a la suma del Tráfico Local Metro Guayaquil (*LAN to LAN*) (ítem 36 de la tabla 10), más una fracción del Tráfico Troncal Internacional Guayaquil (ítem 4 de la tabla 10), más el Tráfico Troncal Quito-Guayaquil (datos) (ítem 5 de la tabla 10), más el Tráfico Total Ciudades hacia Guayaquil (ítem 17 de la tabla 10) y más el Tráfico local Metro GYE (VPNs MPLS L3) (ítem 34 de la tabla 10). De los ítems 4, 5, 17 y 34 de la tabla 10 se estima que el 40% del tráfico corresponde a servicios con accesos en los dos nodos principales que tienen conexiones a la red MPLS, pues son 8 nodos Metro en Guayaquil y los dos nodos principales corresponderían en una distribución proporcional entre los nodos al 25% del tráfico, sin embargo, se estima el 40% pues estos dos nodos principales son los que tienen el mayor despliegue de cables de fibra óptica de alta densidad de hilos y son los nodos que permitirían ofrecer servicios de Datacenter. De esta manera no implica la creación de nuevos anillos Metro de alta capacidad para los servicios que llegan con accesos directamente a estos nodos. Entonces, sólo para el 60% del tráfico de los ítems 4, 5, 17 y 34 de la tabla 10, junto con todo el tráfico local *LAN to LAN* de Guayaquil implicaría la implementación de anillos MetroEthernet de alta capacidad. Entonces, se estimaría un 1 anillo de 10Gbps, pero por la topología de la planta externa de fibra óptica se consideran 2 anillos de 10Gbps.

Adicionalmente, considerando que el 40% del tráfico de los ítems 4, 5, 17 y 34 de la tabla 10 llegaría directamente a estos nodos principales a través de las redes de acceso complementarias (para nuestro caso se considerará red de acceso GPON), se debería disponer de interfaces de conexión entre estos

switches Metro y la red de acceso GPON que puedan manejar 6Gbps aprox. para la fase inicial, es decir, se plantearán al menos 3 conexiones de 1Gbps en cada switch concentrador de core Metro hacia las redes de acceso GPON en Guayaquil. En la figura 53 se muestra un fragmento del Anexo A1 destacando los anillos Metro de Guayaquil y las conexiones hacia red de acceso GPON.

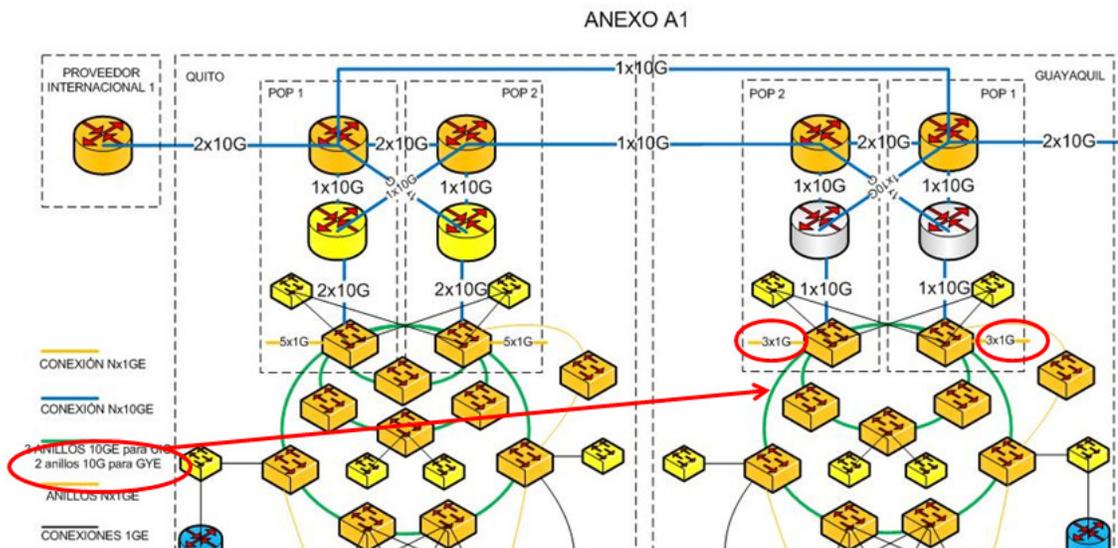


Figura 53. Fragmento Anexo A1: Anillos Metro Guayaquil y conexiones a red de acceso.

2.4.2.1.2. REQUERIMIENTO Y CONSIDERACIONES DE DIMENSIONAMIENTO PARA LUEGO DE 18 MESES

En la figura 54 se muestra el diseño de red para luego de 18 meses para las ciudades de Quito y Guayaquil (corresponde a la figura del Anexo A2).

La figura 55 muestra el diseño de red para luego de 18 meses para las ciudades de Ambato, Manta, Machala y Cuenca (corresponde a la figura del Anexo B2).

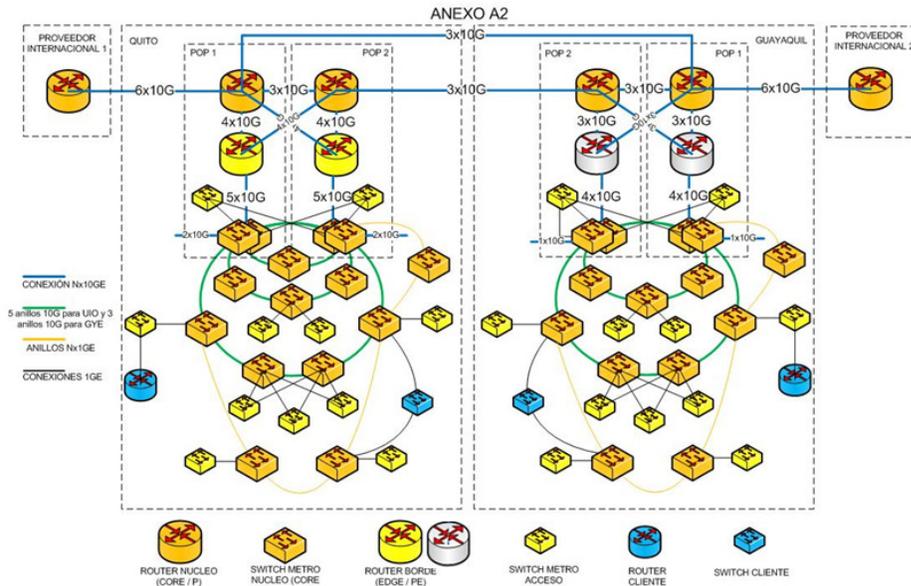


Figura 54. Diseño de red luego de 18 meses para las ciudades de Quito y Guayaquil (Anexo A2)

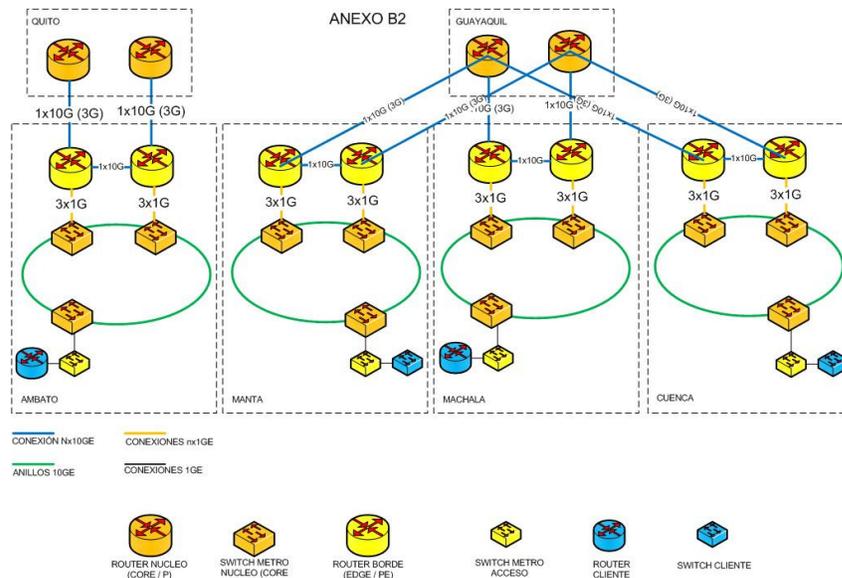


Figura 55. Diseño de red luego de 18 meses para las ciudades de Ambato, Manta, Machala y Cuenca (Anexo B2)

La figura 56 muestra el diseño de red para luego de 18 meses para las ciudades de Tulcán, Ibarra, Puyo, Tena, Coca, Nueva Loja, Esmeraldas, Santo Domingo, Guaranda, Riobamba, Latacunga, Santa Cruz (Galápagos), Santa Elena, Babahoyo, Azogues, Macas, Zamora, Loja (corresponde a la figura del Anexo C2).

ANEXO C2

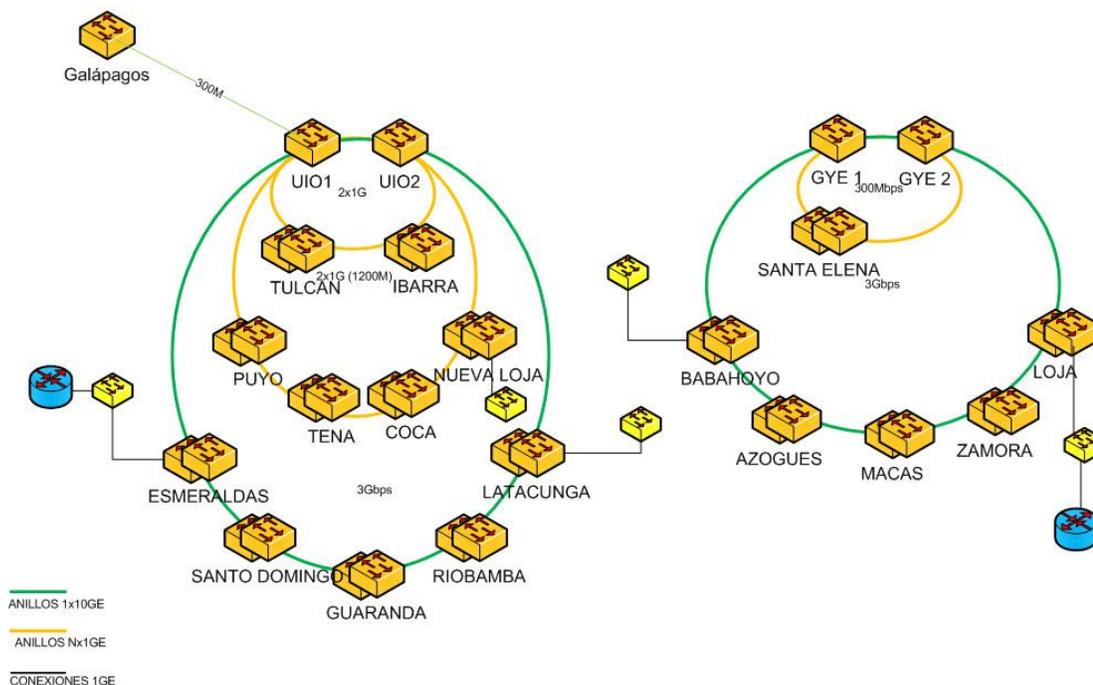


Figura 56. Diseño de red luego de 18 meses para las ciudades de Tulcán, Ibarra, Puyo, Tena, Coca, Nueva Loja, Esmeraldas, Santo Domingo, Guaranda, Riobamba, Latacunga, Santa Cruz (Galápagos), Santa Elena, Babahoyo, Azogues, Macas, Zamora, Loja (Anexo C2)

El detalle del diseño y dimensionamiento se muestra a continuación tomando fragmentos de las figuras 54 (Anexo A2), 55 (Anexo B2) y 56 (Anexo C2), encerrando en círculo de color rojo los elementos considerados destacando su ubicación en el diagrama de red.

Tráfico Internacional Total Ecuador (Item N° 1 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 6. Para luego de 18 meses el tráfico internacional corresponde a 292,5Gbps aproximadamente.

Tráfico Internacional Proveedor (Item N° 2 de pabla 10):

Estimación de tráfico internacional para el proveedor de servicios con el 20% de participación del tráfico internacional de Ecuador (datos de la tabla 6), es decir, aproximadamente 58,5Gbps luego de 18 meses. La capacidad de las troncales internacionales necesaria para soportar este tráfico sería de 6x10Gbps tanto por Quito como por Guayaquil a manera de redundancia. En la figura 57 se muestra el fragmento del Anexo A2 destacando la capacidad internacional.

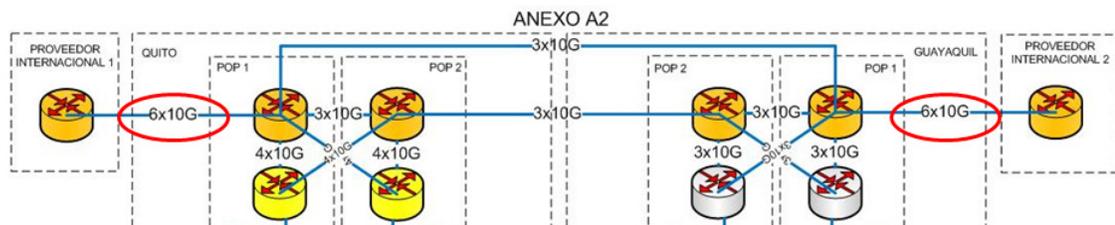


Figura 57. Fragmento Anexo A2: Capacidad Internacional luego de 18 meses

Troncal Internacional Quito (Item N° 3 de tabla 10):

Corresponde al 65% del tráfico internacional del proveedor de acuerdo con consideraciones relacionadas con la figura 25, es decir, 38Gbps aprox. para luego de 18 meses.

Troncal Internacional Guayaquil (Item N° 4 de tabla 10):

Corresponde al 35% del tráfico internacional del proveedor de acuerdo con consideraciones relacionadas con la figura 25, es decir, 20,5Gbps aproximadamente para luego de 18 meses.

Troncal Quito-Guayaquil (datos) (Item N° 5 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Para luego de 18 meses serían 6Gbps.

Troncal Quito-Guayaquil total, caso crítico (Item N° 6 de tabla 10):

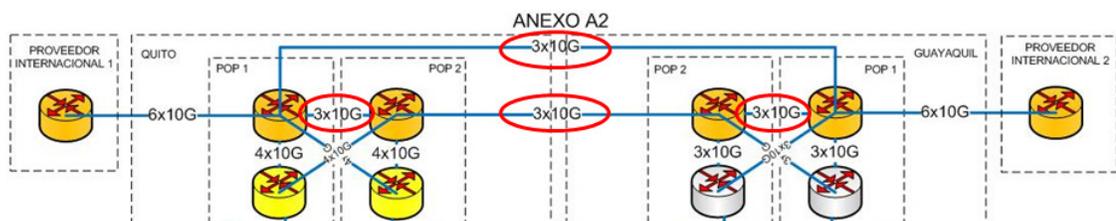


Figura 58. Fragmento Anexo A2: Capacidad Quito-Guayaquil y conexión entre equipos de core para luego de 18 meses

Corresponde a la suma del tráfico internacional por la troncal internacional de Quito (ítem 3 de la tabla 10), más el tráfico de datos entre Quito y Guayaquil (ítem 5 de la tabla 10). Se refiere al caso crítico, pues si llega a fallar la troncal internacional de Quito, que es la troncal internacional con más tráfico, todo ese tráfico deberá enrutarse por la troncal Quito-Guayaquil para utilizar la troncal internacional de Guayaquil. Para luego de 18 meses se estiman 44 Gbps aproximadamente, en el diseño se considera una capacidad de 6 x 10Gbps para la troncal Quito Guayaquil para poder establecer balanceo de tráfico entre los ruteadores de core de Quito y Guayaquil. Debido a estas consideraciones y

por el diseño de red las conexiones entre los ruteadores de *Core* de Quito y Guayaquil también deben haber conexiones de 3 x 10Gbps. En la figura 2.39 se muestra un fragmento del Anexo A2 destacando la capacidad Quito-Guayaquil y la conexión entre ruteadores de core en Quito y Guayaquil.

Azuay-GYE (Item N° 7 de tabla 10):

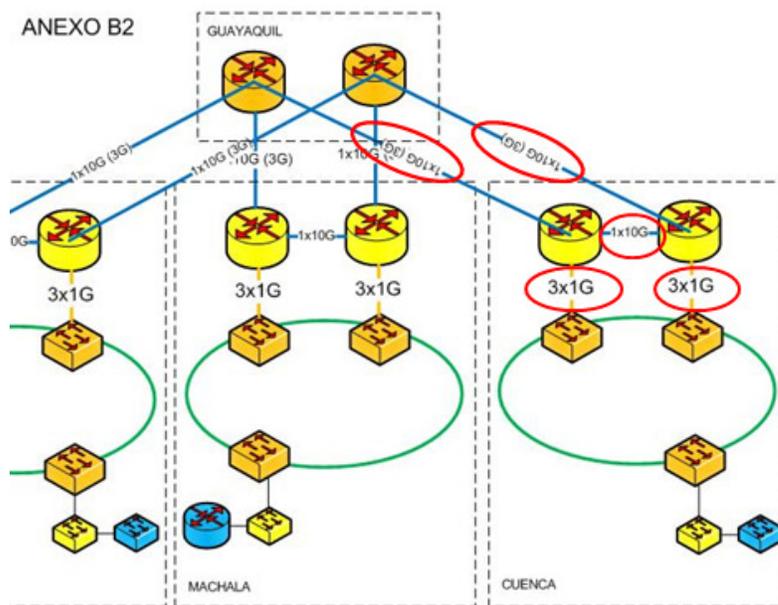


Figura 59. Fragmento Anexo B2: Capacidad Cuenca-Guayaquil y conexión entre equipos para luego de 18 meses

Datos provenientes de la tabla 9. Para luego de 18 meses las troncales interurbanas desde Cuenca a Guayaquil tendrían la misma capacidad de 3Gbps y por el diseño redundante los dos ruteadores de borde deben tener una conexión de esa misma capacidad (3Gbps con interfaces de 10Gbps), al igual que las conexiones hacia la red de acceso MetroEthernet, formada por un anillo de fibra óptica entre los nodos de 10Gbps. En la figura 59 se muestra un fragmento del Anexo B2 destacando la capacidad redundante Cuenca-

Guayaquil y las conexiones de los routers de borde en Cuenca para luego de 18 meses.

El Oro-GYE (Item N° 9 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Para el diseño luego de 18 meses las troncales interurbanas desde Machala hacia Guayaquil tendrían la misma capacidad de 3Gbps y por el diseño redundante los dos routers de borde deben tener una conexión de esa misma capacidad (3Gbps con interfaces de 10Gbps), al igual que las conexiones hacia la red de acceso MetroEthernet que estaría formada por un anillo de fibra óptica entre los nodos de 10Gbps. En la figura 60 se muestra un fragmento del Anexo B2 destacando la capacidad redundante Machala-Guayaquil y las conexiones de los routers de borde en Machala para luego de 18 meses.

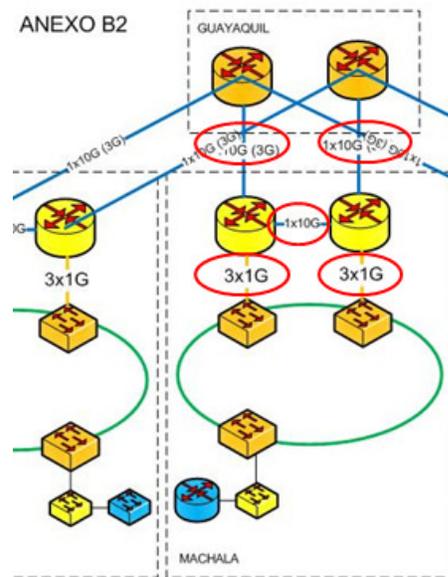


Figura 60. Fragmento Anexo B2: Capacidad Machala-Guayaquil y conexión entre equipos para luego de 18 meses

Manabí-GYE (Item N° 13 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Para el diseño luego de 18 meses las troncales interurbanas desde Manta hacia Guayaquil tendrían la misma capacidad de 3Gbps y por el diseño redundante los dos routers de borde deben tener una conexión de esa misma capacidad (3Gbps con interfaces de 10Gbps), al igual que las conexiones hacia la red de acceso MetroEthernet que estaría formada por un anillo de fibra óptica entre los nodos de 10Gbps. En la figura 61 se muestra un fragmento del Anexo B2 destacando la capacidad redundante Manta-Guayaquil y las conexiones de los routers de borde en Manta para luego de 18 meses.

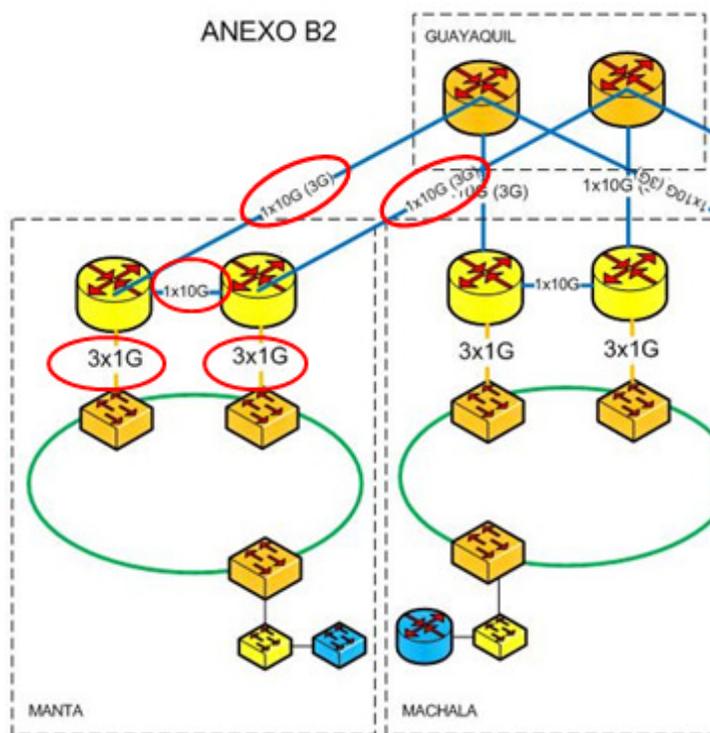


Figura 61. Fragmento Anexo B2: Capacidad Manta-Guayaquil y conexión entre equipos para luego de 18 meses

Tungurahua-UIO (Item N° 31 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Para el diseño luego de 18 meses las troncales interurbanas desde Ambato hacia Quito tendrían la misma capacidad de 3Gbps y por el diseño redundante los dos ruteadores de borde deben tener una conexión de esa misma capacidad (3Gbps con interfaces de 10Gbps), al igual que las conexiones hacia la red de acceso MetroEthernet que estaría formada por un anillo de fibra óptica entre los nodos de 10Gbps. En la figura 62 se muestra un fragmento del Anexo B2 destacando la capacidad redundante Ambato-Quito y las conexiones de los ruteadores de borde en Ambato para luego de 18 meses.

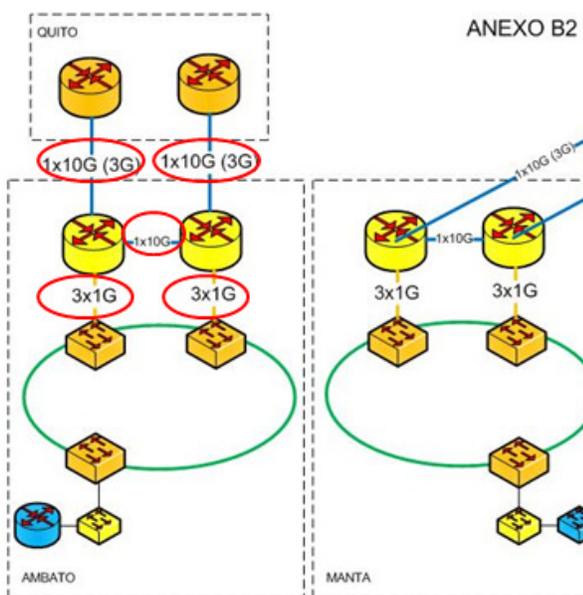


Figura 62. Fragmento Anexo B2: Capacidad Ambato-Quito y conexión entre equipos para luego de 18 meses

Azuay-GYE (Item N° 8 de tabla 10), Loja-GYE (Item N° 11 de tabla 10), Los Ríos-GYE (Item N° 12 de tabla 10), Morona Santiago-GYE (Item N° 14 de tabla 10), Zamora Chinchipe-GYE (Item N° 16 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Debido a la ubicación geográfica y la disponibilidad de redes ópticas en el país entre estos sitios (ver figuras 92, 93, 94 y 95), se formaría un anillo MetroEthernet Guayaquil-Babahoyo-Azoguez-Macas-Zamora-Loja-Guayaquil. Para el diseño luego de 18 meses la suma de tráfico troncal interurbano de estos sitios es de 2,7Gbps, por lo que se formaría un anillo de 3Gbps (con interfaces de 10Gbps) concentrado en Guayaquil. En la figura 63 se muestra un fragmento del Anexo C2 destacando el anillo MetroEthernet formado entre Guayaquil-Babahoyo-Azoguez-Macas-Zamora-Loja-Guayaquil para luego de 18 meses.

ANEXO C2

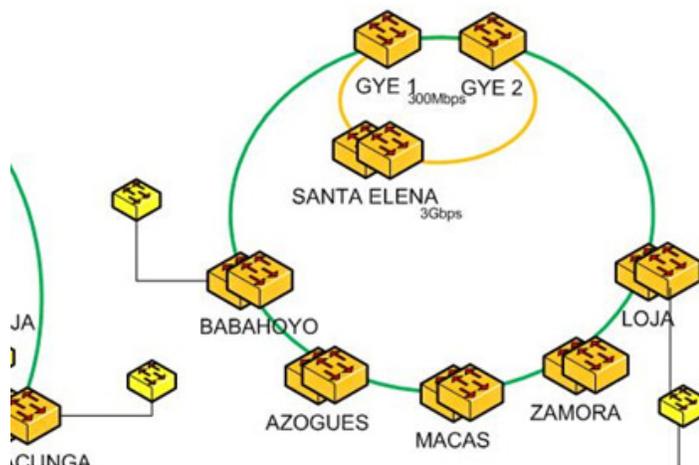


Figura 63. Fragmento Anexo C2: Anillo Guayaquil-Babahoyo-Azoguez-Macas-Zamora-Loja-Guayaquil para luego de 18 meses

Santa Elena-GYE (Item N° 15 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Debido a la ubicación geográfica y la disponibilidad de redes ópticas en el país (ver figuras 92, 93, 94 y 95), se formaría un anillo MetroEthernet Santa Elena-Guayaquil de 300Mbps con interfaces de 1Gbps. En la figura 64 se muestra un fragmento del Anexo C2 destacando el anillo MetroEthernet formado entre Guayaquil y Santa Elena para luego de 18 meses.

ANEXO C2



Figura 64. Fragmento Anexo C2: Anillo Guayaquil-Santa Elena-Guayaquil para luego de 18 meses

Bolívar-UIO (Item N° 18 de tabla 10), Chimborazo-UIO (Item N° 20 de tabla 10), Cotopaxi-UIO (Item N° 21 de tabla 10), Esmeraldas-UIO (Item N° 22 de tabla 10), Santo Domingo-UIO (Item N° 29 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Debido a la ubicación geográfica y la disponibilidad de redes ópticas en el país entre estos sitios (ver figuras 92, 93, 94 y 95), se formaría un anillo MetroEthernet Quito-Latacunga-Riobamba-Guaranda-Santo Domingo-Esmeraldas-Quito. Para el diseño luego de 18 meses la suma de tráfico troncal interurbano de estos sitios es de 2,7Gbps, por lo que se formaría un anillo de 3Gbps con interfaces de 10Gbps concentrado en

Quito. En la figura 65 se muestra un fragmento del Anexo C2 destacando el anillo MetroEthernet formado entre Quito-Latacunga-Riobamba-Guaranda-Santo Domingo-Esmeraldas-Quito para luego de 18 meses.

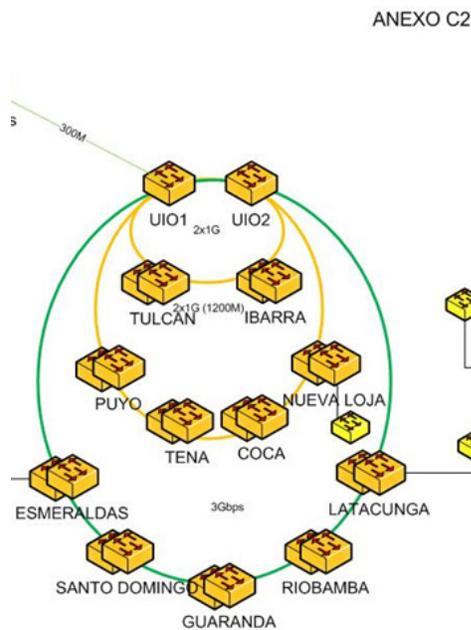


Figura 65. Fragmento Anexo C2: Anillo Quito-Latacunga-Riobamba-Guaranda-Santo Domingo-Esmeraldas-Quito para luego de 18 meses

Carchi-UIO (Item N° 19 de tabla 10), Imbabura-UIO (Item N° 24 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Debido a la ubicación geográfica y la disponibilidad de redes ópticas en el país entre estos sitios (ver figuras 92, 93, 94 y 95), se formaría un anillo MetroEthernet Quito-Ibarra-Tulcán-Quito. Para el diseño luego de 18 meses la suma de tráfico troncal interurbano de estos sitios es de 1,8Gbps, por lo que se formaría un anillo de 2 x 1Gbps concentrado en Quito. En la figura 66 se muestra un fragmento del Anexo C2 destacando el anillo MetroEthernet formado entre Quito-Ibarra-Tulcán-Quito para luego de 18 meses.

ANEXO C2

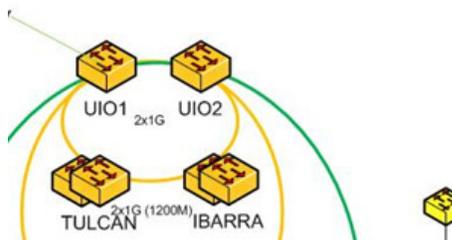


Figura 66. Fragmento Anexo C2: Anillo Quito-Ibarra-Tulcán-Quito para luego de 18 meses.

Napo-UIO (Item N° 25 de tabla 10), Orellana-UIO (Item N° 26 de tabla 10), Pastaza-UIO (Item N° 27 de tabla 10), Sucumbios-UIO (Item N° 30 de tabla 10):

ANEXO C2

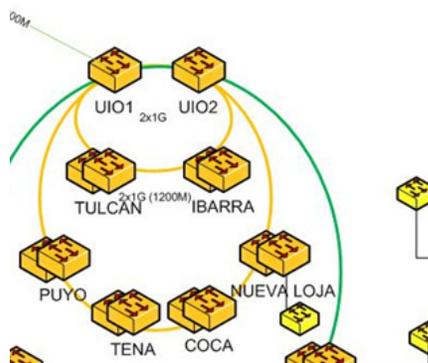


Figura 67. Fragmento Anexo C2: Anillo Quito-Puyo-Tena-Coca-Nueva Loja-Quito para luego de 18 meses.

Datos provenientes de la tabla 9. Debido a la ubicación geográfica y la disponibilidad de redes ópticas en el país entre estos sitios (ver figuras 92, 93, 94 y 95), se formaría un anillo MetroEthernet Quito-Puyo-Tena-Coca-Nueva Loja-Quito. Para el diseño luego de 18 meses la suma de tráfico troncal interurbano de estos sitios es de 1,2Gbps, por lo que se formaría un anillo de 2 x 1Gbps concentrado en Quito. En la figura 67 se muestra un fragmento del Anexo C2 destacando el anillo MetroEthernet formado entre Quito-Puyo-Tena-Coca-Nueva Loja-Quito para luego de 18 meses.

Galápagos-UIO (Item N° 23 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Enlace satelital Galápagos-Quito de 300Mbps para luego de 18 meses. En la figura 68 se muestra un fragmento del Anexo C2 destacando el enlace Galápagos-Quito.

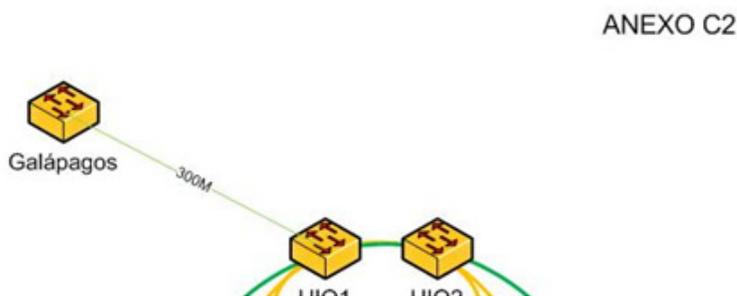


Figura 68. Fragmento Anexo C2: Enlace troncal Galápagos-Quito para luego de 18 meses.

Tráfico local Metro UIO (VPNs MPLS L3) (Item N° 33 de tabla 10):

Datos del proveedor referencial relacionados con la figura 34, es decir, 11,4Gbps aproximadamente para luego de 18 meses.

Tráfico local Metro GYE (VPNs MPLS L3) (Item N° 34 de tabla 10):

Datos del proveedor referencial relacionados con la figura 34, es decir, 6,1Gbps aproximadamente para luego de 18 meses.

Tráfico local Metro Quito (LAN to LAN) (Item N° 35 de tabla 10):

Datos del proveedor referencial, el tráfico *LAN to LAN* que sólo atraviesa la red MetroEthernet se estima el equivalente al 50% de tráfico de VPNs capa 3, es decir, 5,7Gbps aproximadamente para luego de 18 meses.

Tráfico local Metro Guayaquil (LAN to LAN) (Item N° 36 de tabla 10):

Datos del proveedor referencial, el tráfico *LAN to LAN* que sólo atraviesa la red MetroEthernet se estima el equivalente al 50% de tráfico de VPNs capa 3, es decir, 3Gbps aproximadamente para luego de 18 meses.

Routers Edge Quito (Item N° 37 de tabla 10):

El tráfico total que atravesaría los ruteadores de borde de Quito sería igual a la suma del tráfico de la la Troncal Internacional Quito (ítem 3 de la tabla 10), más el tráfico de la Troncal Quito-Guayaquil (datos) (ítem 5 de la tabla 10), más el Total de Tráfico Ciudades hacia Quito (ítem 32 de la tabla 10) y más el Tráfico local Metro UIO (VPNs MPLS L3) (ítem 33 de la tabla 10). Cada *router* de *edge* en Quito manejaría en operación normal la mitad del tráfico aproximadamente. Es decir, para el diseño luego de 18 meses el tráfico total que atravesaría los *routers* de borde en condiciones de operación normal de la red sería de 64,4Gbps aproximadamente, cada ruteador de borde tendría 32,2 Gbps aprox. de tráfico, se considerará entonces 4x10G hacia cada ruteador de *core* balanceando y a manera de redundancia. Considerando que menos de la mitad de clientes solicita configuraciones de servicios contra ruteadores de *edge* redundantes (datos del proveedor referencial), cada *router* de *edge*

manejaría hasta el 75% del tráfico total en caso de que el otro router de borde falle, entonces serían 49,5 Gbps aprox., entonces serían 5x10G desde cada *router* de *edge* hacia la red MetroEthernet. En la figura 69 se muestra un fragmento del Anexo A2 destacando las conexiones de los *routers* de borde de Quito luego de 18 meses.

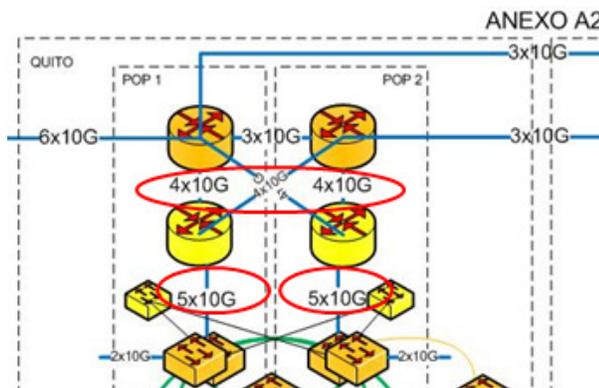


Figura 69. Fragmento Anexo A2: Conexiones de ruteadores de borde en Quito luego de 18 meses.

***Routers Edge* Guayaquil (Ítem N° 38 de tabla 10):**

El tráfico total que atravesaría los ruteadores de borde de Guayaquil sería igual a la suma de tráfico de la Troncal Internacional Guayaquil (ítem 4 de la tabla 10), más el tráfico de la Troncal Quito-Guayaquil (datos) (ítem 5 de la tabla 10), más el Total de Tráfico Ciudades hacia Guayaquil (ítem 17 de la tabla 10) y más el Tráfico local Metro GYE (VPNs MPLS L3) (ítem 34 de la tabla 10). Cada *router* de *edge* en Guayaquil manejaría en operación normal la mitad del tráfico aproximadamente. Es decir, para el diseño luego de 18 meses el tráfico total que atravesaría los routers de borde en condiciones de normal operación de la red sería de 44,6Gbps aproximadamente, cada ruteador de borde tendría 22,3 Gbps aprox. de tráfico, se considerará 3x10G hacia cada ruteador de *core*

balanceando y a manera de redundancia. Considerando que menos de la mitad de clientes solicita configuraciones de *router* de *edge* redundante, cada *router* de *edge* manejaría hasta el 75% de este tráfico en caso de que el otro *router* de *edge* falle, entonces serían 33,5 Gbps aprox., entonces se considerará 4x10G hacia la red Metro. En la figura 70 se muestra un fragmento del Anexo A2 destacando las conexiones de los ruteadores de borde de Guayaquil para luego de 18 meses.

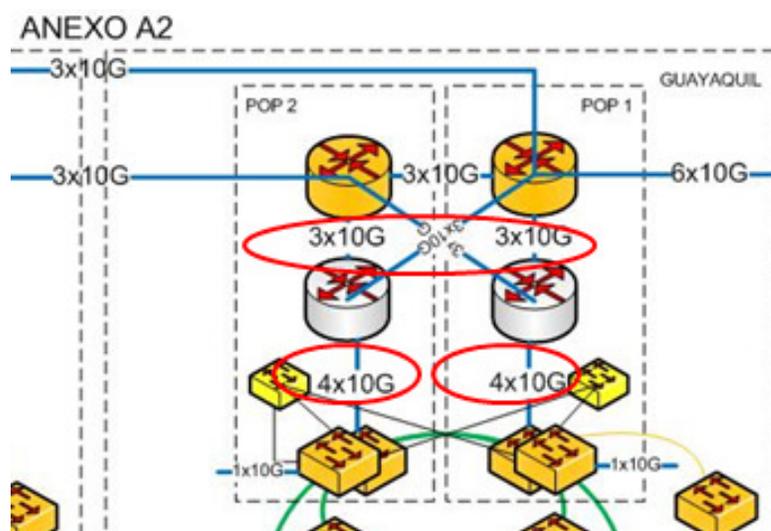


Figura 70. Fragmento Anexo A2: Conexiones de ruteadores de borde en Guayaquil para luego de 18 meses.

Routers Core Quito (Item N° 39 de tabla 10):

El tráfico total que estarían llegando eventualmente a manejar los *routers* de *core* de Quito sería igual a la suma del Tráfico internacional proveedor (ítem 2 de la tabla 10), más el tráfico de la Troncal Quito-Guayaquil (datos) (ítem 5 de la tabla 10), más el tráfico Total Ciudades hacia Quito (ítem 32 de la tabla 10) y más el Tráfico local Metro UIO (VPNs MPLS L3) (ítem 33 de la tabla 10), siendo 84,9Gbps aproximadamente para luego de 18 meses.

Routers Core Guayaquil (Item N° 40 de tabla 10):

El tráfico total que estarían llegando eventualmente a manejar los routers de core de Guayaquil sería igual a la suma de los ítems 2 (Tráfico internacional proveedor), 5 (Troncal Quito-Guayaquil (datos)), 17 (Total Tráfico Ciudades hacia Guayaquil) y 34 (Tráfico local Metro GYE (VPNs MPLS L3)), siendo 82,7Gbps aproximadamente para luego de 18 meses.

Concentradores Core Metro Quito (Item N° 41 de tabla 10) y Capacidad en puertos tributarios en switches concentradores Metro en nodos principales de UIO (Item N° 43 de tabla 10):

El tráfico que eventualmente manejarían los switches concentradores Metro de los nodos principales desde y hacia otros nodos, es decir a través de anillos Metropolitanos es igual a la suma del Tráfico Local Metro Quito (*LAN to LAN*) (ítem 35 de la tabla 10) más una fracción de la suma del Tráfico Troncal Internacional Quito (ítem 3 de la tabla 10), más el Tráfico Troncal Quito-Guayaquil (datos) (ítem 5 de la tabla 10), más el Tráfico Total Ciudades hacia Quito (ítem 32 de la tabla 10) y más el Tráfico local Metro UIO (VPNs MPLS L3) (ítem 33 de la tabla 10). De los ítems 3, 5, 32 y 33 de la tabla 10 se estima que el 40% del tráfico corresponde a servicios con accesos en los dos nodos principales que tienen conexiones a la red MPLS, pues son 10 nodos y los dos nodos principales corresponderían en una distribución proporcional entre los nodos al 20% del tráfico, sin embargo, se estima el 40% pues estos dos nodos principales son los que tienen el mayor despliegue de cables de fibra óptica de alta densidad de hilos y son los nodos que permitirían ofrecer servicios de Datacenter. De esta manera no implica la creación de nuevos anillos Metro de alta capacidad para los servicios que llegan con accesos directamente a estos nodos. Entonces, sólo para el 60% del tráfico de los ítems 3, 5, 32 y 33 de la tabla 10, junto con todo el tráfico local *LAN to LAN* de Quito implicaría la

implementación de anillos MetroEthernet de alta capacidad. Para el diseño luego de 18 meses se estiman entonces 5 anillos de 10Gbps, pues el resultado es 44,4Gbps aprox.

Adicionalmente, considerando que el 40% del tráfico de los ítems 3, 5, 32 y 33 de la tabla 10 llegaría directamente a estos nodos principales a través de las redes de acceso complementarias (para nuestro caso se considerará red de acceso GPON), se debería disponer de interfaces de conexión entre estos switches Metro y la red de acceso GPON que puedan manejar 25,8Gbps aprox. para luego de 18 meses, es decir, se plantearán 2 conexiones de 10Gbps en cada switch concentrador de *core* Metro hacia las redes de acceso GPON. En la figura 71 se muestra un fragmento del Anexo A2 destacando los anillos Metro de Quito y las conexiones hacia red de acceso GPON para luego de 18 meses.

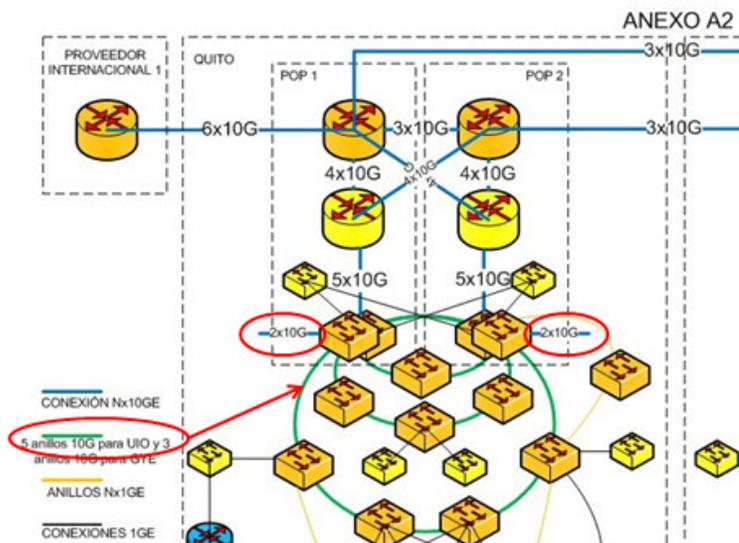


Figura 71. Fragmento Anexo A2: Anillos Metro Quito y conexiones a red de acceso para luego de 18 meses.

Concentradores Core Metro Guayaquil (Item N° 42 de tabla 10) y Capacidad en puertos tributarios en switches concentradores Metro en nodos principales de GYE (Item N° 44 de tabla 10):

El tráfico que eventualmente manejarían los switches concentradores Metro de los nodos principales de Guayaquil desde y hacia otros nodos, es decir a través de anillos Metropolitanos, es igual a la suma del Tráfico Local Metro Guayaquil (*LAN to LAN*) (ítem 36 de la tabla 10) más una fracción de la suma del Tráfico Troncal Internacional Guayaquil (ítem 4 de la tabla 10), más el Tráfico Troncal Quito-Guayaquil (datos) (ítem 5 de la tabla 10), más el Tráfico Total Ciudades hacia Guayaquil (ítem 17 de la tabla 10) y más el Tráfico local Metro GYE (VPNs MPLS L3) (ítem 34 de la tabla 10). De los ítems 4, 5, 17 y 34 de la tabla 10 se estima que el 40% del tráfico corresponde a servicios con accesos en los dos nodos principales que tienen conexiones a la red MPLS, pues son 8 nodos Metro en Guayaquil y los dos nodos principales corresponderían en una distribución proporcional entre los nodos al 25% del tráfico, sin embargo, se estima el 40% pues estos dos nodos principales son los que tienen el mayor despliegue de cables de fibra óptica de alta densidad de hilos y son los nodos que permitirían ofrecer servicios de *Datacenter*. De esta manera no implica la creación de nuevos anillos Metro de alta capacidad para los servicios que llegan con accesos directamente a estos nodos. Entonces, sólo para el 60% del tráfico de los ítems 4, 5, 17 y 34 de la tabla 10, junto con todo el tráfico local *LAN to LAN* de Guayaquil implicaría la implementación de anillos MetroEthernet de alta capacidad. Se estiman entonces 3 anillos de 10Gbps para luego de 18 meses.

Adicionalmente, considerando que el 40% del tráfico de los ítems 4, 5, 17 y 34 de la tabla 10 llegaría directamente a estos nodos principales a través de las redes de acceso complementarias (para nuestro caso se considerará red de acceso GPON), se debería disponer de interfaces de conexión entre estos

switches Metro y la red de acceso GPON que puedan manejar 18Gbps aprox. para luego de 18 meses, es decir, se planteará una conexión de 10Gbps en cada switch concentrador de core Metro hacia las redes de acceso GPON en Guayaquil. En la figura 72 se muestra un fragmento del Anexo A2 destacando los anillos Metro de Guayaquil y las conexiones hacia red de acceso GPON para luego de 18 meses.

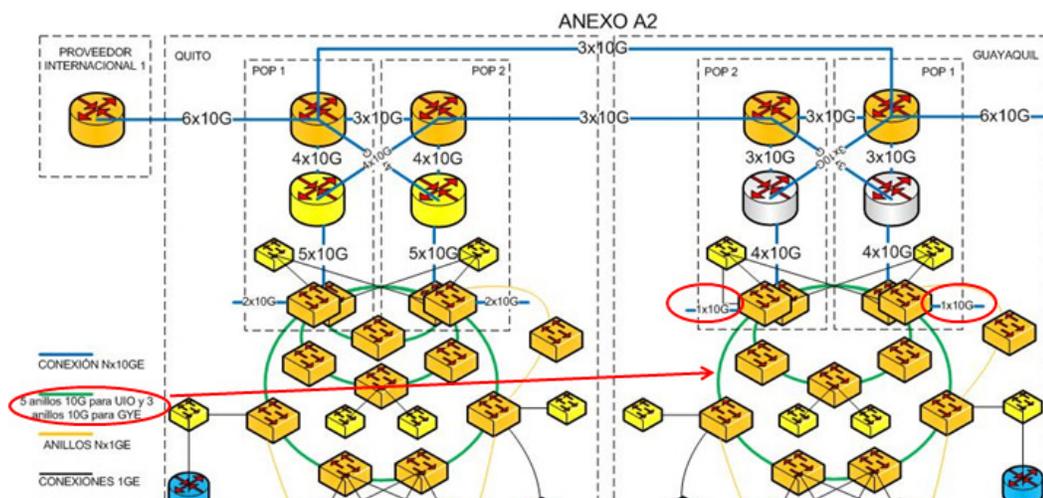


Figura 72. Fragmento Anexo A2: Anillos Metro Guayaquil y conexiones a red de acceso para luego de 18 meses.

2.4.2.1.3. REQUERIMIENTO Y CONSIDERACIONES DE DIMENSIONAMIENTO PARA LUEGO DE 3 AÑOS

En la figura 73 se muestra el diseño de red para luego de 3 años para las ciudades de Quito y Guayaquil (corresponde a la figura del Anexo A3).

La figura 74 muestra el diseño de red luego de 3 años de las ciudades de Ambato, Manta, Machala y Cuenca (corresponde a la figura del Anexo B3).

La figura 75 muestra el diseño de red luego de 3 años para las ciudades de Tulcán, Ibarra, Puyo, Tena, Coca, Nueva Loja, Esmeraldas, Santo Domingo,

Guaranda, Riobamba, Latacunga, Santa Cruz (Galápagos), Santa Elena, Babahoyo, Azogues, Macas, Zamora, Loja (corresponde a la figura del Anexo C3).

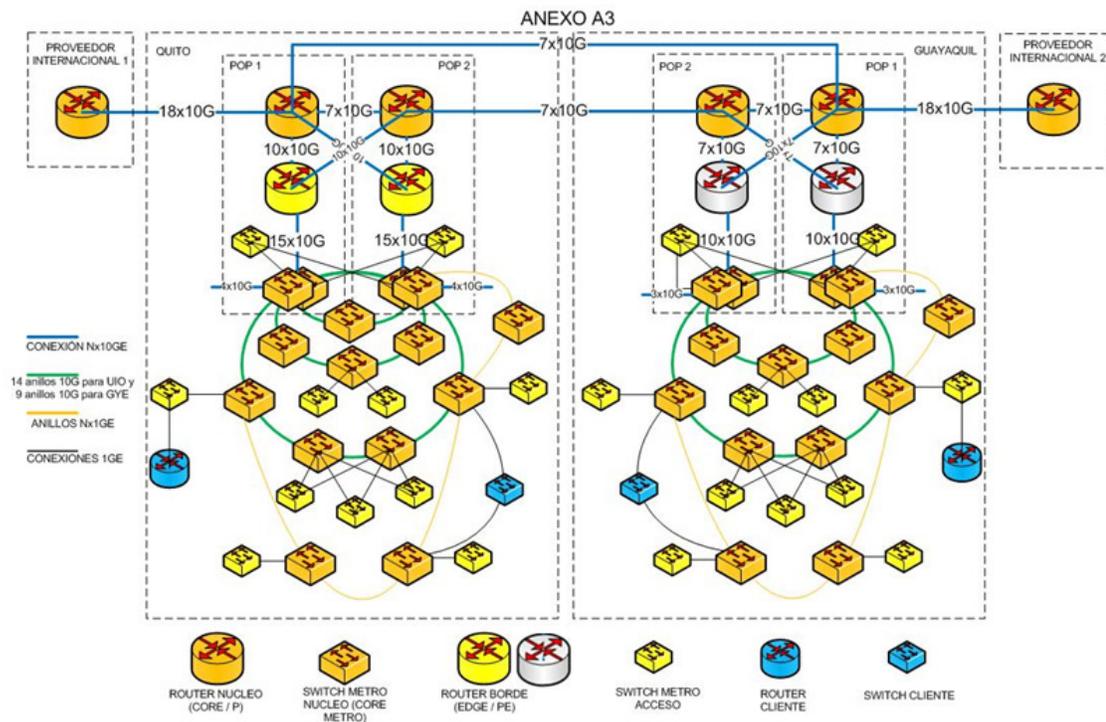


Figura 73. Diseño de red luego de 3 años para las ciudades de Quito y Guayaquil (Anexo A3)

El detalle del diseño y dimensionamiento se muestra a continuación tomando fragmentos de las figuras 73 (Anexo A3), 74 (Anexo B3) y 75 (Anexo C3), encerrando en círculo de color rojo los elementos considerados destacando su ubicación en el diagrama de red.

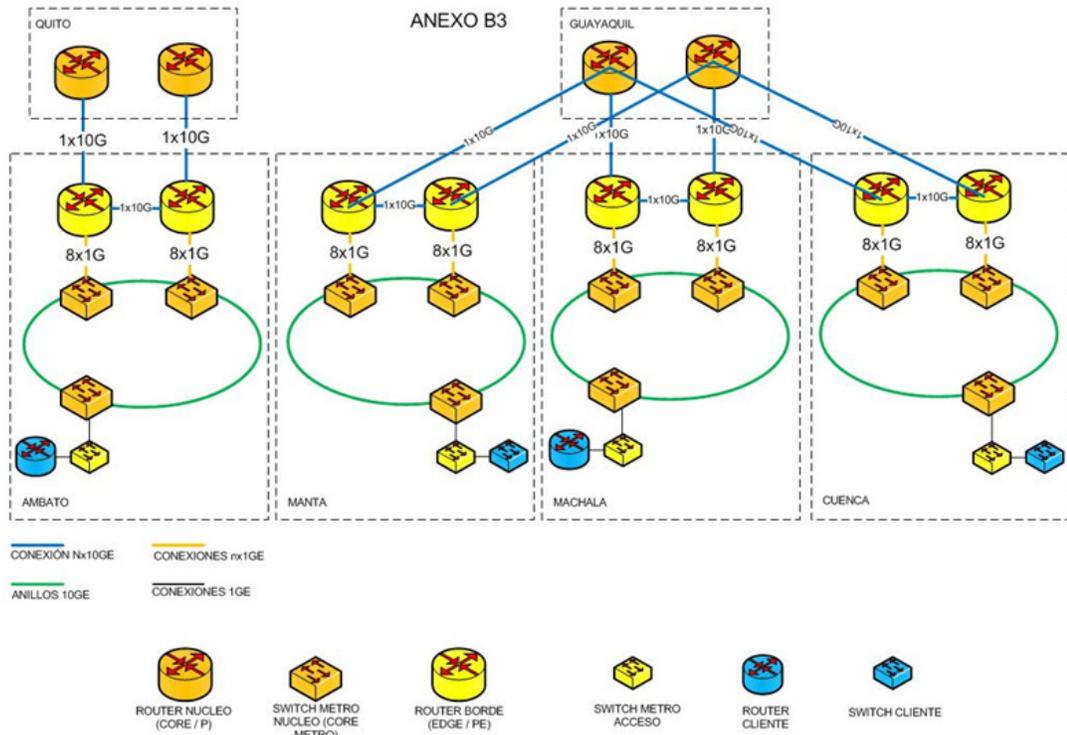


Figura 74. Diseño de red luego de 3 años para las ciudades de Ambato, Manta, Machala y Cuenca (Anexo B3)

ANEXO C3

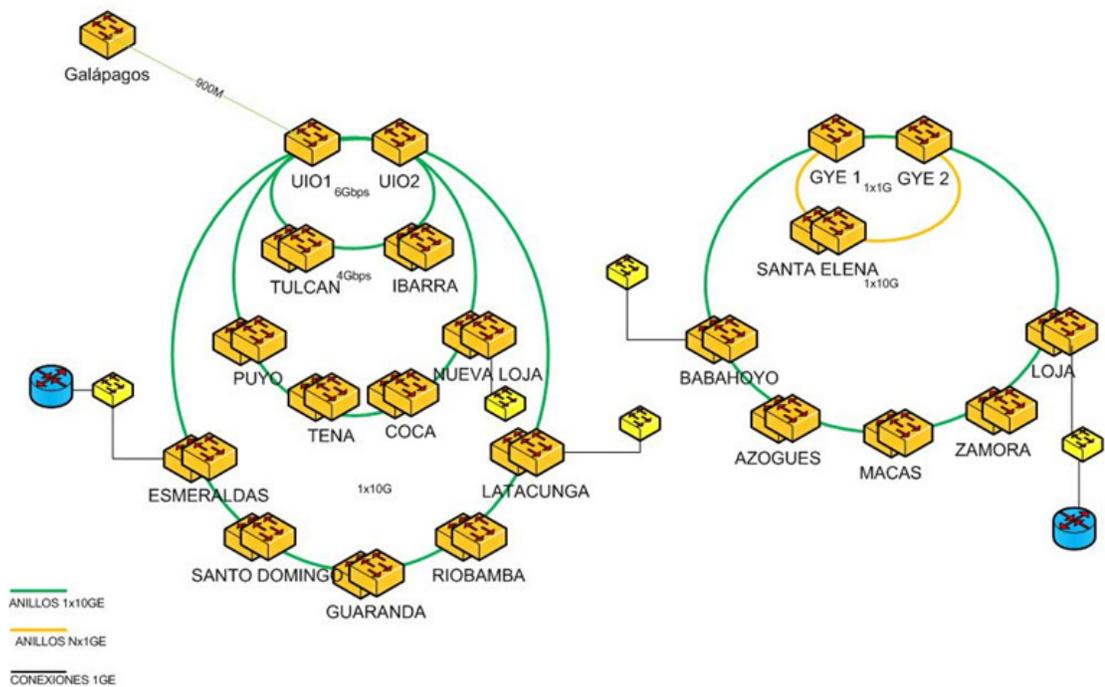


Figura 75. Diseño de red luego de 3 años para las ciudades de Tulcán, Ibarra, Puyo, Tena, Coca, Nueva Loja, Esmeraldas, Santo Domingo, Guaranda, Riobamba, Latacunga, Santa Cruz (Galápagos), Santa Elena, Babahoyo, Azogues, Macas, Zamora, Loja (Anexo C3)

Tráfico Internacional Total Ecuador (Item N° 1 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 6. Para luego de 3 años el tráfico internacional corresponde a 877,6Gbps aproximadamente.

Tráfico Internacional Proveedor (Item N° 2 de pabla 10):

Estimación de tráfico internacional para el proveedor de servicios con el 20% de participación del tráfico internacional de Ecuador (datos de la tabla 6), es decir, aproximadamente 175,5Gbps luego de 3 años. La capacidad de las

troncales internacionales necesaria para soportar este tráfico sería de 18x10Gbps tanto por Quito como por Guayaquil a manera de redundancia. En la figura 76 se muestra el fragmento del Anexo A3 destacando la capacidad internacional luego de 3 años.

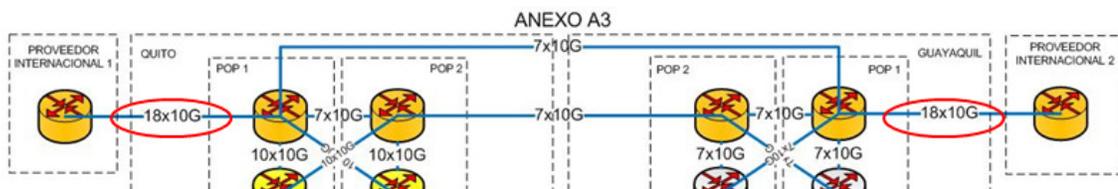


Figura 76. Fragmento Anexo A3: Capacidad Internacional luego de 3 años

Troncal Internacional Quito (Item N° 3 de tabla 10):

Corresponde al 65% del tráfico internacional del proveedor de acuerdo con consideraciones relacionadas con la figura 25, es decir, 114Gbps aprox. para luego de 3 años.

Troncal Internacional Guayaquil (Item N° 4 de tabla 10):

Corresponde al 35% del tráfico internacional del proveedor de acuerdo con consideraciones relacionadas con la figura 25, es decir, 61,4Gbps aproximadamente para luego de 3 años.

Troncal Quito-Guayaquil (datos) (Item N° 5 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 2.9. Para luego de 3 años serían 18Gbps.

Troncal Quito-Guayaquil total, caso crítico (Item N° 6 de tabla 10):

Corresponde a la suma del tráfico internacional por la troncal internacional de Quito (ítem 3 de la tabla 10), más el tráfico de datos entre Quito y Guayaquil

(ítem 5 de la tabla 10). Se refiere al caso crítico, pues si llega a fallar la troncal internacional de Quito, que es la troncal internacional con más tráfico, todo ese tráfico deberá enrutarse por la troncal Quito-Guayaquil para utilizar la troncal internacional de Guayaquil. Para luego de 3 años se estiman 132Gbps aproximadamente, en el diseño se considera una capacidad de 14 x 10Gbps para la troncal Quito Guayaquil para poder establecer balanceo de tráfico entre los ruteadores de core de Quito y Guayaquil. Debido a estas consideraciones y por el diseño de red las conexiones entre los ruteadores de *Core* de Quito y Guayaquil también deben haber conexiones de 3 x 10Gbps. En la figura 77 se muestra un fragmento del Anexo A3 destacando la capacidad Quito-Guayaquil y la conexión entre ruteadores de core en Quito y Guayaquil para luego de 3 años.

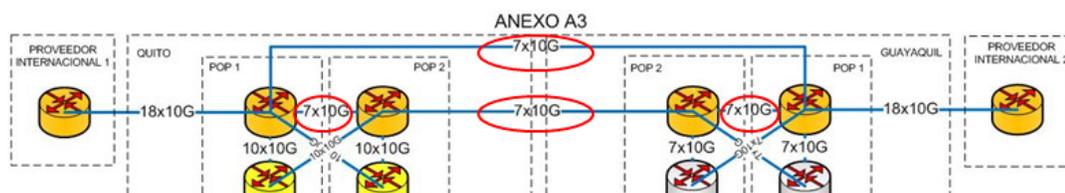


Figura 77. Fragmento Anexo A3: Capacidad Quito-Guayaquil y conexión entre equipos de *core* para luego de 3 años

Azuay-GYE (Ítem N° 7 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Para luego de 3 años las troncales interurbanas desde Cuenca a Guayaquil tendrían la misma capacidad de 9Gbps y por el diseño redundante los dos ruteadores de borde y considerando que deberían soportar al menos el 75% de tráfico en caso de que el otro falle, entonces se considerarán conexiones de 8x1Gbps entre cada *router* de *edge* y uno de los switches Metro de *core*. La red Metro de Cuenca estará formada por un anillo de fibra óptica entre los nodos de 10Gbps. En la figura 78 se muestra un fragmento del Anexo B3 destacando la capacidad redundante Cuenca-

la capacidad redundante Machala-Guayaquil y las conexiones de los routers de borde en Machala para luego de 3 años.

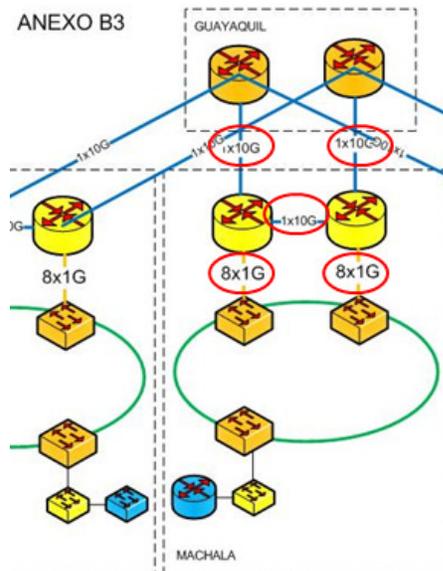


Figura 79. Fragmento Anexo B3: Capacidad Machala-Guayaquil y conexión entre equipos para luego de 3 años

Manabí-GYE (Item N° 13 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Para el diseño luego de 3 años las troncales interurbanas desde Manta hacia Guayaquil tendrían la misma capacidad de 9Gbps y por el diseño redundante los dos routers de borde y considerando que cada *router* de borde debe soportar al menos el 75% de todo el tráfico en caso de que el otro falle, entonces se considerarán conexiones de 8x1Gbps entre cada *router* de *edge* y uno de los switches Metro de *core*. La red Metro de Manta estará formada por un anillo de fibra óptica entre los nodos de 10Gbps. En la figura 80 se muestra un fragmento del Anexo B3 destacando la capacidad redundante Manta-Guayaquil y las conexiones de los routers de borde en Manta para luego de 3 años.

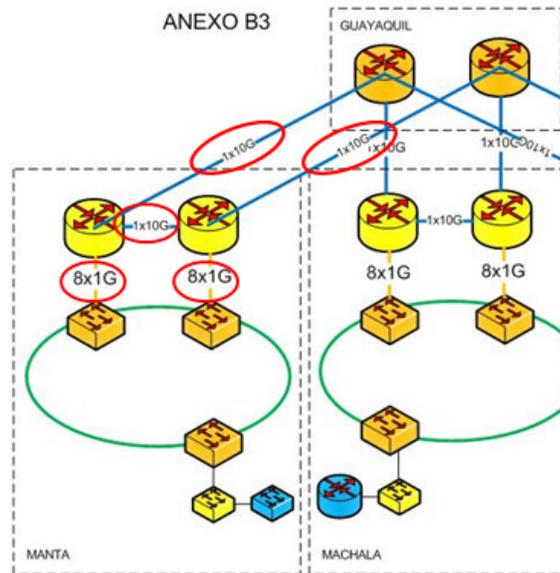


Figura 80. Fragmento Anexo B3: Capacidad Manta-Guayaquil y conexión entre equipos para luego de 3 años

Tungurahua-UIO (Item N° 31 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Para el diseño luego de 3 años las troncales interurbanas desde Ambato hacia Quito tendrían la misma capacidad de 9Gbps y por el diseño redundante los dos ruteadores de borde y considerando que cada *router* de borde debe soportar al menos el 75% de todo el tráfico en caso de que el otro falle, entonces se considerarán conexiones de 8x1Gbps entre cada *router* de *edge* y uno de los switches Metro de *core*. La red Metro de Ambato estará formada por un anillo de fibra óptica entre los nodos de 10Gbps. En la figura 81 se muestra un fragmento del Anexo B3 destacando la capacidad redundante Ambato-Quito y las conexiones de los ruteadores de borde en Ambato para luego de 3 años.

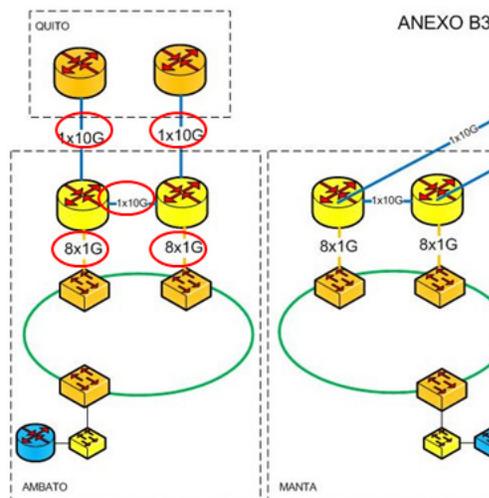


Figura 81. Fragmento Anexo B3: Capacidad Ambato-Quito y conexión entre equipos para luego de 3 años

Azuay-GYE (Item N° 8 de tabla 10), Loja-GYE (Item N° 11 de tabla 10), Los Ríos-GYE (Item N° 12 de tabla 10), Morona Santiago-GYE (Item N° 14 de tabla 2.10), Zamora Chinchipe-GYE (Item N° 16 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Debido a la ubicación geográfica y la disponibilidad de redes ópticas en el país entre estos sitios (ver figuras 92, 93, 94 y 95), se formaría un anillo MetroEthernet Guayaquil-Babahoyo-Azoguez-Macas-Zamora-Loja-Guayaquil. Para el diseño luego de 3 años la suma de tráfico troncal interurbano de estos sitios es de 8,1Gbps, por lo que se formaría un anillo de 10Gbps concentrado en Guayaquil. En la figura 82 se muestra un fragmento del Anexo C3 destacando el anillo MetroEthernet formado entre Guayaquil-Babahoyo-Azoguez-Macas-Zamora-Loja-Guayaquil para luego de 3 años.

ANEXO C3

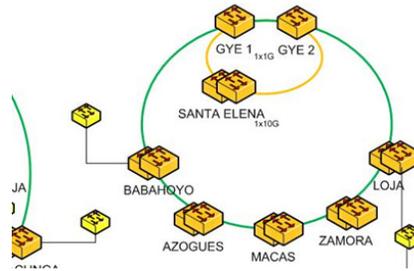


Figura 82. Fragmento Anexo C3: Anillo Guayaquil-Babahoyo-Azogues-Macas-Zamora-Loja-Guayaquil para luego de 3 años

Santa Elena-GYE (Item N° 15 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Debido a la ubicación geográfica y la disponibilidad de redes ópticas en el país (ver figuras 92, 93, 94 y 95), se formaría un anillo MetroEthernet Santa Elena-Guayaquil de 900Mbps (1Gbps). En la figura 83 se muestra un fragmento del Anexo C3 destacando el anillo MetroEthernet formado entre Guayaquil y Santa Elena para luego de 3 años.

ANEXO C3

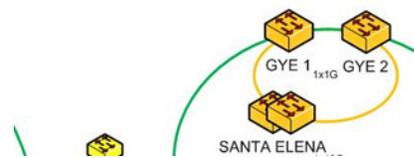


Figura 83. Fragmento Anexo C3: Anillo Guayaquil-Santa Elena-Guayaquil para luego de 3 años

Bolívar-UIO (Item N° 18 de tabla 10), Chimborazo-UIO (Item N° 20 de tabla 10), Cotopaxi-UIO (Item N° 21 de tabla 10), Esmeraldas-UIO (Item N° 22 de tabla 10), Santo Domingo-UIO (Item N°29 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Debido a la ubicación geográfica y la disponibilidad de redes ópticas en el país entre estos sitios (ver figuras 92, 93, 94 y 95), se formaría un anillo MetroEthernet Quito-Latacunga-Riobamba-Guaranda-Santo Domingo-Esmeraldas-Quito. Para el diseño luego de 3 años la suma de tráfico troncal interurbano de estos sitios es de 8,1Gbps, por lo que se formaría un anillo de 10Gbps concentrado en Quito. En la figura 84 se muestra un fragmento del Anexo C3 destacando el anillo MetroEthernet formado entre Quito-Latacunga-Riobamba-Guaranda-Santo Domingo-Esmeraldas-Quito para luego de 3 años.

ANEXO C3

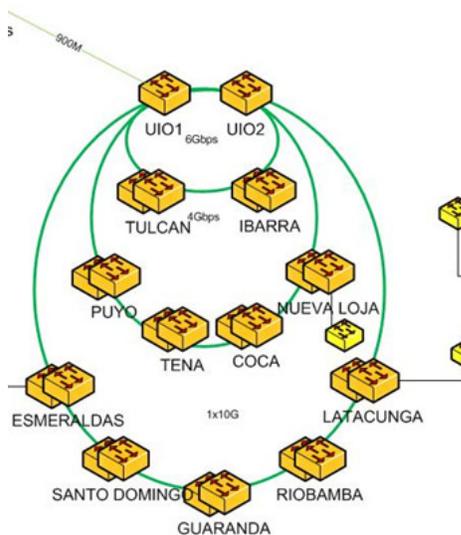


Figura 84. Fragmento Anexo C3: Anillo Quito-Latacunga-Riobamba-Guaranda-Santo Domingo-Esmeraldas-Quito para luego de 3 años

Carchi-UIO (Item N° 19 de tabla 10), Imbabura-UIO (Item N° 24 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Debido a la ubicación geográfica y la disponibilidad de redes ópticas en el país entre estos sitios (ver figuras 92, 93, 94 y 95), se formaría un anillo MetroEthernet Quito-Ibarra-Tulcán-Quito. Para el diseño luego de 3 años la suma de tráfico troncal interurbano de estos sitios es de 5,4Gbps, por lo que se formaría un anillo de 6Gbps con interfaces de 10Gbps concentrado en Quito. En la figura 85 se muestra un fragmento del Anexo C3 destacando el anillo MetroEthernet formado entre Quito-Ibarra-Tulcán-Quito para luego de 3 años.

ANEXO C3

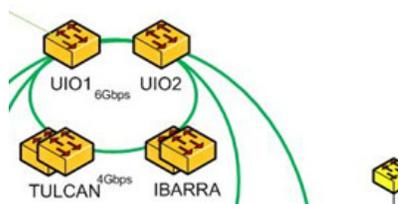


Figura 85. Fragmento Anexo C3: Anillo Quito-Ibarra-Tulcán-Quito para luego de 3 años.

Napo-UIO (Item N° 25 de tabla 10), Orellana-UIO (Item N° 26 de tabla 10), Pastaza-UIO (Item N° 27 de tabla 10), Sucumbios-UIO (Item N° 30 de tabla 10):

Datos provenientes de la tabla 9. Debido a la ubicación geográfica y la disponibilidad de redes ópticas en el país entre estos sitios (ver figuras 92, 93, 94 y 95), se formaría un anillo MetroEthernet Quito-Puyo-Tena-Coca-Nueva Loja-Quito. Para el diseño luego de 3 años la suma de tráfico troncal interurbano de estos sitios es de 3,6Gbps, por lo que se formaría un anillo de

4Gbps con interfaces de 10Gbps concentrado en Quito. En la figura 86 se muestra un fragmento del Anexo C3 destacando el anillo MetroEthernet formado entre Quito-Puyo-Tena-Coca-Nueva Loja-Quito para luego de 3 años.

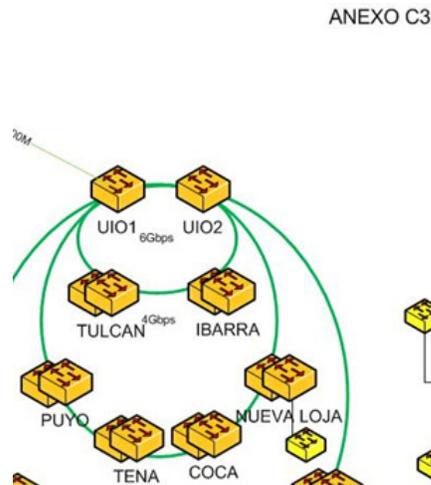


Figura 86. Fragmento Anexo C3: Anillo Quito-Puyo-Tena-Coca-Nueva Loja-Quito para luego de 3 años.

Galápagos-UIO (Item N° 23 de tabla 10):

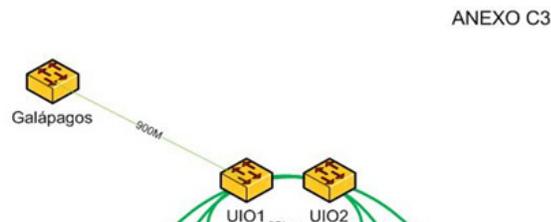


Figura 87. Fragmento Anexo C3: Enlace troncal Galápagos-Quito para luego de 3 años.

Datos provenientes de la tabla 9. Enlace satelital Galápagos-Quito de 900Mbps para luego de 3 años. En la figura 87 se muestra un fragmento del Anexo C3 destacando el enlace Galápagos-Quito.

Tráfico local Metro UIO (VPNs MPLS L3) (Item N° 33 de tabla 10):

Datos del proveedor referencial relacionados con la figura 34, es decir, 34,2Gbps aproximadamente para luego de 3 años.

Tráfico local Metro GYE (VPNs MPLS L3) (Item N° 34 de tabla 10):

Datos del proveedor referencial relacionados con la figura 34, es decir, 18,4Gbps aproximadamente para luego de 3 años.

Tráfico local Metro Quito (LAN to LAN) (Item N° 35 de tabla 10):

Datos del proveedor referencial, el tráfico *LAN to LAN* que sólo atraviesa la red MetroEthernet se estima el equivalente al 50% de tráfico de VPNs capa 3, es decir, 17,1Gbps aproximadamente para luego de 3 años.

Tráfico local Metro Guayaquil (LAN to LAN) (Item N° 36 de tabla 10):

Datos del proveedor referencial, el tráfico *LAN to LAN* que sólo atraviesa la red MetroEthernet se estima el equivalente al 50% de tráfico de VPNs capa 3, es decir, 9,2Gbps aproximadamente para luego de 3 años.

Routers Edge Quito (Item N° 37 de tabla 10):

El tráfico total que atravesaría los ruteadores de borde de Quito sería igual a la suma del tráfico de la la Troncal Internacional Quito (ítem 3 de la tabla 10), más el tráfico de la Troncal Quito-Guayaquil (datos) (ítem 5 de la tabla 10), más el Total de Tráfico Ciudades hacia Quito (ítem 32 de la tabla 10) y más el Tráfico local Metro UIO (VPNs MPLS L3) (ítem 33 de la tabla 10). Cada *router* de *edge* en Quito manejaría en operación normal la mitad del tráfico aproximadamente. Es decir, para el diseño luego de 3 años el tráfico total que atravesaría los *routers* de borde en condiciones de operación normal de la red

sería de 193,3Gbps aproximadamente, cada router de borde tendría 96,7 Gbps aprox. de tráfico, se considerará entonces 10x10Gbps hacia cada router de *core* balanceando y a manera de redundancia. Considerando que menos de la mitad de clientes solicita configuraciones de servicios contra routers de *edge* redundantes (datos del proveedor referencial), cada *router* de *edge* manejaría hasta el 75% del tráfico total en caso de que el otro router de borde falle, entonces serían 148,4 Gbps aprox., entonces serían 15x10G desde cada *router* de *edge* hacia la red MetroEthernet. En la figura 88 se muestra un fragmento del Anexo A3 destacando las conexiones de los routers de borde de Quito luego de 3 años.

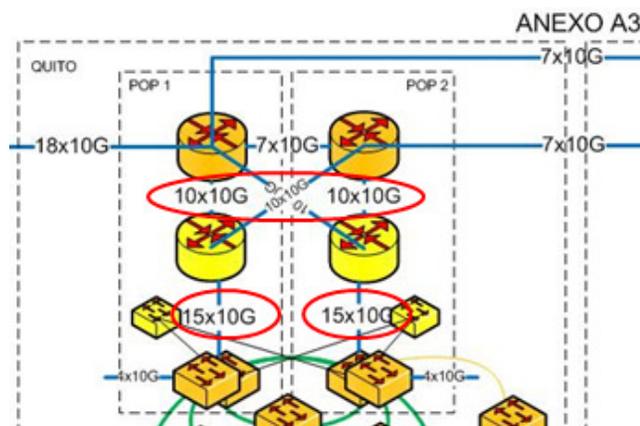


Figura 88. Fragmento Anexo A3: Conexiones de routers de borde en Quito luego de 3 años.

Routers Edge Guayaquil (Item N° 38 de tabla 10):

El tráfico total que atravesaría los routers de borde de Guayaquil sería igual a la suma de tráfico de la Troncal Internacional Guayaquil (ítem 4 de la tabla 10), más el tráfico de la Troncal Quito-Guayaquil (datos) (ítem 5 de la tabla 10), más el Total de Tráfico Ciudades hacia Guayaquil (ítem 17 de la tabla 10) y más el Tráfico local Metro GYE (VPNs MPLS L3) (ítem 34 de la tabla 10). Cada

router de *edge* en Guayaquil manejaría en operación normal la mitad del tráfico aproximadamente. Es decir, para el diseño luego de 3 años el tráfico total que atravesaría los *routers* de borde en condiciones de normal operación de la red sería de 133,9Gbps aproximadamente, cada *ruteador* de borde tendría 67Gbps aprox. de tráfico, se considerará 7x10Gbps hacia cada *ruteador* de *core* balanceando y a manera de redundancia. Considerando que menos de la mitad de clientes solicita configuraciones de *router* de *edge* redundante, cada *router* de *edge* manejaría hasta el 75% de este tráfico en caso de que el otro *router* de *edge* falle, entonces serían 100,4 Gbps aprox., entonces se considerará 10x10Gbps hacia la red Metro. En la figura 89 se muestra un fragmento del Anexo A3 destacando las conexiones de los *ruteadores* de borde de Guayaquil para luego de 3 años.

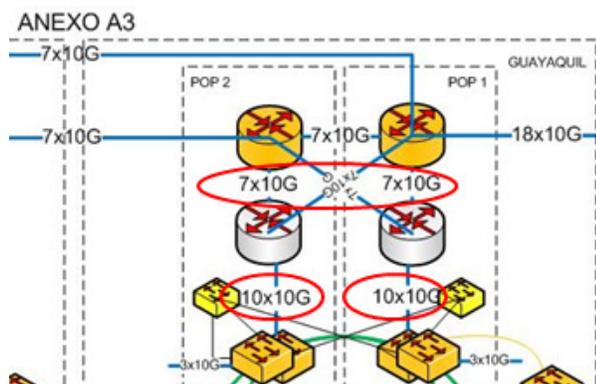


Figura 89. Fragmento Anexo A3: Conexiones de *ruteadores* de borde en Guayaquil para luego de 3 años.

***Routers Core* Quito (Ítem N° 39 de tabla 10):**

El tráfico total que estarían llegando eventualmente a manejar los *routers* de *core* de Quito sería igual a la suma del Tráfico internacional proveedor (ítem 2 de la tabla 10), más el tráfico de la Troncal Quito-Guayaquil (datos) (ítem 5 de la tabla 10), más el tráfico Total Ciudades hacia Quito (ítem 32 de la tabla 10) y

más el Tráfico local Metro UIO (VPNs MPLS L3) (ítem 33 de la tabla 10), siendo 254,8Gbps aproximadamente para luego de 3 años.

Routers Core Guayaquil (Item N° 40 de tabla 10):

El tráfico total que estarían llegando eventualmente a manejar los routers de core de Guayaquil sería igual a la suma de los ítems 2 (Tráfico internacional proveedor), 5 (Troncal Quito-Guayaquil (datos)), 17 (Total Tráfico Ciudades hacia Guayaquil) y 34 (Tráfico local Metro GYE (VPNs MPLS L3)), siendo 248Gbps aproximadamente para luego de 3 años.

Concentradores Core Metro Quito (Item N° 41 de tabla 10) y Capacidad en puertos tributarios en switches concentradores Metro en nodos principales de UIO (Item N° 43 de tabla 10):

El tráfico que eventualmente manejarían los switches concentradores Metro de los nodos principales desde y hacia otros nodos, es decir a través de anillos Metropolitanos es igual a la suma del Tráfico Local Metro Quito (*LAN to LAN*) (ítem 35 de la tabla 10) más una fracción de la suma del Tráfico Troncal Internacional Quito (ítem 3 de la tabla 10), más el Tráfico Troncal Quito-Guayaquil (datos) (ítem 5 de la tabla 10), más el Tráfico Total Ciudades hacia Quito (ítem 32 de la tabla 10) y más el Tráfico local Metro UIO (VPNs MPLS L3) (ítem 33 de la tabla 2.10). De los ítems 3, 5, 32 y 33 de la tabla 10 se estima que el 40% del tráfico corresponde a servicios con accesos en los dos nodos principales que tienen conexiones a la red MPLS, pues son 10 nodos y los dos nodos principales corresponderían en una distribución proporcional entre los nodos al 20% del tráfico, sin embargo, se estima el 40% pues estos dos nodos principales son los que tienen el mayor despliegue de cables de fibra óptica de alta densidad de hilos y son los nodos que permitirían ofrecer servicios de Datacenter. De esta manera no implica la creación de nuevos anillos Metro de alta capacidad para los servicios que llegan con accesos directamente a estos

nodos. Entonces, sólo para el 60% del tráfico de los ítems 3, 5, 32 y 33 de la tabla 10, junto con todo el tráfico local *LAN to LAN* de Quito implicaría la implementación de anillos MetroEthernet de alta capacidad. Para el diseño luego de 3 años se estiman entonces 14 anillos de 10Gbps, pues el resultado es 133,1Gbps aprox.

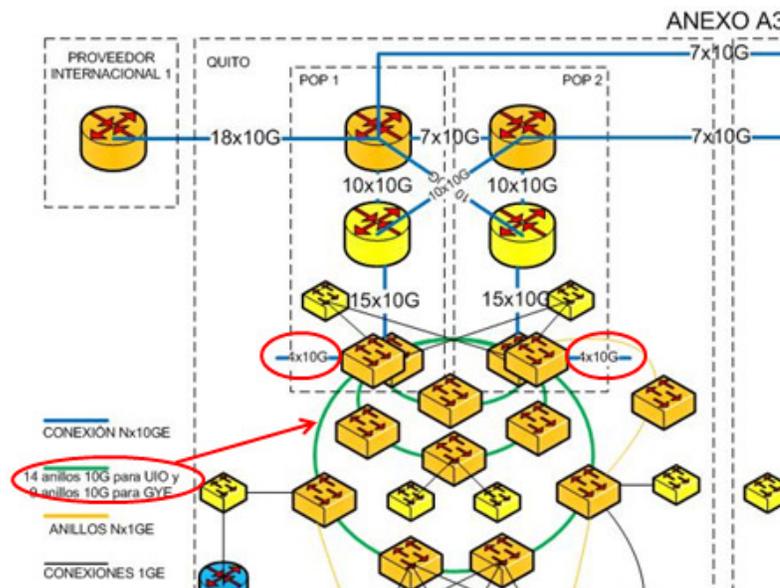


Figura 90. Fragmento Anexo A3: Anillos Metro Quito y conexiones a red de acceso para luego de 3 años.

Adicionalmente, considerando que el 40% del tráfico de los ítems 3, 5, 32 y 33 de la tabla 10 llegaría directamente a estos nodos principales a través de las redes de acceso complementarias (para nuestro caso se considerará red de acceso GPON), se debería disponer de interfaces de conexión entre estos switches Metro y la red de acceso GPON que puedan manejar 77,3Gbps aprox. para luego de 3 años, es decir, se plantearán 4 conexiones de 10Gbps en cada switch concentrador de *core* Metro hacia las redes de acceso GPON. En la figura 90 se muestra un fragmento del Anexo A3 destacando los anillos Metro de Quito y las conexiones hacia red de acceso GPON para luego de 3 años.

Concentradores Core Metro Guayaquil (Item N° 42 de tabla 10) y Capacidad en puertos tributarios en switches concentradores Metro en nodos principales de GYE (Item N° 44 de tabla 10):

El tráfico que eventualmente manejarían los switches concentradores Metro de los nodos principales de Guayaquil desde y hacia otros nodos, es decir a través de anillos Metropolitanos, es igual a la suma del Tráfico Local Metro Guayaquil (*LAN to LAN*) (ítem 36 de la tabla 10) más una fracción de la suma del Tráfico Troncal Internacional Guayaquil (ítem 4 de la tabla 10), más el Tráfico Troncal Quito-Guayaquil (datos) (ítem 5 de la tabla 10), más el Tráfico Total Ciudades hacia Guayaquil (ítem 17 de la tabla 10) y más el Tráfico local Metro GYE (VPNs MPLS L3) (ítem 34 de la tabla 10). De los ítems 4, 5, 17 y 34 de la tabla 10 se estima que el 40% del tráfico corresponde a servicios con accesos en los dos nodos principales que tienen conexiones a la red MPLS, pues son 8 nodos Metro en Guayaquil y los dos nodos principales corresponderían en una distribución proporcional entre los nodos al 25% del tráfico, sin embargo, se estima el 40% pues estos dos nodos principales son los que tienen el mayor despliegue de cables de fibra óptica de alta densidad de hilos y son los nodos que permitirían ofrecer servicios de *Datacenter*. De esta manera no implica la creación de nuevos anillos Metro de alta capacidad para los servicios que llegan con accesos directamente a estos nodos. Entonces, sólo para el 60% del tráfico de los ítems 4, 5, 17 y 34 de la tabla 10, junto con todo el tráfico local *LAN to LAN* de Guayaquil implicaría la implementación de anillos MetroEthernet de alta capacidad. Se estiman entonces 89,5Gbps, es decir, 9 anillos de 10Gbps para luego de 3 años.

Adicionalmente, considerando que el 40% del tráfico de los ítems 4, 5, 17 y 34 de la tabla 10 llegaría directamente a estos nodos principales a través de las redes de acceso complementarias (para nuestro caso se considerará red de acceso GPON), se debería disponer de interfaces de conexión entre estos

switches Metro y la red de acceso GPON que puedan manejar 53,5Gbps aprox. para luego de 3 años, es decir, se plantearán tres conexiones de 10Gbps en cada switch concentrador de core Metro hacia las redes de acceso GPON en Guayaquil. En la figura 91 se muestra un fragmento del Anexo A3 destacando los anillos Metro de Guayaquil y las conexiones hacia red de acceso GPON para luego de 3 años.

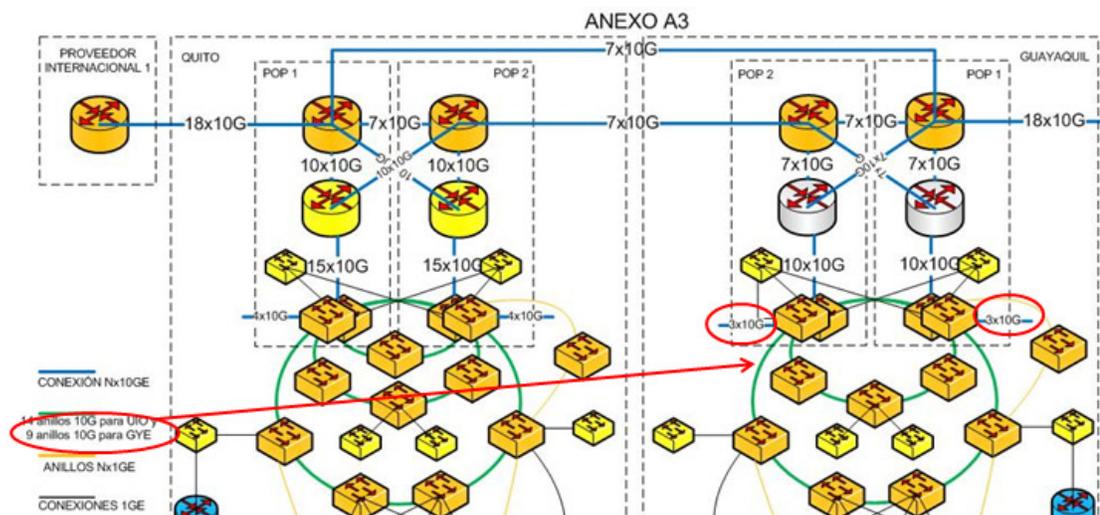


Figura 91. Fragmento Anexo A3: Anillos Metro Guayaquil y conexiones a red de acceso para luego de 3 años.

En la Tabla 10 se resume el dimensionamiento y diseño de red, con los comentarios respectivos, para las diferentes ciudades, considerando los equipos, capacidad de las conexiones entre ellos y topología para la situación inicial, luego de 18 meses y luego de 3 años para el proveedor de servicios con el 20% del tráfico nacional, tomando en cuenta tasas de crecimiento del tráfico de 300% cada 18 meses. La tabla 10 está íntimamente relacionada con las gráficas de diseño mostradas en los anexos A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2 y C3.

Tabla 10

Dimensionamiento y diseño de red para condición inicial, a 18 meses y a 3 años para el proveedor con el 20% de tráfico nacional aproximado.

It.	Descripción	Coment.	Tráfico actual (Mbps)	Comentario	Crecim. % 18 meses	Tráfico a 18 meses (Mbps)	Comentario	Crecim. % 18 meses	Tráfico a 3 años (Mbps)	Comentario
1	Tráfico Internacional Total Ecuador		97513		300%	292539		300%	877617	
2	Tráfico internacional proveedor	Proveedor 20%	19503	Conexión Internacional Quito y Guayaquil 2x10G	300%	58508	Conexión Internacional Quito y Guayaquil 6x10G	300%	175523	Conexión Internacional Quito y Guayaquil 18x10G
3	Troncal Internacional Quito	65% del total nacional	12677	datos proveedor referencial	300%	38030		300%	114090	
4	Troncal Internacional Guayaquil	35% del total nacional	6826	datos proveedor referencial	300%	20478		300%	61433	
5	Troncal Quito-Guayaquil (datos)		2000		300%	6000		300%	18000	
6	Troncal Quito-Guayaquil total, caso crítico	3+5	14677	Conexión UIO-GYE 2x10G balanceando	300%	44030	Conexión UIO-GYE 5x10G balanceando	300%	132090	Conexión UIO-GYE 14x10G balanceando
7	AZUAY - GYE		1000	Conexión Cuenca - GYE 1x1G redundante	300%	3000	Conexión Cuenca - GYE 1x10G redundante (3G capacidad)	300%	9000	Conexión Cuenca - GYE 1x10G redundante
8	CAÑAR – GYE		100	Anillo 1x1GE N°1 (Guayaquil-Babahoyo-Azoguez-Macas-Zamora-Loja-Guayaquil)	300%	300	Anillo 1x10GE N°1 (Guayaquil-Babahoyo-Azoguez-Macas-Zamora-Loja-Guayaquil)	300%	900	Anillo 1x10GE N°1 (Guayaquil-Babahoyo-Azoguez-Macas-Zamora-Loja-Guayaquil)
9	EL ORO – GYE		1000	Conexión Machala - GYE 1x1G redundante	300%	3000	Conexión Machala - GYE 1x10G redundante	300%	9000	Conexión Machala - GYE 1x10G redundante
10	GUAYAS		referencia 2							
11	LOJA - GYE		500	Anillo 1x1GE N°1 (Guayaquil-Babahoyo-Azoguez-Macas-Zamora-Loja-Guayaquil)	300%	1500	Anillo 1x10GE N°1 (Guayaquil-Babahoyo-Azoguez-Macas-Zamora-Loja-Guayaquil)	300%	4500	Anillo 1x10GE N°1 (Guayaquil-Babahoyo-Azoguez-Macas-Zamora-Loja-Guayaquil)
12	LOS RIOS – GYE		100	Anillo 1x1GE N°1 (Guayaquil-Babahoyo-Azoguez-Macas-Zamora-Loja-Guayaquil)	300%	300	Anillo 1x10GE N°1 (Guayaquil-Babahoyo-Azoguez-Macas-Zamora-Loja-Guayaquil)	300%	900	Anillo 1x10GE N°1 (Guayaquil-Babahoyo-Azoguez-Macas-Zamora-Loja-Guayaquil)

Continúa →

13	MANABI - GYE		1000	Conexión Manta - GYE 1x1G redundante	300%	3000	Conexión Manta - GYE 1x10G redundante	300%	9000	Conexión Manta - GYE 1x10G redundante
14	MORONA SANTIAGO - GYE		100	Anillo 1x1GE N°1 (Guayaquil-Babahoyo-Azoguez-Macas-Zamora-Loja-Guayaquil)	300%	300	Anillo 1x10GE N°1 (Guayaquil-Babahoyo-Azoguez-Macas-Zamora-Loja-Guayaquil)	300%	900	Anillo 1x10GE N°1 (Guayaquil-Babahoyo-Azoguez-Macas-Zamora-Loja-Guayaquil)
15	SANTA ELENA - GYE		100	Anillo N°2 1x1GE Santa Elena-GYE	300%	300	Anillo N°2 1x1GE Santa Elena-GYE	300%	900	Anillo N°2 1x1GE Santa Elena-GYE
16	ZAMORA CHINCHIPE - GYE		100	Anillo 1x1GE N°1 (Guayaquil-Babahoyo-Azoguez-Macas-Zamora-Loja-Guayaquil)	300%	300	Anillo 1x10GE N°1 (Guayaquil-Babahoyo-Azoguez-Macas-Zamora-Loja-Guayaquil)	300%	900	Anillo 1x10GE N°1 (Guayaquil-Babahoyo-Azoguez-Macas-Zamora-Loja-Guayaquil)
17	Total Ciudades hacia Guayaquil	Suma (7-16)	4000		300%	12000		300%	36000	
18	BOLIVAR - UIO		100	Anillo N°3 1x1GE (Quito-Latacunga-Riobamba-Guaranda-Santo Domingo-Esmeraldas-Quito)	300%	300	Anillo N°3 1x10GE (Quito-Latacunga-Riobamba-Guaranda-Santo Domingo-Esmeraldas-Quito)	300%	900	Anillo N°3 1x10GE (Quito-Latacunga-Riobamba-Guaranda-Santo Domingo-Esmeraldas-Quito)
19	CARCHI - UIO		100	Anillo N°5 2x1GE (Quito-Ibarra-Tulcán-Quito)	300%	300	Anillo N°5 1x10GE (Quito-Ibarra-Tulcán-Quito)	300%	900	Anillo N°5 1x10GE (Quito-Ibarra-Tulcán-Quito)
20	CHIMBORAZO - UIO		500	Anillo N°3 1x1GE (Quito-Latacunga-Riobamba-Guaranda-Santo Domingo-Esmeraldas-Quito)	300%	1500	Anillo N°3 1x10GE (Quito-Latacunga-Riobamba-Guaranda-Santo Domingo-Esmeraldas-Quito)	300%	4500	Anillo N°3 1x10GE (Quito-Latacunga-Riobamba-Guaranda-Santo Domingo-Esmeraldas-Quito)
21	COTOPAXI - UIO		100	Anillo N°3 1x1GE (Quito-Latacunga-Riobamba-Guaranda-Santo Domingo-Esmeraldas-Quito)	300%	300	Anillo N°3 1x10GE (Quito-Latacunga-Riobamba-Guaranda-Santo Domingo-Esmeraldas-Quito)	300%	900	Anillo N°3 1x10GE (Quito-Latacunga-Riobamba-Guaranda-Santo Domingo-Esmeraldas-Quito)
22	ESMERALDAS - UIO		100	Anillo N°3 1x1GE (Quito-Latacunga-Riobamba-Guaranda-Santo Domingo-Esmeraldas-Quito)	300%	300	Anillo N°3 1x10GE (Quito-Latacunga-Riobamba-Guaranda-Santo Domingo-Esmeraldas-Quito)	300%	900	Anillo N°3 1x10GE (Quito-Latacunga-Riobamba-Guaranda-Santo Domingo-Esmeraldas-Quito)
23	GALAPAGOS - UIO		100	Enlace satelital	300%	300		300%	900	
24	IMBABURA - UIO		500	Anillo N°5 1x1GE (Quito-Ibarra-Tulcán-Quito)	300%	1500	Anillo N°5 2x1GE (Quito-Ibarra-Tulcán-Quito)	300%	4500	Anillo N°5 1x10GE (Quito-Ibarra-Tulcán-Quito)
25	NAPO - UIO		100	Anillo N°4 1x1GE (Quito-Puyo-Tena-Coca-Nueva Loja-Quito)	300%	300	Anillo N°4 1x10GE (Quito-Puyo-Tena-Coca-Nueva Loja-Quito)	300%	900	Anillo N°4 1x10GE (Quito-Puyo-Tena-Coca-Nueva Loja-Quito)

Continúa →

2 6	ORELLANA - UIO		100	Anillo N° 4 1x1GE (Quito- Puyo-Tena- Coca-Nueva Loja-Quito)	300%	300	Anillo N° 4 1x10GE (Quito- Puyo-Tena- Coca-Nueva Loja-Quito)	300%	900	Anillo N° 4 1x10GE (Quito-Puyo- Tena-Coca- Nueva Loja- Quito)
2 7	PASTAZA - UIO		100	Anillo N° 4 1x1GE (Quito- Puyo-Tena- Coca-Nueva Loja-Quito)	300%	300	Anillo N° 4 1x10GE (Quito- Puyo-Tena- Coca-Nueva Loja-Quito)	300%	900	Anillo N° 4 1x10GE (Quito-Puyo- Tena-Coca- Nueva Loja- Quito)
2 8	PICHINCHA - UIO	referenci a 1								
2 9	SANTO DOMINGO - UIO		100	Anillo N°3 1x1GE (Quito- Latacunga- Riobamba- Guaranda- Santo Domingo- Esmeraldas- Quito)	300%	300	Anillo N°3 1x10GE (Quito- Latacunga- Riobamba- Guaranda-Santo Domingo- Esmeraldas- Quito)	300%	900	Anillo N°3 1x10GE (Quito- Latacunga- Riobamba- Guaranda- Santo Domingo- Esmeraldas- Quito)
3 0	SUCUMBIOS - UIO		100	Anillo N° 4 1x1GE (Quito- Puyo-Tena- Coca-Nueva Loja-Quito)	300%	300	Anillo N° 4 1x10GE (Quito- Puyo-Tena- Coca-Nueva Loja-Quito)	300%	900	Anillo N° 4 1x10GE (Quito-Puyo- Tena-Coca- Nueva Loja- Quito)
3 1	TUNGURAH UA - UIO		1000	Conexión Ambato - UIO 1x1G redundante	300%	3000	Conexión Ambato - UIO 1x10G redundante	300%	9000	Conexión Ambato - UIO 1x10G redundante
3 2	<i>Total Ciudades hacia Quito</i>	Suma (18-31)	3000			9000			27000	
3 3	Tráfico local Metro UIO (VPNs MPLS L3)	30% tráfico internacio nal UIO	3803	estimación proveedor referencial		11409			34227	
3 4	Tráfico local Metro GYE (VPNs MPLS L3)	30% tráfico internacio nal GYE	2048	estimación proveedor referencial		6143			18430	
3 5	Tráfico local Metro Quito (LAN to LAN)	50% de ítem 33	1902	datos proveedor referencial		5705			17114	
3 6	Tráfico local Metro GYE (LAN to LAN)	50% de ítem 34	1024			3072			9215	

Continúa →

3 7	Routers Edge Quito	3+5+33+ 32	21480	Cada router de edge manejaría en operación normal la mitad del tráfico aprox, es decir, cada uno tendría 10790M, necesita 1x10G hacia el core balanceando, considerando que a mayor tráfico la multiplexación estadística es más eficiente. Considerando que menos de la mitad de clientes solicita configuraciones de edge redundante, cada router de edge manejaría hasta el 75% de este tráfico, entonces sería, 16485Mbps, entonces serían 2x10G desde cada Edge hacia la Metro	64439	Cada router de edge manejaría en operación normal la mitad del tráfico aprox, es decir, cada uno tendría 32970M, necesita 4x10G hacia el core balanceando hacia cada core. Considerando que menos de la mitad de clientes solicita configuraciones de edge redundante, cada router de edge manejaría hasta el 75% de este tráfico, entonces sería, 49454Mbps, es decir, 5x10G desde cada Edge hacia la Metro	193317	Cada router de edge manejaría en operación normal la mitad del tráfico aprox, es decir, cada uno tendría 98908M, necesita 10x10G hacia el core balanceando hacia cada core. Considerando que menos de la mitad de clientes solicita configuraciones de edge redundante, cada router de edge manejaría hasta el 75% de este tráfico, entonces sería, 148363Mbps, es decir, 15x10G desde cada Edge hacia la Metro
3 8	Routers Edge Guayaquil	4+5+34+ 17	14874	Cada router de edge manejaría en operación normal la mitad del tráfico aprox, es decir, cada uno tendría 7437M, necesita 1x10G hacia el core balanceando, entonces se considerará 2x10G, uno hacia cada core. Considerando que menos de la mitad de clientes solicita configuraciones de edge redundante, cada router de edge manejaría hasta el 75% de este tráfico, entonces sería, 10855Mbps, entonces se considerará sólo 1x10G hacia la Metro, considerando que es tráfico estadístico y que a más tráfico se puede optimizar más el uso.	44621	Cada router de edge manejaría en operación normal la mitad del tráfico aprox, es decir, cada uno tendría 22311M, necesita 3x10G hacia el core balanceando, entonces se considerará 3x10G hacia cada core en caso de falla de 1 core. Considerando que menos de la mitad de clientes solicita configuraciones de edge redundante, cada router de edge manejaría hasta el 75% de este tráfico en caso de falla del otro edge, entonces sería, 33466Mbps, se considerará 4x10G desde cada edge hacia la Metro	133863	Cada router de edge manejaría en operación normal la mitad del tráfico aprox, es decir, cada uno tendría 66932M, necesita 7x10G hacia el core balanceando, entonces se considerará 9x10G hacia cada core en caso de falla de 1 core. Considerando que menos de la mitad de clientes solicita configuraciones de edge redundante, cada router de edge manejaría hasta el 75% de este tráfico en caso de falla del otro edge, entonces sería, 100398Mbps, se considerará 10x10G desde cada edge hacia la Metro
3 9	Routers Core Quito	2+5+32+ 33	28306		84917		254750	

Continúa →

40	Routers Core Guayaquil	2+5+17+34	27550		82651		247953	
41	Concentradores Core Metro Quito	0,6x (3+5+32+33) +35	14789	De los ítems 3, 5, 32 y 33 se estima que el 40% del tráfico corresponde a servicios con accesos en los dos nodos principales que tienen conexiones a la red MPLS, pues son 10 nodos y los dos nodos principales corresponderían en una distribución proporcional entre los nodos al 20% del tráfico, sin embargo, se estima el 40% pues estos dos nodos principales son los que tienen el mayor despliegue de cables de fibra óptica de alta densidad de hilos y son los nodos que permitirían ofrecer servicios de Datacenter. De esta manera no implica la creación de nuevos anillos Metro de alta capacidad. Entonces se estimarían 2 anillos de 10G, pero por la topología de la planta externa se consideran 3 anillos de 10G	44368	De los ítems 3, 5, 32 y 33 se estima que el 40% del tráfico corresponde a servicios con accesos en los dos nodos principales que tienen conexiones a la red MPLS, pues son 10 nodos y los dos nodos principales corresponderían en una distribución proporcional entre los nodos al 20% del tráfico, sin embargo, se estima el 40% pues estos dos nodos principales son los que tienen el mayor despliegue de cables de fibra óptica de alta densidad de hilos y son los nodos que permitirían ofrecer servicios de Datacenter. De esta manera no implica la creación de nuevos anillos Metro de alta capacidad. Entonces se estiman 5 anillos de 10G	133104	De los ítems 3, 5, 32 y 33 se estima que el 40% del tráfico corresponde a servicios con accesos en los dos nodos principales que tienen conexiones a la red MPLS, pues son 10 nodos y los dos nodos principales corresponderían en una distribución proporcional entre los nodos al 20% del tráfico, sin embargo, se estima el 40% pues estos dos nodos principales son los que tienen el mayor despliegue de cables de fibra óptica de alta densidad de hilos y son los nodos que permitirían ofrecer servicios de Datacenter. De esta manera no implica la creación de nuevos anillos Metro de alta capacidad. Entonces se estiman 14 anillos de 10G

Continúa →

42	Concentradores Core Metro Guayaquil	0,6x (4+5+17 +34) +36	9948	De los ítems 4, 5, 17 y 34 se estima que el 40% del tráfico corresponde a servicios con accesos en los dos nodos principales que tienen conexiones a la red MPLS, pues son 8 nodos y los dos nodos principales corresponderían en una distribución proporcional entre los nodos al 25% del tráfico, sin embargo, se estima el 40% pues estos dos nodos principales son los que tienen el mayor despliegue de cables de fibra óptica de alta densidad de hilos y son los nodos que permitirían ofrecer servicios de Datacenter. De esta manera no implica la creación de nuevos anillos Metro de alta capacidad. Entonces se estimaría un 1 anillo de 10G, pero por la topología de la planta externa de fibra óptica se consideran 2 anillos de 10G	29844	De los ítems 4, 5, 17 y 34 se estima que el 40% del tráfico corresponde a servicios con accesos en los dos nodos principales que tienen conexiones a la red MPLS, pues son 8 nodos y los dos nodos principales corresponderían en una distribución proporcional entre los nodos al 25% del tráfico, sin embargo, se estima el 40% pues estos dos nodos principales son los que tienen el mayor despliegue de cables de fibra óptica de alta densidad de hilos y son los nodos que permitirían ofrecer servicios de Datacenter. De esta manera no implica la creación de nuevos anillos Metro de alta capacidad. Entonces se estiman 3 anillos de 10G	89533	De los ítems 4, 5, 17 y 34 se estima que el 40% del tráfico corresponde a servicios con accesos en los dos nodos principales que tienen conexiones a la red MPLS, pues son 8 nodos y los dos nodos principales corresponderían en una distribución proporcional entre los nodos al 25% del tráfico, sin embargo, se estima el 40% pues estos dos nodos principales son los que tienen el mayor despliegue de cables de fibra óptica de alta densidad de hilos y son los nodos que permitirían ofrecer servicios de Datacenter. De esta manera no implica la creación de nuevos anillos Metro de alta capacidad. Entonces se estiman 9 anillos de 10G
----	---	-----------------------------	------	---	-------	--	-------	--

Continúa →

43	Capacidad en puertos tributarios en switches concentradores Metro en nodos principales de UIO	0,4x (3+5+32+33)	8592	De los ítems 3, 5, 32 y 33 se estima que el 40% del tráfico corresponde a servicios con accesos en los dos nodos principales que tienen conexiones a la red MPLS, pues son 10 nodos y los dos nodos principales corresponden proporcionalmente al 20% del tráfico, sin embargo, se estima el 40% pues estos dos nodos principales son los que tienen el mayor despliegue de cables de fibra óptica de alta densidad de hilos y son los nodos que permitirían ofrecer servicios de Datacenter. Esto implica 5x1G hacia accesos en cada nodo principal	25776	De los ítems 3, 5, 32 y 33 se estima que el 40% del tráfico corresponde a servicios con accesos en los dos nodos principales que tienen conexiones a la red MPLS, pues son 10 nodos y los dos nodos principales corresponden proporcionalmente al 20% del tráfico, sin embargo, se estima el 40% pues estos dos nodos principales son los que tienen el mayor despliegue de cables de fibra óptica de alta densidad de hilos y son los nodos que permitirían ofrecer servicios de Datacenter. Esto implica 2x10G hacia accesos en cada nodo principal	77327	De los ítems 3, 5, 32 y 33 se estima que el 40% del tráfico corresponde a servicios con accesos en los dos nodos principales que tienen conexiones a la red MPLS, pues son 10 nodos y los dos nodos principales corresponden proporcionalmente al 20% del tráfico, sin embargo, se estima el 40% pues estos dos nodos principales son los que tienen el mayor despliegue de cables de fibra óptica de alta densidad de hilos y son los nodos que permitirían ofrecer servicios de Datacenter. Esto implica 4x10G hacia accesos en cada nodo principal
44	Capacidad en puertos tributarios en switches concentradores Metro en nodos principales de GYE	0,4x (4+5+17+34)	5949	De los ítems 4, 5, 17 y 34 se estima que el 40% del tráfico corresponde a servicios con accesos en los dos nodos principales que tienen conexiones a la red MPLS, pues son 8 nodos y los dos nodos principales corresponden proporcionalmente al 25% del tráfico, sin embargo, se estima el 40% pues estos nodos son los que tienen el despliegue de cables de fibra óptica de alta densidad de hilos y son los nodos que permitirían ofrecer servicios de Datacenter. Esto implica 3x1G hacia accesos en cada nodo principal	17848	De los ítems 4, 5, 17 y 34 se estima que el 40% del tráfico corresponde a servicios con accesos en los dos nodos principales que tienen conexiones a la red MPLS, pues son 8 nodos y los dos nodos principales corresponden proporcionalmente al 25% del tráfico, sin embargo, se estima el 40% pues estos nodos son los que tienen el despliegue de cables de fibra óptica de alta densidad de hilos y son los nodos que permitirían ofrecer servicios de Datacenter. Esto implica 1x10G hacia accesos en cada nodo principal	53545	De los ítems 4, 5, 17 y 34 se estima que el 40% del tráfico corresponde a servicios con accesos en los dos nodos principales que tienen conexiones a la red MPLS, pues son 8 nodos y los dos nodos principales corresponden proporcionalmente al 25% del tráfico, sin embargo, se estima el 40% pues estos nodos son los que tienen el despliegue de cables de fibra óptica de alta densidad de hilos y son los nodos que permitirían ofrecer servicios de Datacenter. Esto implica 3x10G hacia accesos en cada nodo principal

2.4.3. CONSIDERACIONES DE MULTISERVICIOS Y TECNOLOGÍAS

La red a planificarse debe estar preparada no sólo para soportar los servicios e implementaciones actuales, sino que debería preverse futuras implementaciones o necesidades, por lo que es importante considerar el equipamiento, tanto en hardware como software, que permita a futuro dichas implementaciones, tecnologías o necesidades. Estas características pueden referirse a posibilidades de implementación de protocolos, funcionalidades de seguridad, de calidad de servicio, operación de alta disponibilidad relacionada con el hardware, etc.

Algunas de estas posibles características del equipamiento se muestran en el cuadro 9.

Para la red IP/MPLS y MetroEthernet se seleccionarán equipos acordes a las implementaciones de nueva generación deseadas. Entre estas implementaciones de nueva generación, están las tendencias de poder ofrecer *Carrier Ethernet Services*, a nivel nacional y mundial, pues sobre una plataforma que permite este tipo de servicios prácticamente se puede entregar servicios en capa 2 o capa 3 correspondientes a distintas aplicaciones, como por ejemplo Internet, datos, telefonía, video conferencia, streaming, servicios de colaboración, seguridad, servicios de entrega de contenido, garantizando calidad de servicio a lo largo de la red.

Es importante también definir como necesidades tecnológicas el soporte de IPv6, mecanismos de seguridad como el uso de IPSec (esta característica está más ligada al software pero también a la capacidad de procesamiento del equipo).

La mayoría de las características mostradas en el cuadro 9 son importantes para las posibilidades de soluciones para la entrega de servicios pero están más relacionadas con las posibilidades que nos ofrece el software del equipo.

Cuadro 9

Algunos protocolos y funcionalidades en hardware y software

Posibles características de hardware y software	Posibles características de hardware y software
BGP Support	Generic Traffic Shaping
Class-Based Packet Marking Enhancements	IEEE 802.1ad QinQ
DHCP - Static Mapping	IEEE 802.1s Multiple Spanning Tree Protocol
DHCP Enhancements for Edge-Session Management	IEEE 802.3ad Link Aggregation
Dialer Map VRF Aware	IGMP Snooping
Dynamic DNS Support for Cisco IOS	IPSec VPNs
EIGRP	ISIS Support
Enhanced cRTP for links with high delay, packet loss and reordering	L2 MPLS VPN – VPLS
Enhanced QoS Marking and Queuing	L2PT Layer 2 Protocol Tunneling
FHRP - VRF Aware VRRP	L3 MPLS VPN
FTP Support for Downloading Software Images	MPLS - IPv6 6PE
Generic Routing Encapsulation	MPLS Diff-Serv-Aware Traffic Engineering (DS-TE)
HTTP Security	MPLS VPN VRF Selection using PBR (Policy Based Routing)
IGMP Version 2	NAT - Static IP Support
IP SLAs Sub-millisecond Accuracy Improvements	NetFlow Layer 2 and Security Monitoring Exports
IPv6 (Internet Protocol Version 6)	NSF Awareness (Nonstop Forwarding Awareness)
IPv6 Policy-Based Routing	NSF Non Stop Forwarding and Stateful Switchover SSO
IS-IS HMAC-MD5 Authentication	Per Interface MTU
IS-IS Support for IP Route Tags	PIM Dense Mode Sparse Mode
L2TP Layer 2 Tunneling Protocol	RADIUS NAS-IP-Address Configurability
Link Aggregation Control Protocol (LACP) (802.3ad) for Gigabit Interfaces	REP Resilient Ethernet Protocol
Memory Traceback Recording	RSVP Resource Reservation Protocol
MPLS Traffic Engineering	SNMP (Simple Network Management Protocol)
OSPFv3	SNMP over IPv6
Port Security	Storm Control
Private VLANs	TCP MSS Adjust
Selective QinQ, vlan mapping	VLAN Translation
Traffic Policing	VRF Lite
VLAN Access Control Lists	VRRP Virtual Router Redundancy Protocol

2.4.4. CONSIDERACIONES DE EQUIPAMIENTO

De acuerdo con las tendencias mundiales de productos y servicios, para el diseño de la red nacional se van a contemplar algunas características importantes que determinan principalmente el hardware a utilizarse, debido a que las funcionalidades relativas al software son de implementación relativamente más sencilla. Estas características o funcionalidades son las mostradas en el cuadro 10. Algunas de estas características están relacionadas con las especificaciones del hardware y también del software en algunos casos.

Existe un factor también determinante en las redes MetroEthernet y es el hecho de la definición de si la red MetroEthernet va a implementarse como red MetroEthernet como tal con switches Capa 2 o si se la va a implementar con switches Capa 3 y MPLS, lo cual cambiaría el concepto de la red y la convertiría

en una red IP/MPLS. Esta definición es importante pues va a determinar el tipo de equipamiento que se necesitará y los costos que implica. Para el diseño de la red MetroEthernet nacional se utilizarán switches Capa 2, por lo cual es de suma importancia definir el protocolo de control de capa 2 referente a la topología de la red. Por esta razón un factor determinante para la selección del equipamiento es adicionalmente las posibilidades de protocolos de protección en capa 2 que se tengan.

En el cuadro comparativo 7 se presentaron algunos protocolos de protección en Capa 2, de la cual se establecerá que el protocolo de preferencia a utilizarse en la red MetroEthernet es REP (*Resilient Ethernet Protocol*), sin embargo, esta definición orientaría hacia el fabricante Cisco.

Generalmente existen diversos factores de selección entre un fabricante y otro. Los factores que se considerarán para la selección del equipamiento de la red IP/MPLS y MetroEthernet nacional de nueva generación con referencia al fabricante son los que se presentan en el cuadro 11, en la cual se agregan comentarios aclarando la orientación de la selección de equipos para la red de este proyecto.

Considerando que se está planteando el diseño para la red de un proveedor nacional o multinacional, vale la pena mencionar que no es recomendable, en la implementación de la red depender exclusivamente de un fabricante, puesto que en caso de existir deficiencias que puedan surgir eventualmente en el tiempo con el equipamiento de ese fabricante o su soporte, es complicado remplazar en el corto plazo a ese fabricante por uno distinto, si éste no ha sido homologado. Esta complicación se puede deber a diversos factores, como el conocimiento de configuración de los equipos, manejo de contratos de mantenimiento, improvisación en operación de la red del nuevo fabricante, falta de homologación y pruebas de stress de ese nuevo equipamiento, entre otros.

Cuadro 10

Funcionalidades importantes para la selección del hardware

Funcionalidad	Comentarios
MTU (Maximum Transmission Unit)	Soporte de <i>Jumbo Frames</i>
N° MAC Address soportadas	La mayor cantidad posible según el uso del equipo
Equipo Carrier Class	Estos equipos poseen mejores características de MTBF (<i>Mean Time Between Failure</i>), capacidades de procesamiento y funcionalidades
Alimentación DC	La energía DC es más estable y menos costosa de brindar alta disponibilidad
Fuentes redundantes	Para alta disponibilidad
Procesadoras redundantes en lo posible	Para alta disponibilidad, necesario en equipos de <i>core</i>
Capacidad de procesamiento	En función del tráfico e implementaciones a realizarse
Escalabilidad	Modularidad en equipos de <i>core</i>
Redundancia en tarjetas y puertos de agregación	Relacionado con la topología redundante
Funcionalidad de Non Stop Forwarding	Relacionado con las funcionalidades de redundancia de procesadoras
Selective QinQ	Para poder implementar <i>Carrier Ethernet Services</i> , no todas las plataformas de hardware lo soportan
Vlan Translation	Para poder implementar <i>Carrier Ethernet Services</i> , no todas las plataformas de hardware lo soportan
Layer 2 Protocol Tunneling	Para poder implementar <i>Carrier Ethernet Services</i> , no todas las plataformas de hardware lo soportan
MPLS L2 VPNs – VPLS	Para poder implementar <i>Carrier Ethernet Services</i> , no todas las plataformas de hardware lo soportan

De acuerdo con lo mencionado, es recomendable homologar, es decir, hacer las pruebas de configuración, operación, desempeño, entre otros, equipos que puedan satisfacer los requerimientos de implementación de red correspondientes a más de un fabricante.

Debido a que en la red IP/MPLS y MetroEthernet nacional de nueva generación que se está diseñando es una red referencial, es importante considerar equipamiento que están utilizando los proveedores de servicios en Ecuador para las redes de este tipo.

En Ecuador la mayor parte de proveedores de servicios utilizan en sus redes IP/MPLS y MetroEthernet al fabricante Cisco, pero existen otros fabricantes también importantes como Juniper, Alcatel, Huawei y Tellabs. Para nuestra red se seleccionarán a dos de ellos y algunas de las justificaciones son las indicadas en el cuadro 11.

Algunos proveedores de servicios, generalmente los más pequeños, tienen una diversidad muy grande de equipamiento y fabricantes, a veces por falta de estándares a seguir, orientación a costos, procesos de homologación de equipamiento no definidos, entre otros. Esta diversidad puede complicar a la operación y desempeño de la red y la calidad de los servicios que se entregan.

Los proveedores de servicios más grandes tienen una gama más pequeña de fabricantes y equipos a implementarse en la red por varias razones que generalmente se orientan a mejorar la calidad del servicio. Estas razones pueden ser las siguientes:

- Estándares de equipamiento, implementaciones y configuraciones bien definidos
- Rigurosos procesos de homologación de equipamiento y tecnologías
- Facilidad de manejo de contratos y soporte de mantenimiento con el fabricante
- Seguimiento de mejores prácticas a nivel mundial.
- Facilidad de especialización en conocimientos del personal

Cuadro 11

Consideraciones de fabricante

Factores selección de fabricante	Consideraciones / Justificación	Fabricantes seleccionados
Fabricantes utilizados en proveedores de servicios en Ecuador	La mayor parte de proveedores de servicios del país tienen en sus redes IP/MPLS y MetroEthernet equipos Cisco como plataforma de backbone. En menor grado están Juniper, Huawei, Tellabs, Alcatel	Cisco y Juniper
Contratos de mantenimiento y soporte	En general los contratos de mantenimiento con los diferentes fabricantes tienen un alcance similar, sin embargo, el soporte de empresas como Huawei y Cisco es local, sin embargo por los otros factores se escoge a Cisco y Juniper	Cisco y Juniper
Capacitación del personal	Los conocimientos de equipos y configuraciones sobre Cisco están altamente difundidos en el país a diferencia de los demás fabricantes	Cisco y Juniper
Disponibilidad de información en línea	La mayoría de fabricantes tiene información acerca de sus equipos, sin embargo, Cisco posee la mayor cantidad de información de tecnología y equipamientos en línea disponible para el público	Cisco y Juniper
Tendencias mundiales	Cisco es considerado el Vendor número uno en línea de Networking a nivel mundial	Cisco y Juniper
Desempeño de equipamiento	En general, los diferentes fabricantes con las plataformas apropiadas cumplen muchas de las funcionalidades necesarias para una red de backbone y si se comparan sólo los datasheets de los equipos, posiblemente no existan mayores diferencias. Sin embargo, en esta consideración puede ser necesario establecer procesos de homologación de equipamiento por parte de los proveedores y someter a los equipos de los fabricantes a pruebas de estrés. Puede evaluarse el desempeño del equipamiento de acuerdo a su uso, los requerimientos y funcionalidades en equipos de core, borde o acceso de un proveedor de servicios son diferentes a los de un cliente. Por experiencia personal y ya que Cisco y Juniper constan como equipos homologados y aptos para este tipo de redes en proveedores mundiales presentes en Ecuador, lo que no ocurre con todos los demás fabricantes, también se opta por Cisco y Juniper. Adicionalmente, el proveedor referencial tiene en Latinoamérica a Juniper y Cisco como plataformas homologadas MPLS/MetroEthernet.	Cisco y Juniper
Equipamiento estándar en proveedores de servicios	Cisco y Juniper son dos de los fabricantes homologados y utilizados a nivel mundial por varios de los proveedores multinacionales con presencia en Ecuador para equipos de backbone IP/MPLS y MetroEthernet	Cisco y Juniper
Costo	Para proveedores pequeños tal vez el costo sea un factor muy determinante, sin embargo, para grandes proveedores y con procesos de homologación rigurosos el costo será un factor importante pero no por encima del desempeño, principalmente para los proveedores enfocados en la calidad antes que en costo. Al ser una red nacional se considera de mayor peso los otros factores antes mencionados	Cisco y Juniper

Para la red nacional IP/MPLS y MetroEthernet se ha escogido a los fabricantes Cisco y Juniper. Para la red IP/MPLS por experiencia personal y estándares de algunos de los proveedores se consideran a Cisco y Juniper similares en desempeño, sin embargo, para la red MetroEthernet Cisco cuenta con una ventaja importante que es el poder utilizar el protocolo propietario de Cisco REP (*Resilient Ethernet Protocol*) con su línea de switches MetroEthernet, por lo que se preferirá a Cisco en la red MetroEthernet nacional.

2.5. DISEÑO DE RED MPLS Y METROETHERNET

En el diseño se delimitan claramente las redes MetroEthernet de las redes IP/MPLS con el propósito de no incrementar los costos en las redes de distribución y acceso y mantener los servicios en capa 2, con switches MetroEthernet en capa 2, que no requieran de software, licenciamiento y capacidades adicionales para que funcionen como routers MPLS. Si se utilizaran equipos MPLS en la red de acceso y distribución en las áreas metropolitanas, se tendrían equipos más costosos y posiblemente se necesitaría hacer que un switch de línea MetroEthernet opere como switch capa 3 y con funcionalidades de MPLS y en caso de que se deba entregar servicios en capa 2 que implemente VPLS. Para este tipo de requerimientos conviene que el switch permanezca funcionando en capa 2 haciendo únicamente sus tareas de *switching* en capa 2 que significará mejor desempeño de la red MetroEthernet, considerando que los switches tienen ASICs (*Application-Specific Integrated Circuit*) en su hardware dedicados a este tipo de tareas.

Debido a las capacidades nacionales planificadas para los próximos 3 años para las diferentes provincias del país y debido a las capacidades y funcionalidades del equipamiento seleccionado, y considerando además que la mayor parte del tráfico nacional termina o cursa por Quito y Guayaquil, para las ciudades medianas y pequeñas se está considerando redes interurbanas con anillos de switches MetroEthernet en esquemas redundantes que se conectan a

las ciudades de Quito o Guayaquil. A este tipo de red se la denominará arbitrariamente red MetroEthernet Extendida (ExtMetro).

En los anexos A1, A2 y A3 se muestra el diagrama de diseño de la red MetroEthernet para las ciudades de Quito y Guayaquil, las conexiones troncales Quito-Guayaquil y las conexiones internacionales. El diseño contempla redundancia de POPs, de salidas internacionales, de troncales Quito-Guayaquil, de equipamiento de core y edge MPLS, de equipamiento de core Metro, anillos metropolitanos con rutas redundantes, switches de acceso Metro con conexiones redundantes hacia switches de core Metro, dependiendo del tamaño del nodo. Los accesos de última milla hacia los clientes estarían dados principalmente por otras tecnologías de acceso como por ejemplo GPON, Wimax, xDSL y adicionalmente por conexiones de fibra directo a los switches Metro de acceso en esquemas punto a punto o formando anillos de clientes.

Para las redes MetroEthernet de Quito y Guayaquil se contemplan múltiples anillos metropolitanos de 10 Gbps con equipamiento Cisco 7609-S como concentradores de core Metro ubicados en dos POPs (*Point Of Presence*) o nodos principales en cada ciudad, que permitirán recibir los anillos de 10Gbps y brindar las conexiones nx10Gbps de la red MetroEthernet y la red MPLS. Las especificaciones de este equipo se presentan en el anexo D. Los nodos secundarios que forman parte de los anillos Metropolitanos de 10Gbps tienen switches Cisco ME3800X y conexiones de nx1GE contra los switches de acceso que son switches Cisco ME3600X, ME3400EG-12CS-M y ME3400E-24TS. Las ciudades de las provincias de Pichincha y Guayas se conectará hacia la red MetroEthernet de Quito o Guayaquil a manera de extensiones de redes MetroEthernet locales. Los switches de Core Metro son los más necesarios de implementar con la línea MetroEthernet para facilitar soluciones *Carrier Ethernet*, y los switches de acceso son importantes pero de menor prioridad. Las principales diferencias entre los switches Cisco de la línea ME,

además de las características de puertos, son las capacidades de procesamiento y cantidad de direcciones MAC soportadas, lo que en una red MetroEthernet es muy importante. Por esta razón se han escogido como switches de core Metro a los ME3800X que forman parte de anillos y que llevarán mayor cantidad de tráfico y deberán aprender mayor cantidad de direcciones MAC. Las diferencias básicas de los modelos de switches Cisco ME se muestran en sus *datasheets*, anexos E, F y G. Para las conexiones a Galápagos y Santa Elena, por el ancho de banda requerido y por ser ciudades pequeñas se colocarán switches ExtMetro ME3400EG-12CS-M.

Los routers de borde en Quito y Guayaquil son equipos Juniper MX960 con conexiones de nx10Gbps hacia la red MetroEthernet y hacia los routers de core.

Los routers de core son de las mismas características y poseen las conexiones redundantes internacionales y las troncales Quito-Guayaquil. Este modelo de equipamiento se ha escogido por la gran capacidad de manejo de tráfico que tiene y brindar facilidad de escalabilidad a la red de core y edge. Las especificaciones técnicas de este equipo constan en el anexo H. En el cuadro 12 se muestra una comparación de algunos modelos de routers Juniper. Se ha escogido para los routers de borde y de core al fabricante Juniper en lugar de Cisco principalmente por costos, pues en desempeño se consideran similares.

En los anexos B1, B2 y B3 se muestra el diseño para las provincias medianas como son Azuay, El Oro, Manabí y Tungurahua, se plantea un diseño con equipamiento y troncales redundantes con routers de borde MPLS Juniper MX80 (ver anexo I sobre especificaciones técnicas) las tres primeras concentradas en Guayaquil y la última conectada hacia Quito.

Cuadro 12

Comparación equipos Juniper

	MX 80	MX 240	MX 480	MX 960
Capacity	80 Gbps	240Gbps 16-port 10-Gigabit Ethernet: 480 Gbps	480Gbps 16-port 10-Gigabit Ethernet: 1.4 Tbps	960Gbps 16-port 10-Gigabit Ethernet: 2.6 Tbps
Chassis Size	27.75 x 17.5 x 23.5 inches 2 rack units 24 per 7' rack	• 17.5 x 8.7 x 23.8 inches • 4 slot / 5 rack units • 9 per 7' rack	• 17.5 x 14 x 23.8 inches • 8 slot / 8 rack units • 6 per 7' rack	• 17.5 x 27.8 x 23.5 inches • 14 slot / 16 rack units • 3 per 7' rack
10-Gigabit Ethernet and 1-Gigabit Ethernet ports	MX80: 4x10-Gigabit Ethernet + 2 MIC slots (=40-port Gigabit Ethernet) MX 80-48T: 4x10-Gigabit Ethernet + 48-port Gigabit Ethernet	12 / 120 With 16-port 10-Gigabit Ethernet: 48 Line rate: 36	24 / 240 With 16-port 10-Gigabit Ethernet: 96 Line rate: 72	48 / 480 With 16-port 10-Gigabit Ethernet: 176 Line rate: 132
DPC slots and FDX throughput per slot	N/A	• 3 DPC slots (2 with SCB redundancy) • 40 Gbps per slot	• 6 DPC slots • 40 Gbps per slot	• 12 DPC slots (11 with SCB redundancy) • 40 Gbps per slot
Packet Forwarding Capacity	45-70 Mpps	180 Mpps	360 Mpps	720 Mpps
Dependable Hardware	Redundant fan and power	• Passive mid-plane • Redundant Routing Engines, switching fabric, (1+1) fan and power	• Passive mid-plane • Redundant Routing Engines, switching fabric, (1+1) fan and power	• Passive mid-plane • Redundant Routing Engines, switching fabric, (2+1) fan and power
Cooling	Side-to-side	Side-to-side	Side-to-side	Front-to-back

(Juniper, www.juniper.net)

Los routers podrán establecer conexiones redundantes de 10Gbps o nx1Gbps contra los switches Metro de estas provincias. Los switches de core Metro de estas provincias son Cisco MX3800 en su mayoría y los switches de acceso Metro Cisco ME3600X, ME3400EG-12CS-M y ME3400E-24TS.

Se considerarán 10 nodos secundarios adicionales en Quito, 8 en Guayaquil, sumando 18 nodos secundarios en estas ciudades. Se considera 1 nodo adicional en cada una de las ciudades de Manta, Machala, Cuenca y Ambato, resultando un total de 4 nodos primarios y 4 nodos secundarios entre estas ciudades. En el resto de ciudades se considera sólo un nodo principal, es decir, 18 nodos distribuidos en estas ciudades con 32 (2x16) switches tipo ME3800X para las ciudades de Tulcán, Ibarra, Puyo, Tena, Coca, Nueva Loja, Esmeraldas, Santo Domingo, Guaranda, Riobamba, Latacunga, Babahoyo, Azogues, Macas, Zamora y Loja, y 4 (2x2) ME3400EG-12CS para Santa Elena

y Galápagos. Todas estas ciudades tendrán redundancia de switches en sus nodos principales. Estos switches podrían estar conectados directamente a tecnologías de acceso como GPON, SDH, bases de radio multipunto. En el diseño y en las consideraciones de costos, de acuerdo con el alcance del proyecto, no se considerarán los costos en estas tecnologías de acceso.

En el cuadro 13 se presenta la estimación de switches MetroEthernet secundarios que se necesitarían luego de 18 meses y en el cuadro 14 lo correspondiente luego de 3 años. Para Quito se estima que se necesitarían 14 anillos de 10Gbps, mientras que en Guayaquil se estima 9 anillos de 10Gbps luego de 3 años.

En los Anexos C1, C2, C3 se muestra el diseño para el resto de ciudades del país para la condición inicial, 18 meses y 3 años, donde se plantean anillos de red MetroEthernet Extendida o interurbana, con switches ME3800X que permiten de manera escalable formar anillos de nx1G o anillos de 10Gbps según el incremento de tráfico y para ciertos casos se considerarán switches ME3400-EG-12CS. Estos anillos dependen de la topología de la red física de fibra óptica o de las redes DWDM y SDH de transporte, las cuales no están contempladas dentro del alcance del proyecto de red IP/MPLS y MetroEthernet. Sin embargo, se plantean topologías tipo para un proveedor referencial tomando en cuenta las redes nacionales de fibra óptica de algunos de los proveedores del país, las cuales se muestran en las figuras 92, 93, 94 y 95, obtenidas de fuentes públicas disponibles en internet del Mintel y de las páginas web de estos proveedores.

Los switches de Metro Extendida de estas ciudades se conectan a los switches de acceso Metro de modelos Cisco ME3600X, ME3400EG-12CS-M y ME3400E-24TS con conexiones de nx1Gbps.

Cuadro 13

Estimación switches Core Metro nodos secundarios luego de 18 meses en Quito y Guayaquil

Ciudad / Anillo	Inicial			Luego de 18 meses					Modelo	Justificac.
	Anillos L2	Nodos secund.	Switches nodos secund.	Incremento anillos L2	Incremento switches secundar.	Total Switches	Incremento puertos 10G	Total puertos 10G para anillos		
Quito Anillo Físico 1	1	4	4	1	4	8	8	16	ME3800X	Estimación de 5 anillos de 10G en UIO
Quito Anillo Físico 2	1	4	4	1	4	8	8	16	ME3800X	Estimación de 5 anillos de 10G en UIO
Quito Anillo Físico 3	1	2	2	0	0	2	0	4	ME3800X	Estimación de 5 anillos de 10G en UIO
Guayaquil Anillo físico 1	1	4	4	1	4	8	8	16	ME3800X	Estimación de 3 anillos de 10G en GYE
Guayaquil Anillo físico 2	1	4	4	0	0	4	0	8	ME3800X	Estimación de 9 anillos de 10G en GYE
Total	5	18	18	3	12	30	24	60		

Cuadro 14

Estimación switches Core Metro nodos secundarios luego de 3 años Quito y Guayaquil

Ciudad / Anillo	Inicial (a partir de los 18 meses)			Al tercer año					Mo del o	Justificación
	Anillos L2	Nodos secundar.	Switches nodos secundar.	Incremento anillos L2	Incremento o switches secundar.	Total Switches	Incremento puertos 10G	Total puertos 10G para anillos		
Quito Anillo Físico 1	2	4	8	4	16	24	32	48	ME 3800X	Estimación de 14 anillos de 10G en UIO
Quito Anillo Físico 2	2	4	8	3	12	20	24	40	ME 3800X	Estimación de 14 anillos de 10G en UIO
Quito Anillo Físico 3	1	2	2	2	4	6	8	12	ME 3800X	Estimación de 14 anillos de 10G en UIO
Guayaquil Anillo físico 1	2	4	8	3	12	20	24	40	ME 3800X	Estimación de 9 anillos de 10G en GYE
Guayaquil Anillo físico 2	1	4	4	3	12	16	24	32	ME 3800X	Estimación de 9 anillos de 10G en GYE
Total	8	18	30	15	56	86	112	172		

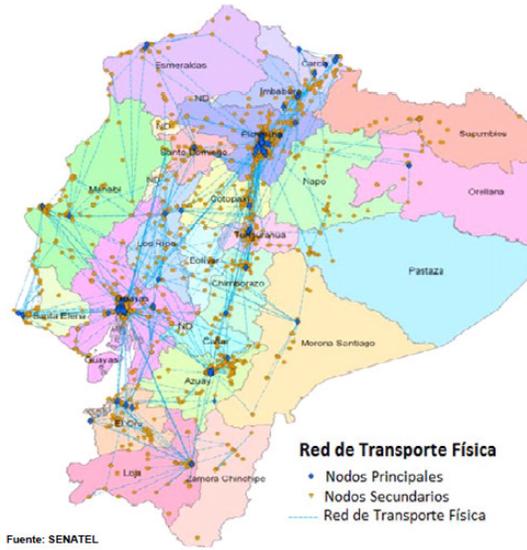


Figura 92. Red de fibra óptica nacional (todos los operadores)

(Mintel, www.mintel.gob.ec, s.f.)

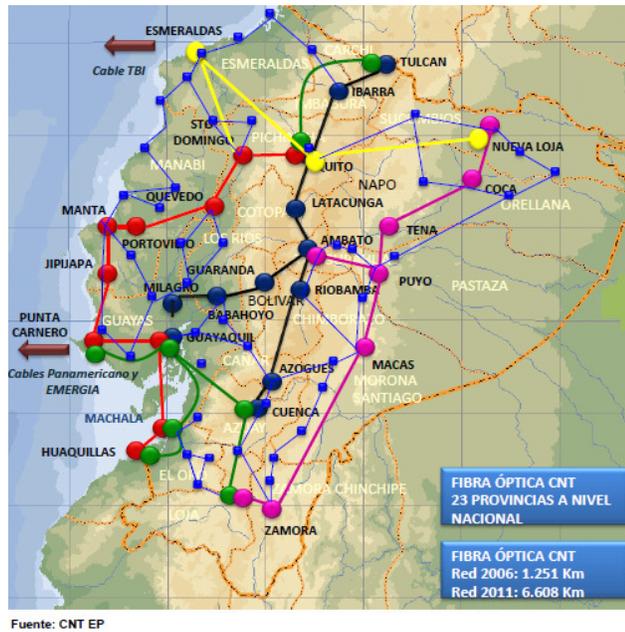


Figura 93. Red de fibra óptica CNT EP (Corporación Nacional de Telecomunicaciones)

(Mintel, www.mintel.gob.ec, s.f.)

Cuadro 15

Resumen de equipamiento

Equipo	Modelo
Router core GYE 1	Juniper MX960
Router core GYE 2	Juniper MX960
Router core UIO 1	Juniper MX960
Router core UIO 2	Juniper MX960
Router Edge Ambato 1	Juniper MX80
Router Edge Ambato 2	Juniper MX80
Router Edge Cuenca 1	Juniper MX80
Router Edge Cuenca 2	Juniper MX80
Router Edge GYE 1	Juniper MX960
Router Edge GYE 2	Juniper MX960
Router Edge Machala 1	Juniper MX80
Router Edge Machala 2	Juniper MX80
Router Edge Manta 1	Juniper MX80
Router Edge Manta 2	Juniper MX80
Router Edge UIO 1	Juniper MX960
Router Edge UIO 2	Juniper MX960
Switch Core Metro GYE 1	Cisco 7609-S
Switch Core Metro GYE 2	Cisco 7609-S
Switch Core Metro UIO 1	Cisco 7609-S
Switch Core Metro UIO 2	Cisco 7609-S
Switches Core Metro Ambato 1 y 2	Cisco ME3800X
Switches Core Metro Manta 1 y 2	Cisco ME3800X
Switches Core Metro Machala 1 y 2	Cisco ME3800X
Switches Core Metro Cuenca 1 y 2	Cisco ME3800X
Switch ExtMetro Galápagos	Cisco ME3400EG-12CS
Switches ExtMetro 1 y 2 Azogues	Cisco ME3800X
Switches ExtMetro 1 y 2 Babahoyo	Cisco ME3800X
Switches ExtMetro 1 y 2 Coca	Cisco ME3800X
Switches ExtMetro 1 y 2 Esmeraldas	Cisco ME3800X
Switches ExtMetro 1 y 2 Guaranda	Cisco ME3800X
Switches ExtMetro 1 y 2 Ibarra	Cisco ME3800X
Switches ExtMetro 1 y 2 Latacunga	Cisco ME3800X
Switches ExtMetro 1 y 2 Loja	Cisco ME3800X
Switches ExtMetro 1 y 2 Macas	Cisco ME3800X
Switches ExtMetro 1 y 2 Nueva Loja	Cisco ME3800X
Switches ExtMetro 1 y 2 Puyo	Cisco ME3800X
Switches ExtMetro 1 y 2 Riobamba	Cisco ME3800X
Switches ExtMetro 1 y 2 Santa Elena	Cisco ME3400EG-12CS
Switches ExtMetro 1 y 2 Santo Domingo	Cisco ME3800X
Switches ExtMetro 1 y 2 Tena	Cisco ME3800X
Switches ExtMetro 1 y 2 Tulcán	Cisco ME3800X
Switches ExtMetro 1 y 2 Zamora	Cisco ME3800X
Switches Core Metro Secundarios Quito, Guayaquil, Ambato, Manta, Machala y Cuenca	Cisco ME3800X
Switches acceso Metro	Cisco ME3600X, ME3400EG-12CS, ME3400E-24TS

3. CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE COSTOS DE LA RED MPLS/METROETHERNET NACIONAL

3.1. COSTOS DE EQUIPAMIENTO DE NUEVA GENERACIÓN PARA LA RED MPLS Y METROETHERNET

De acuerdo con las consideraciones de la tabla 10 y con los diagramas de red presentados en los anexos A (A1, A2 y A3), B (B1, B2 y B3) y C (C1, C2 y C3), el equipamiento necesario actualmente y el necesario dentro de 18 meses y 3 años se resume a continuación en la tabla 11, incluyendo costos, la cual se obtuvo a partir de los datos de equipamiento de los Anexos J, K y L correspondientes a la inversión inicial, incremento en inversión en 18 meses e incremento en inversión en 3 años, en las que se incluyen los precios de lista de los equipos y el detalle de los mismos. Adicionalmente, se colocaron valores referenciales de descuento que suelen tener los proveedores de servicios con los fabricantes; para el caso de Cisco se está considerando un descuento del 60% en línea Metro y 69% en línea Cisco 7609 y para el caso de Juniper un descuento del 85% en todos los equipos. También se está agregando los costos adicionales por importación que suele aplicarse a este tipo de equipos que está en el orden del 15% del valor de la compra.

Para el equipamiento de switches MetroEthernet en los nodos secundarios de Quito y Guayaquil se decidió plantear la implementación de varios anillos de 10G con equipos ME3800X y con tributarios de 1Gbps, debido al elevado costo adicional que implicaría colocar switches Metro de varias interfaces de 10G en estos nodos; este análisis se presenta en las tablas 12, 13 y 14. Para clientes que requirieran interfaces de 10Gbps sería necesario desplegar anillos de fibra óptica para ese cliente hacia los nodos principales en estas ciudades.

Tabla 11

Resumen inversiones para la red nacional MPLS y MetroEthernet

Equipos	Inversión inicial	Incremento inversión 18 meses	Incremento inversión 3 años
Router core GYE 1	140065,6875	1656	13248
Router core GYE 2	140065,6875	6624	62859
Router core UIO 1	140065,6875	8280	105846
Router core UIO 2	140065,6875	3312	56235
Router Edge Ambato 1	21472,8	1656	686,55
Router Edge Ambato 2	21472,8	1656	686,55
Router Edge Cuenca 1	21472,8	1656	686,55
Router Edge Cuenca 2	21472,8	1656	686,55
Router Edge GYE 1	105018	828	14076
Router Edge GYE 2	105018	828	14076
Router Edge Machala 1	21472,8	1656	686,55
Router Edge Machala 2	21472,8	1656	686,55
Router Edge Manta 1	21472,8	1656	686,55
Router Edge Manta 2	21472,8	1656	686,55
Router Edge UIO 1	105018	5796	57891
Router Edge UIO 2	105018	5796	57891
Switch Core Metro GYE 1	148906,485	38145,5	197857,5
Switch Core Metro GYE 2	148906,485	38145,5	197857,5
Switch Core Metro UIO 1	148906,485	114436,5	331434,485
Switch Core Metro UIO 2	148906,485	114436,5	331434,485
Switch ExtMetro Galápagos	4597,7	0	0
Switches ExtMetro 1 y 2 Azogues	26482,2	7350,8	0
Switches ExtMetro 1 y 2 Babahoyo	26482,2	7350,8	0
Switches ExtMetro 1 y 2 Coca	26482,2	0	7350,8
Switches ExtMetro 1 y 2 Esmeraldas	26482,2	7350,8	0
Switches ExtMetro 1 y 2 Guaranda	26482,2	7350,8	0
Switches ExtMetro 1 y 2 Ibarra	26482,2	2024	7350,8
Switches ExtMetro 1 y 2 Latacunga	26482,2	7350,8	0
Switches ExtMetro 1 y 2 Loja	26482,2	7350,8	0
Switches ExtMetro 1 y 2 Macas	26482,2	7350,8	0
Switches ExtMetro 1 y 2 Nueva Loja	26482,2	0	7350,8
Switches ExtMetro 1 y 2 Puyo	26482,2	0	7350,8
Switches ExtMetro 1 y 2 Riobamba	26482,2	7350,8	0
Switches ExtMetro 1 y 2 Santa Elena	13243,4	0	0
Switches ExtMetro 1 y 2 Santo Domingo	26482,2	7350,8	0
Switches ExtMetro 1 y 2 Tena	26482,2	0	7350,8
Switches ExtMetro 1 y 2 Tulcán	26482,2	2024	7350,8
Switches ExtMetro 1 y 2 Zamora	26482,2	7350,8	0
Switches Core Metro Secundarios UIO y GYE	313605	229310	884580
Switches Core Metro Manta, Machala, Cuenca, Ambato	198950	10120	10120
Total general	2701854,39	668518	2385003,17

Tabla 12

Necesidad de equipamiento Metro para nodos secundarios con ME3800X para crecimiento en 3 años

Ciudad	Primer año		Al tercer año				Modelo	Justificación
	Anillos L2	Nodos secundar.	Incremento anillos L2 a tercer año	Incremento switches secundar.	Total switches	Total puertos 10G para anillos		
Quito Anillo Físico 1	1	4	5	20	24	48	ME3800X	Estimación de 14 anillos de 10G en UIO
Quito Anillo Físico 2	1	4	4	16	20	40	ME3800X	Estimación de 14 anillos de 10G en UIO
Quito Anillo Físico 3	1	2	2	4	6	12	ME3800X	Estimación de 14 anillos de 10G en UIO
Guayaquil Anillo físico 1	1	4	4	16	20	40	ME3800X	Estimación de 9 anillos de 10G en GYE
Guayaquil Anillo físico 2	1	4	3	12	16	32	ME3800X	Estimación de 9 anillos de 10G en GYE
Total	5	18	18	68	86	172		

Los resultados de la tabla 14 se obtuvieron de los datos detallados mostrados en el anexo M, donde se presenta el análisis para ambas opciones de equipamiento con sus costos luego de 3 años.

Adicionalmente, es importante considerar el equipamiento de respaldo necesario. A pesar de que el diseño contemplado es de alta disponibilidad, hace falta tener equipo de respaldo almacenado en bodega. Por esta razón se ha definido la necesidad del equipamiento de respaldo en sitio que se muestra en la tabla 15, donde se incluyen costos de equipos y sus justificaciones. La inversión de estos equipos también se debería hacer en conjunto con la inversión inicial. El detalle de los costos mostrados en la tabla 15 se presenta en el anexo N.

Tabla 13

Necesidad de equipamiento Metro para nodos secundarios con Cisco 7609-S para crecimiento en 3 años

Anillo	Primer año		Tercer año					Total puertos 10G para anillos	Justificación
	Anillos L2	Nodos secundar.	Incremento anillos L2 a tercer año	Cantidad de Cisco 7609 necesarios	Cantidad puertos 10G por equipo	Cantidad tarjetas 4x10G por equipo	Total tarjetas 4x10G		
Quito Anillo Físico 1	1	4	5	4	12	3	12	48	Estimación de 14 anillos de 10G en UIO
Quito Anillo Físico 2	1	4	4	4	10	3	10	40	Estimación de 14 anillos de 10G en UIO
Quito Anillo Físico 3	1	2	2	2	6	2	3	12	Estimación de 14 anillos de 10G en UIO
Guayaquil Anillo físico 1	1	4	4	4	10	3	10	40	Estimación de 9 anillos de 10G en GYE
Guayaquil Anillo físico 2	1	4	3	4	8	2	8	32	Estimación de 9 anillos de 10G en GYE
Total	5	18	18	18	46	12	43	172	

Tabla 14

Comparación de costos de equipamiento para nodos secundarios Metro en Quito y Guayaquil en 3 años

	ME3800X	7609-S
Anillos físicos Quito	3	3
Anillos físicos Guayaquil	2	2
Anillos 10G Metro L2 Quito	14	14 (con agregación de enlaces)
Anillos 10G Metro L2 Guayaquil	9	9 (con agregación de enlaces)
Nodos secundarios Quito	10	10
Nodos secundarios Guayaquil	8	8
Switches Quito	36	10
Switches Guayaquil	50	8
Costo (DDP) (USD)	1427495	3000454

Tabla 15

Costos de equipamiento de respaldo en sitio

Equipos respaldo en sitio	Costo Final (USD)	Comentario
Respaldo Core Metro GYE	97251	
Respaldo Core Metro UIO	94756	
Respaldo core/edge GYE	93252	
Respaldo core/edge UIO	93252	
Respaldo Edge Ciudades Ambato, Manta, Machala y Cuenca	21233	Se considera sólo un equipo de respaldo para estas ciudades tomando en cuenta el diseño de alta disponibilidad que permitiría que uno de los dos routers de borde en estas ciudades soporte toda la carga y servicios de manera independiente
Respaldo Metro Ambato	15355	
Respaldo Metro Cuenca	15355	
Respaldo Metro Galápagos	5610	
Respaldo Metro GYE	15355	
Respaldo Metro Machala	15355	
Respaldo Metro Manta	15355	
Respaldo Metro Santa Elena	5610	
Respaldo Metro UIO	15355	
Respaldo Metro Ext Puyo, Tena, Coca, Nueva Loja	15355	Por el diseño de alta disponibilidad, uno de los dos switches Metro de estas ciudades estaría en la capacidad de soportar todo el tráfico y servicios de manera independiente en estas ciudades. Se colocaría un único switch de respaldo en la zona oriental del país
Respaldo Metro Ext Ibarra y Tulcán	15355	Por el diseño de alta disponibilidad, uno de los dos switches Metro de estas ciudades estaría en la capacidad de soportar todo el tráfico y servicios de manera independiente en estas ciudades. Se colocaría un único switch de respaldo en la zona norte del país
Respaldo Metro Ext Esmeraldas, Santo Domingo, Guaranda, Riobamba, Latacunga	15355	Por el diseño de alta disponibilidad, uno de los dos switches Metro de estas ciudades estaría en la capacidad de soportar todo el tráfico y servicios de manera independiente en estas ciudades. Se colocaría un único switch de respaldo para estas ciudades
Respaldo Metro Ext Babahoyo, Azogues, Macas, Zamora, Loja	15355	Por el diseño de alta disponibilidad, uno de los dos switches Metro de estas ciudades estaría en la capacidad de soportar todo el tráfico y servicios de manera independiente en estas ciudades. Se colocaría un único switch de respaldo para estas ciudades
Total general	564511	

3.2. CONSIDERACIONES PARA LA EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO DE RED MPLS Y METROETHERNET NACIONAL

Para poder realizar la evaluación financiera del proyecto es necesario recavar información adicional y complementaria al proyecto, pues es un proyecto que se enfoca en el núcleo de la red y es un proyecto nacional, por lo cual es más complicado definir puntualmente cuáles serían los ingresos y egresos directamente asociados al proyecto. Este proyecto permite conectar las redes de acceso que se utilizarán para la entrega de servicios y soportar los actuales y nuevos servicios del proveedor de servicios. Es decir, se hace necesario integrar al análisis de este proyecto elementos complementarios como son por ejemplo el costo de los enlaces de acceso que se necesitarán para entregar los servicios a los clientes y el equipamiento a colocarse en el cliente, los costos de operación de la red como costos de instalación y mantenimiento y costos por capacidad internacional e interurbana, considerando que eventualmente la capacidad internacional e interurbana fuera entregada por otro proveedor de servicios, para no tener que incurrir en el análisis del proyecto de la red de infraestructura y transporte nacional e internacional, pues no está contemplado dentro del alcance del presente proyecto. Sin embargo, si la capacidad internacional e interurbana fuese sobre infraestructura propia del proveedor seguramente en el tiempo se verá mejorada la rentabilidad del proveedor de servicios.

Todas estas consideraciones se van a enmarcar en tres categorías: Ingresos, Capex (*Capital Expenditures*) y Opex (*Operational Expenditure*).

3.2.1. CONSIDERACIONES DE CAPEX

3.2.1.1. CONSIDERACIONES DE INVERSIONES EN EQUIPAMIENTO DE RED

Una vez determinados los costos de equipamiento del proyecto y necesidades establecidas cada 18 meses, de acuerdo con las tendencias de

crecimiento, con datos de las tablas 11 y 15, en la tabla 16 se definen las inversiones semestrales que se necesitarían para el equipamiento de la red MPLS y MetroEthernet de nueva generación. Es necesario mencionar que en general los costos de equipamiento suelen mantenerse durante varios años y luego disminuir, pero se considerará la situación más adversa en la que los costos de equipos no disminuyen durante los 3 años en consideración.

Tabla 16

Inversiones en equipamiento para la red MPLS y MetroEthernet nacional

Inversiones en equipamiento de red MPLS y MetroEthernet						
Semestre	0	1	2	3	4	5
Equipo activo	2701854	334259	334259	795001	795001	795001
Equipo respaldo	564511					
Total	3266365	334259	334259	795001	795001	795001

Esta estimación semestral de las inversiones es adecuada, debido a que el equipamiento activo necesario para soportar los servicios luego de 18 meses o 3 años debe estar al 100% operativo antes de los 18 meses o 3 años, por esa razón se distribuyeron las inversiones correspondientes en los semestres anteriores de manera uniforme, tomando en cuenta el crecimiento de las necesidades de capacidad y equipamiento de red son exponenciales y que al hacer la distribución uniforme nos anticipamos a los requerimientos estimados de crecimiento. Es importante mencionar que el tiempo de llegada de los equipos activos puede oscilar entre 2 o 3 meses y un tiempo similar su implementación, sino un tiempo mayor, por lo que algunas empresas, no sólo de Telecomunicaciones, suelen definir tiempos de pago que pueden ser mayores a 60 días a partir de la llegada de las facturas, es decir, del tiempo de entrega de los equipos. Esta consideración es importante pues va a evitar que se tenga que realizar pagos anticipados por los equipos, incluso antes de poder utilizarlos, explotarlos o beneficiarnos de ellos.

3.2.1.2. CONSIDERACIONES COSTOS DE ENLACES DE ACCESO

Para poder estimar la cantidad de accesos de última milla para un proveedor de servicios que pretenda abarcar también el 20% de los enlaces de servicios portadores a nivel nacional, se ha obtenido información pública del Conatel donde se puede observar el crecimiento anual que ha tenido el número de enlaces de servicios portadores y se ha realizado una estimación de crecimiento para los siguientes 3 años, la cual se muestra en la tabla 17. La cantidad incremental de servicios portadores estimada se distribuirá uniformemente de manera semestral. Se tomará un factor de crecimiento anual de 157%.

Tabla 17

Cantidad de enlaces de servicios portadores

Fecha	Número de Enlaces Servicios Portadores Nacional	Factor de Crecimiento anual	Comentario	Proveedor con 20% de enlaces
sep-08	165265		Datos Conatel	
sep-09	250547	152%	Datos Conatel	
sep-10	421936	168%	Datos Conatel	
sep-11	642491	152%	Datos Conatel	
sep-12	1011455	157%	Estimado con tasa de crecimiento promedio últimos años	202291
sep-13	1592304	157%	Estimado con tasa de crecimiento promedio últimos años	318461
sep-14	2506718	157%	Estimado con tasa de crecimiento promedio últimos años	501344
sep-15	3946252	157%	Estimado con tasa de crecimiento promedio últimos años	789250

(Supertel, www.supertel.gob.ec)

El detalle de costos de los accesos de última milla no se presenta, pues no está dentro del alcance del proyecto, pero sí se considera un costo referencial por acceso de cliente con tecnología GPON.

Este costo por acceso está determinado según el costo del equipamiento central de GPON (OLT – *Optical Line Terminal*), el costo por equipo terminal (ONT – *Optical Network Unit*), costo de elementos adicionales necesarios de acuerdo con la capacidad de cada equipamiento (*splitters, patchcords* de fibra

óptica, tarjetas de *Uplink*, módulos ópticos, etc.). Este costo referencial con tecnología GPON por acceso con determinado fabricante está en el orden de 175 USD. Dentro de estas consideraciones estaría el costo por energía adicional requerido por OLT en cada nodo.

3.2.1.3. CONSIDERACIONES DE INFRAESTRUCTURA

No se consideran costos de infraestructura en nodos y planta externa en la red primaria para el presente proyecto, pues se estima que los recursos de nodos en cuanto a espacio físico, energía y climatización actuales soportarán el crecimiento en equipamiento actual y futuro, tomando en cuenta la optimización de equipamiento, migraciones y eliminación de tecnologías antiguas en cada uno de los nodos actuales del proveedor de servicios referencial.

3.2.1.4. CONSIDERACIONES DE INVERSIONES EN PLANTA EXTERNA

Para el presente proyecto se hará el análisis considerando únicamente accesos de última milla por fibra óptica, tomando un valor referencial de longitud en la red secundaria de fibra óptica de 300 metros desde el splitter más cercano hasta la oficina del cliente. El costo referencial por metro de fibra óptica plana de 12 hilos es de 1,2 USD, es decir, el costo total de la fibra óptica de acceso por cada acceso es de 360 USD. Este costo podría disminuir utilizando cables de acometida de 6 hilos en lugar de 12 hilos y posiblemente con cables de especificaciones de calidad inferiores.

3.2.1.5. CONSIDERACIONES DE COSTO DE CPE (CLIENT PREMISE EQUIPMENT)

Se considerará colocar un ruteador con al menos dos interfaces con protocolo Ethernet (Fast Ethernet / GigabitEthernet) para la conexión hacia la ONT que entrega el enlace de última milla y la conexión a la red interna del

cliente. El costo referencial de este equipo es de 400 USD, como se muestra en la tabla 18.

Tabla 18

Router referencial para usarse como CPE

Equipo	Descripción	Modelo	Precio FOB (USD)	Precio Final (descuento 70%) (USD)	Precio DDP (15% adicional) (USD)	Capacidad estimada de manejo de tráfico (Mbps) (con servicios integrados de voz, datos, internet, encriptación)
SRX210B	SRX services gateway 210 with 2xGE + 6xFE ports, 1xMini-PIM slot, 1xExpressCard slot, and base memory (512MB RAM, 1GB FLASH). External power supply and cord included.	SRX210	\$1.099	329,7	379,155	100

(Datos del proveedor referencial)

3.2.2. CONSIDERACIONES DE OPEX

3.2.2.1. CONSIDERACIONES DE COSTOS POR CAPACIDAD INTERNACIONAL

Se considerará un costo referencial por Mbps de capacidad internacional de 33 USD y un factor de disminución anual del costo por Mbps del 0,8, es decir, cada año se pagaría un 80% del costo del año anterior, esta consideración se hace de acuerdo con la tabla 19 que muestra la disminución referencial de costos por Mbps de capacidad internacional, sin embargo, el factor de 0,8 es superior a los mostrados, con el propósito de considerar la situación más adversa.

Tanto para el costo de capacidad internacional como para el costo de capacidad interurbana se considerará un factor de multiplicación de este costo de acuerdo a la redundancia de enlace que se brinden a las troncales, es decir,

si existiera una troncal de 100Mbps de capacidad sin redundancia su factor de redundancia es 1, mientras que será igual a 2 si se poseen dos troncales internacionales o interurbanas de igual capacidad a manera de redundancia. Para el diseño de alta disponibilidad se considerará un factor de 2.

Tabla 19

Costos referenciales por Mbps de capacidad internacional

Fecha	Costo por Mbps internacional (USD)	Factor de disminución de costos
ago-10	75	
ago-11	45	0,6
ago-12	33	0,73

(Datos del proveedor referencial)

3.2.2.2. CONSIDERACIONES DE COSTOS POR CAPACIDAD INTERURBANA

Se considerará un costo referencial por Mbps de capacidad interurbana de 33 USD y un factor de disminución de 0,8. Este costo coincidentalmente es similar al costo por Mbps de capacidad internacional debido a que el volumen de capacidad internacional es mayor al de capacidad interurbana. También se considerará un factor de redundancia de 2 para este costo.

3.2.2.3. CONSIDERACIONES DE COSTOS POR INSTALACIÓN ÚLTIMA MILLA

Se considerará un costo referencial por instalación del enlace de última milla de 1,3 USD por metro, que significa un costo estimado por acceso de 390 USD, por considerarse 300 metros de fibra óptica de última milla.

3.2.2.4. CONSIDERACIONES DE COSTOS POR MANTENIMIENTO ÚLTIMA MILLA

Se considerará la necesidad eventual de incurrir en costos por mantenimiento de la última milla de 16,25 USD mensuales que equivale a tener

que instalar nuevamente el enlace de última milla en un período de 2 años, esta consideración suele manejarse para el proveedor referencial, de acuerdo con datos estadísticos propios del proveedor.

3.2.3. CONSIDERACIONES DE INGRESOS

3.2.3.1. CONSIDERACIONES DE DISMINUCIÓN DE PRECIOS

Se van a considerar factores de disminución anual de los precios del proveedor de servicios tomando valores referenciales utilizados por el proveedor de servicios referencial, estos factores se consideran en servicios dedicados, no compartidos o con reuso, y se muestran en la tabla 20.

Tabla 20

Factores de disminución anual de precios

Factor de disminución anual de Precio referencial Internet /Mbps dedicado	0,92
Factor de disminución anual de Precio referencial VPN Internacional/Mbps	0,92
Factor de disminución anual de Precio referencial VPN Nacional/Mbps	0,92
Factor de disminución anual de Precio referencial L2L Metropolitano/Mbps	0,92
Factor de disminución anual de Precios de instalación	0,92

(Datos del proveedor referencial)

3.2.3.2. CONSIDERACIONES DE FACTORES DE REVENTA DE ANCHO DE BANDA POR SERVICIO

Se van a considerar factores de reventa de ancho de banda sustentados por los datos del proveedor de servicios referencial de la relación del ancho de banda vendido por servicio con el tráfico estadístico generado por estos servicios. El resumen de una muestra de ancho de banda vendido y tráfico por servicios en varias ciudades del país se muestra en la tabla 21, donde se presenta el cálculo de estos factores de reventa, pero para mantener un margen de seguridad en la evaluación financiera, es decir, considerando situaciones adversas, se tomarán los valores que se muestran en la tabla 23, que son valores menores.

El contenido de la tabla 21 se generó de la siguiente forma con datos reales del proveedor referencial:

1.- Los datos de capacidad vendida en Mbps por ciudad y por servicio (para los servicios de Internet, VPN internacional y VPN nacional) se obtuvieron de un reporte de interfaces de servicio y sus limitaciones de ancho de banda configuradas en los ruteadores de borde en cada ciudad. Para la capacidad vendida de servicio L2L se sacó un reporte de las interfaces con servicios L2L y sus limitaciones de ancho de banda configuradas en los switches de acceso. La suma de estos valores por ciudad nos da el total general vendido por servicio.

Tabla 21

Relación ancho de banda vendido sobre tráfico estadístico por servicio para el proveedor referencial considerando algunas ciudades del país

Etiquetas de fila	Internet (Mbps)	VPN Internacional (Mbps)	VPN Nacional (Mbps)	L2L (Mbps)	Total (Mbps)
Ciudad 1	1049728	1536	235136		1286400
Ciudad 2	1686128	73520	2607028	1303514	5670190
Ciudad 3	1006144		104640		1110784
Ciudad 4	56832	768	143168		200768
Ciudad 5	2807522	271040	4423122	2211561	9713245
Total general vendido	6606354	346864	7513094	3515075	17981387
Total tráfico	1530000	170000	378000	176851	2254851,022
Eficiencia (total vendido/total tráfico)	432%	204%	1988%	1988%	797%

(Datos del proveedor referencial)

2.- El tráfico total por servicio se calcula con algunas consideraciones:

a.) Para los servicios de VPN (nacional e internacional) e Internet, tomando en cuenta que todo este tráfico cursa por los ruteadores de borde, se obtuvo el tráfico total de las interfaces agregadas de clientes

de los diferentes routers de borde en el país, es decir, el tráfico entre los ruteadores de borde y las redes de acceso tradicional y MetroEthernet a nivel nacional.

b.) Se hace la estimación de que el tráfico internacional de datos (VPNs internacionales) corresponde al 10% de todo el tráfico internacional, de acuerdo con información del proveedor referencial de datos históricos (el proveedor referencial manejaba anteriormente troncales de datos internacionales de manera separada al tráfico de Internet).

c.) Con el tráfico total internacional reflejado en las interfaces de las salidas internacionales y la consideración del literal b.) se puede determinar el tráfico total de internet y el tráfico total de VPNs internacionales a nivel nacional para el proveedor de servicios referencial.

d.) El tráfico internacional (VPN internacional e Internet) cursa las interfaces de los ruteadores de core hacia las salidas internacionales, mientras que el tráfico sumado de VPN internacional, VPN nacional e Internet cursa por las interfaces de los ruteadores de borde hacia las redes de acceso y corresponde al tráfico obtenido en el literal a). De esta manera, la diferencia de estos dos tráficos da como resultado el tráfico de VPNs nacionales para todo el país si se consideran todos los ruteadores de borde del país.

e.) Así se puede estimar a nivel nacional la proporción de tráfico cursante correspondiente a Internet, VPN nacional y VPN internacional en relación al tráfico total de estos servicios sumados. Con estas proporciones de tráfico a nivel nacional, se puede estimar para cada

ciudad el tráfico correspondiente a cada uno de estos servicios según el tráfico total de cada ciudad.

f.) Estadísticas del tráfico L2L no se poseen pues es un tráfico distribuido pero se estima que su eficiencia es similar a la del tráfico de VPN nacional, por su naturaleza de estar enmarcada sólo localmente y corresponder a tráfico de datos nacionales.

Adicionalmente, de la tabla 21 se puede derivar la tabla 22, donde se muestra la relación de tráfico para los diferentes servicios respecto del tráfico internacional. De esta tabla se puede confirmar las estimaciones de tráfico de servicios *Lan to LAN* (L2L) alrededor del 50% del tráfico de VPN. Para tener un margen de seguridad adicional y hacer el análisis financiero en condiciones adversas se considerarán ingresos por servicios de VPN nacional de 5 puntos menos, es decir, 17% en lugar de 22% y de servicios VPN Internacional y L2L de 7% en lugar de 10%.

Tabla 22

Relación de tráfico por servicio respecto de tráfico internacional

Tipo de tráfico	Internet	VPN Internacional	VPN Nacional	L2L
Relación de tráfico respecto de tráfico internacional (VPN internacional + Internet)	90,0%	10,0%	22%	10%
Relación tráfico respecto de tráfico internacional a utilizarse (margen de protección)	90%	7%	17%	7%

Es importante mencionar que en la tabla 23 se muestra por ejemplo el factor de reventa para el servicio de internet, considerando servicios dedicados corporativos, y no servicios masivos tipo hogar. Si se consideraran servicios tipo *Home* (hogar) el factor de reventa seguramente será mayor y va a beneficiar al

resultado financiero, pero se vería de alguna manera compensado con la disminución de precios del servicio masivo que es en mayor grado que los servicios dedicados corporativos, de acuerdo con datos del Mintel acerca de la disminución de precios de internet masivo en el país, que se muestra en la figura 96, datos obtenidos de un estudio de la Flacso Ecuador y el Instituto de Estudios Peruanos.

Tabla 23

Factores de reventa por servicio a considerarse en la evaluación financiera

Factor de reventa internet	400%
Factor de reventa VPN internacional	200%
Factor de reventa VPN nacional	800%
Factor de reventa L2L	800%

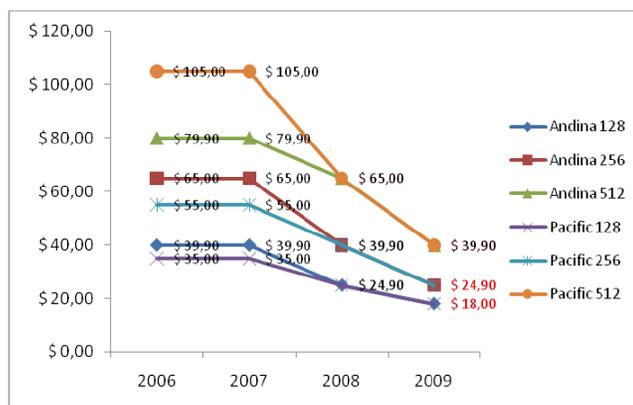


Gráfico 13: Histórico disminución de tarifas de Internet 2006-2009

Fuente: MINTEL 2010

Figura 96. Histórico de disminución de tarifas de Internet masivo

(María Belén Albornoz-Flacso Ecuador, 2011)

3.2.3.3. CONSIDERACIONES DE PRECIOS POR SERVICIO

Se van a considerar los precios referenciales mensuales en USD por servicio mostrados en la tabla 24.

Tabla 24

Precios referenciales mensuales por servicio en USD.

Precio referencial Internet /Mbps dedicado	120
Precio referencial VPN Internacional/Mbps	150
Precio referencial VPN Nacional/Mbps	120
Precio referencial L2L Metropolitano/Mbps	110
Precio referencial instalación UM	100

(Datos del proveedor referencial)

3.3. EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO DE RED MPLS Y METROETHERNET NACIONAL

Para la evaluación financiera se considerarán elementos que validen el proyecto como el VAN (Valor Actual Neto) que debería ser un valor positivo y un TIR (Tasa Interna de Retorno) que sea superior a la tasa de descuento de flujo de fondos que se podría tener para el capital considerado para el proyecto. Esta tasa de descuento es el WACC (*Weighted Average Cost of Capital*). En los últimos años, para el sector de Telecomunicaciones en el Ecuador se han manejado valores de WACC de entre el 20 y 23%, por lo que se considerará un WACC del 23% que sería la situación más adversa para el proyecto. Estos valores referenciales de WACC se han obtenido para empresas referenciales con un capital conformado por el 70% de activos y 30% de deuda.

La tasa del WACC se obtiene de la siguiente ecuación:

$$r_{wacc} = \%E * [r_F + \beta * m + C] + \%D * I * (1 - T) \quad ; \text{ donde:}$$

β : índice de la sensibilidad de la rentabilidad de un negocio particular con respecto a la rentabilidad de la cartera del mercado de esa línea de negocios, como por ejemplo el riesgo de los negocios de fibra óptica en el sector de Telecomunicaciones.

C: Tasa de riesgo país

I : Interés al que se ha contratado la deuda

T: Escudos fiscales

%E: Es el porcentaje en capital *%Equity* como parte de la estructura del capital de la empresa

%D: Es el porcentaje de Deuda *%Debt* como parte de la estructura de capital de una empresa

r_F: Es la tasa libre de riesgo, que por definición corresponde a la tasa de los Bonos del Tesoro de los Estados Unidos

m: *Market Premium*, corresponde a la diferencia entre la rentabilidad de la cartera del mercado de la línea de negocios y la tasa sin riesgo

Un ejemplo de cálculo del WACC para una empresa de Telecomunicaciones con capital conformado por el 70% de activos y 30% de deuda se muestra en la tabla 25.

Con estos elementos, las empresas de Telecomunicaciones determinan el valor del WACC a considerar. Para el presente proyecto se tomará en cuenta el valor de 23% como tasa anual de WACC.

Tabla 25

Ejemplo de cálculo de WACC

WACC (d)			
70%	Equity	30%	Debt
7,8%	Rf: Risk Free Rate	13,1%	i: Int. Rate
1,1		0,0%	T: Tax Shield
7,0%	m: Mket Premium		
11,00%	C: Country Risk		
$\{[R_f + (b \times m) + C] \times E\} + \{[i \times (1 - T)] \times D\}$			22,48%

(Datos del proveedor referencial)

El resumen de resultados de la evaluación financiera del proyecto de los primeros 2 meses se presenta en las tablas 26, 27 y 28 que indican el análisis correspondiente a los Ingresos estimados, al Capex y al Opex respectivamente. Finalmente en la tabla 29 y en la figura 97 se muestran los valores de VAN y TIR obtenidos para el proyecto y la gráfica de flujos descontados acumulados. El detalle de la evaluación financiera y de los cálculos mes a mes se presentan en el anexo O.

El VAN para el proyecto de backbone es igual a 114,6 millones de dólares con una máxima exposición de capital de 247,1 millones de dólares que aparecería en el quinto mes. El TIR obtenido del proyecto es de 39,66% anual, que es mayor que el WACC considerado de 23%, lo que indica que el proyecto es rentable. El tiempo de recuperación también se encuentra en 32 meses que es menos de 3 años que es el tiempo referencial adecuado de recuperación para proyectos de red de backbone de Telecomunicaciones, donde se suele considerar un tiempo adecuado menor a la mitad del tiempo de vida útil del equipamiento, estimado en 6 años, de acuerdo con expertos del sector.

El VAN obtenido, proyectado a 3 años, considerando la tasa de TIR obtenida, da un resultado de 312,2 millones de dólares.

Este proyecto al ser proyecto de backbone debe considerar los elementos adicionales pues es la plataforma de red que soportará prácticamente todos los servicios entregados por el proveedor nacional.

Tabla 26

Ingresos del proyecto y algunos factores a considerarse

1	Factor de disminución anual de Precio referencial Internet /Mbps dedicado (ver Tabla 20)	0,92		
2	Factor de disminución anual de Precio referencial VPN Internacional/Mbps (ver Tabla 20)	0,92		
3	Factor de disminución anual de Precio referencial VPN Nacional/Mbps (ver Tabla 20)	0,92		
4	Factor de disminución anual de Precio referencial L2L Metropolitano/Mbps (ver Tabla 20)	0,92		
5	Factor de disminución anual de Precios de instalación (ver Tabla 20)	0,92		
6	Factor de reventa internet (ver Tabla 23)	400%		
7	Factor de reventa VPN internacional (ver Tabla 23)	200%		
8	Factor de reventa VPN nacional (ver Tabla 23)	800%		
9	Factor de reventa L2L (ver Tabla 23)	800%		
10	Ingresos			
11	Mes	0	1	2
12	Capacidad Internacional Ecuador (ver Tabla 6)	97513	97513	97513
13	Capacidad Internacional (20% de mercado) (0,2 x Item 12)	19502,6	19502,6	19502,6
14	Capacidad Interurbana (ver Tabla 9)	9000	10000	11000
15	Tráfico Internacional Proveedor Genérico (Igual a Item 13)	19502,6	19502,6	19502,6
16	Tráfico internet (90% de tráfico, Internac.) (0,9 x Item 15)	17552,34	17552,34	17552,34
17	Tráfico VPN internacional (7% del tráfico Internacional, ver Tabla 22)	1365,182	1365,182	1365,182
18	Tráfico VPN nacional (17% de tráfico internacional, ver Tabla 22)	3315,442	3315,442	3315,442
19	Tráfico L2L (7% de tráfico internacional, ver Tabla 22)	1365,182	1365,182	1365,182
20				
21	Precio referencial Internet /Mbps dedicado (ver Tabla 24)	120	120	120
22	Precio referencial VPN Internacional/Mbps (ver Tabla 24)	150	150	150
23	Precio referencial VPN Nacional/Mbps (ver Tabla 24)	120	120	120
24	Precio referencial L2L Metropolitano/Mbps (ver Tabla 24)	110	110	110
25	Precio referencial instalación UM (ver Tabla 24)	100	100	100
26				
27	Ingresos por Internet (Item 16 x Item 21 x Item 6)	8425123,2	8425123,2	8425123,2
28	Ingresos por VPN internacional (Item 17 x Item 22 x Item 7)	409554,6	409554,6	409554,6
29	Ingresos por VPN nacional (Item 18 x Item 23 x Item 8)	3182824,32	3182824,32	3182824,32
30	Ingresos por L2L (Item 19 x Item 24 x Item 9)	1201360,16	1201360,16	1201360,16
31	Ingresos instalación (Item 25 x Item 38)	20229097,1	968081,7387	968081,7387
32	Total ingresos (Sumatoria Items 27, 28, 29, 30, 31)	33447959,38	14186944,02	14186944,02

Tabla 27

Capex del proyecto

33	Mes	0	1	2
34	Capex			
35	Número de accesos servicios portadores nacional (ver Tabla 17)	1011455		
36	Crecimiento anual número de enlaces servicios portadores (ver Tabla 3.7)	157%		
37	Enlaces Servicios Portadores nacional incremental (ver Tabla 17)	1011455	48404,08693	48404,08693
38	Enlaces servicios portadores (20% nacional) incremental (0,2xItem 37)	202290,971	9680,817387	9680,817387
39	Costo referencial por acceso GPON (ver Numeral 3.2.1.2)	175	175	175
40	Costo referencial por metro de fibra óptica (ver Numeral 3.2.1.4)	1,2	1,2	1,2
41	Longitud promedio UM (ver Numeral 3.2.1.4)	300	300	300
42	Costo por acceso FO UM (ver Numeral 3.2.1.4)	360	360	360
43	Costo unitario CPE (ver Numeral 3.2.1.5)	400	400	400
44				
45	Costo red MPLS/Metro (ver Tabla 16)	3266365	0	0
46	Costo accesos GPON (Item 38 x Item 39)	35400919,93	1694143,043	1694143,043
47	Costo Planta Externa (Item 38 x Item 42)	72824749,57	3485094,259	3485094,259
48	Costo CPEs (Item 38 x Item 43)	80916388,41	3872326,955	3872326,955
49	Total Capex (Sumatoria Items 45, 46, 47, 48)	192408423	9051564	9051564

Tabla 28

Opex del proyecto

50	Mes	0	1	2
51	Opex			
52	Factor de disminución anual de costos por capacidad internacional con terceros (ver Numeral 3.2.2.1)	0,8		
53	Factor de disminución anual de costos por capacidad interurbana con terceros (ver Numeral 3.2.2.2)	0,8		
54	Factor de redundancia para tráfico internacional (ver Numeral 3.2.2.1)	2		
55	Factor de redundancia para tráfico interurbano (ver Numeral 3.2.2.2)	2		
56	Costo capacidad internacional por Mbps (ver Numeral 3.2.2.1)	33		
57	Costo capacidad interurbana por Mbps (ver Numeral 3.2.2.2)	33		
58	Costo instalación fibra óptica por metro (ver Numeral 3.2.2.3)	1,3	1,3	1,3
59	Costo mensual por mantenimiento UM por accesos (ver Numeral 3.2.2.4)	16,25	16,25	16,25
60				
61	Costo capacidad internacional (Item 56 x Item 13 x Item 54, luego de cada año se multiplica también por Item 52)	1287171,6	1287171,6	1287171,6
62	Costo capacidad interurbana (Item 57 x Item 14 x Item 55, luego de cada año se multiplica también por Item 53)	594000	660000	726000
63	Costo instalación UM (Item 58 x Item 41 x Item 38)	78893478,7	3775518,781	3775518,781
64	Costo mantenimiento (Item 59 x Item 38)	3287228,279	157313,2825	157313,2825
65	Total Opex (Sumatoria Items 61, 62, 63, 64)	84061878,58	5880003,663	5946003,663

Tabla 29

Análisis y resultados del proyecto

66 Mes		0	1	2
67	Resultados			
68	Total costos (Capex + Opex) (Item 49 + Item 65)	276470301,8758	14931567,9202	14997567,9202
69	Ingresos - costos (Capex+Opex) (Item 32 - Item 68)	-	-744623,9015	-810623,9015
70	Fondos descontados (Item 69/((1+Item 76)^Item 11))	\$ (243.022.342,5)	\$ (731.888,4)	\$ (783.132,4)
71	Fondos descontados acumulados (Item 70 + Item 71 del mes anterior)	\$ (243.022.342,5)	- 243.754.230,9	- 244.537.363,4
72	Período de repago (tiempo de recuperación de inversión)	F	F	F
73	Período de recuperación	1	1	1
74	Tiempo de recuperación (meses)	32,0		
75	WACC (ver Numeral 3.3)	23%		
76	WACC (m) (((1+Item 75)^(1/12))-1)	1,74008%		
77	VAN (Sumatoria de Fondos descontados de mes 0 a mes 36) ó Item 71 al mes 36	114.647.574,92		
78	Máxima exposición de Capital	\$ (247.174.815,4)	EN MES 5	
79	TIR (m)	2,82272%	\$ 312.299.599,3	A 3 años (VAN con tasa TIR)
80	TIR (año)	39,66%	312299599,3	A 3 años (VAN con tasa TIR)

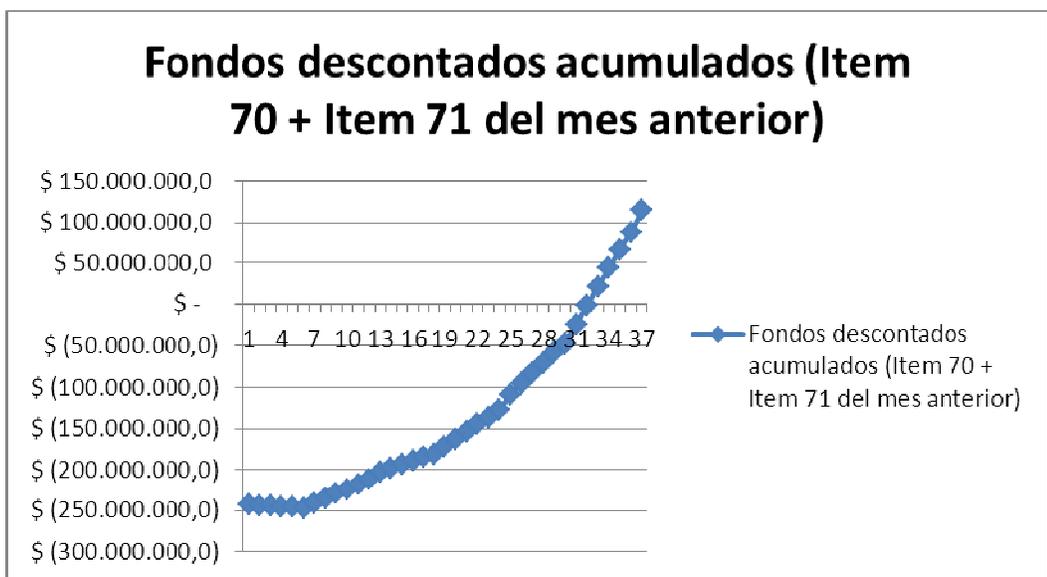


Figura 97. Fondos descontados acumulados del proyecto

4. CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- El estudio realizado de la red nacional IP/MPLS y MetroEthernet tiene un horizonte de tiempo de 3 años, de acuerdo con la estadística de crecimiento promedio de los proveedores que generan más tráfico internacional en el país, sin embargo, dependiendo de la situación económica, la competencia, el crecimiento de la industria de Telecomunicaciones, las facilidades tecnológicas que se vayan difundiendo, o incluso políticas de precios de las empresas, se podría considerar que el crecimiento de tráfico de pronto sea mayor, pero considero personalmente que será menor al estimado, pues en los últimos años posiblemente existió un crecimiento con un patrón acelerado a otros años y que podría ser que no continúe en los siguientes años. De esta manera el diseño planteado en este proyecto, para un proveedor con el 20% de tráfico nacional aproximadamente, podría aplicar en un horizonte de tiempo mayor a 3 años, posiblemente a cinco años.

- Existen algunos factores que se podrían considerar, que pueden haber determinado el crecimiento acelerado del tráfico nacional en los últimos años, como por ejemplo los siguientes:

- La ampliación del cable Panamericano
- El ingreso del cable submarino de Telefónica Wholesale al país y la consiguiente oferta de servicios de datos e internet con mayor fuerza

- La lucha por reducción de costos de algunos operadores que han empujado a aumentar anchos de banda en los servicios a manera de renegociación o valor agregado por parte de los proveedores de servicios
 - Las políticas y definiciones de estado de difusión de información y acceso a Internet.
 - Creciente demanda de ancho de banda por nuevas aplicaciones multimedia a nivel mundial.
 - Masificación de dispositivos móviles (tipo Smartphone) con acceso a Internet. Este es un hecho que posiblemente explique en parte el crecimiento importante del tráfico de una de las operadoras celulares que se presentó en el análisis.
- Considerando el entorno de los próximos años, podrían ocurrir algunos eventos que favorezcan al crecimiento de tráfico nacional como por ejemplo los siguientes:
 - Situación económica positiva y mejor poder adquisitivo
 - Que el Estado continúe promoviendo la masificación de acceso a Internet.
 - La inclusión de un operador internacional con posibilidades de negociación de capacidad internacional y nacional que le permita participar con mayor fuerza en el mercado Ecuatoriano.
 - La fusión de proveedores pequeños con más grandes que pueda potenciar la mejor explotación de las redes, optimizar costos y generar posibles beneficios para el consumidor.
- Otros factores podrían ser negativos para la industria de Telecomunicaciones como por ejemplo los siguientes:

- Marco regulatorio que no incentive a la disminución de precios por parte de los operadores, como por ejemplo el incremento de permisos y tasas de operación.
 - Generación de costos adicionales para los proveedores como la regeneración urbana.
 - Situación económica del país no favorable.
-
- No existe una explotación adecuada de parte de los proveedores de servicios que permita disminuir costos y reducir precios de los servicios que ofrecen. En algunas regiones a nivel mundial existen “swaps” o intercambios de capacidad entre empresas de telecomunicaciones que permiten el beneficio mutuo y optimizan el uso de la infraestructura de red de ambas empresas.
 - La rentabilidad del proyecto puede verse disminuida en el tiempo debido a nuevas ordenanzas municipales para el uso de la infraestructura y espacio público como el LMU40 por ejemplo.
 - En una red nacional es importante realizar implementaciones de alta disponibilidad, que permitan garantizar la entrega de servicios y confiabilidad de la red.
 - En el país la mayor parte del tráfico y los negocios de Telecomunicaciones más grandes se encuentran concentrados en las ciudades de Quito y Guayaquil
 - El diseño de la red y análisis del presente proyecto considera principalmente ingresos por consumo de capacidad, sin embargo, los proveedores de servicios ofrecen otros servicios como servicios de

colaboración, gestión de red, consultoría, seguridad, datacenter, entre otros, que generan mayores ingresos a las empresas de Telecomunicaciones.

- Para el análisis financiero de proyectos de redes de núcleo de Telecomunicaciones es necesario considerar elementos adicionales como los costos en redes de acceso, mantenimientos, instalaciones, entre otros.

- Existen empresas de Telecomunicaciones en el país que realizan sus inversiones de red sin el debido análisis y con la subutilización de equipamiento y recursos, lo que puede generar gastos excesivos o menor rentabilidad en proyectos de Telecomunicaciones.

- Los negocios de Telecomunicaciones son de los negocios más rentables a nivel mundial.

- El diseño de alta disponibilidad, las consideraciones de selección de equipamiento, las consideraciones de funcionalidades que debería soportar la red de nueva generación y los costos obtenidos en este proyecto para el proveedor genérico, con una participación importante en el mercado nacional, pretenden dar un marco referencial para cualquier proveedor de servicios, para inversionistas, especialistas de planificación de red, auditores de tecnología, estudiantes, profesores y personas apegadas a la tecnología y telecomunicaciones para la comprensión, la planificación, implementación y optimización de redes reales de proveedores de servicios con las tecnologías MPLS y MetroEthernet de nueva generación en el Ecuador.

4.2. RECOMENDACIONES

- Al momento de diseñar, planificar y adquirir los equipos para la implementación de una red, se recomienda tener una visión a futuro para no satisfacer las necesidades actuales, sino las de corto, mediano y largo plazo, considerando la escalabilidad, seguridad, calidad de servicio, posibles nuevas implementaciones y por supuesto costos.
- Es recomendable asesorarse de expertos en redes, productos y servicios de telecomunicaciones para poder manejar datos más cercanos a la realidad durante el manejo de un proyecto de telecomunicaciones y tener retroalimentación o una opinión externa, no inmersa en el proyecto.
- Para la selección de equipamiento para una red de backbone de un proveedor de servicios es importante no basarse únicamente en las especificaciones de los equipos, sino también en pruebas de homologación y esfuerzo que garanticen el desempeño de la red, confiabilidad y calidad de los servicios.
- Los costos de implementación de una red deberían considerar también aspectos de operación, como los contratos de mantenimiento con los fabricantes, capacitación, trabajos de instalación y mantenimiento y por supuesto el equipamiento de respaldo en sitio necesario.
- Se recomienda el presente proyecto de tesis como una herramienta de diseño y análisis de proyectos de redes MPLS y MetroEthernet para proveedores de servicios del Ecuador.

5. FUENTES DE CONSULTA

- Celec. (s.f.). *www.transelectric.com.ec*. Obtenido de http://www.transelectric.com.ec/transelectric_portal/portal/main.do?sectionCode=98
- Cisco. (Septiembre de 2007). Cisco Resilient Ethernet Protocol (White Paper).pdf.
- Cisco. (s.f.). http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/datacenter/sw/5_x/nx-os/interfaces/configuration/guide/if_cli/if_qinq_tunnel.pdf. Obtenido de http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/datacenter/sw/5_x/nx-os/interfaces/configuration/guide/if_cli/if_qinq_tunnel.pdf
- Cisco. (s.f.). Implementing Cisco MPLS v2.2.pdf.
- Cisco Systems. (s.f.). *www.cisco.com*. Obtenido de <http://www.cisco.com>
- Cisco. (s.f.). *www.cisco.com*. Obtenido de http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/datacenter/sw/5_x/nx-os/interfaces/configuration/guide/if_cli/if_qinq_tunnel.pdf
- Cisco. (s.f.). *www.cisco.com*. Obtenido de http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/datacenter/sw/5_x/nx-os/interfaces/configuration/guide/if_cli/if_qinq_tunnel.pdf
- Cisco. (s.f.). *www.cisco.com*. Obtenido de http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/datacenter/sw/5_x/nx-os/interfaces/configuration/guide/if_cli/if_qinq_tunnel.pdf
- Conatel. (Agosto de 2012). <http://www.conatel.gob.e>. Obtenido de http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=766&Itemid=584
- Conatel. (Marzo de 2012). <http://www.conatel.gob.ec>. Obtenido de http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=766&Itemid=584, documento PUBLICA SVA_marzo2012
- Conatel. (Marzo de 2012). <http://www.conatel.gob.ec>. Obtenido de http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=766&Itemid=584
- Conatel. (Agosto de 2012). <http://www.conatel.gob.ec>. Obtenido de http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=766&Itemid=584

- Conatel. (2012). <http://www.conatel.gob.ec>. Obtenido de http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=656&Itemid=559
- Conatel. (s.f.). www.conatel.com. Obtenido de http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=766&Itemid=584, documento PUBLICA SVA_marzo2012
- Conatel. (s.f.). www.conatel.gob.ec. Obtenido de http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=766&Itemid=584, documento PUBLICA SVA_marzo2012
- Edition(2005).pdf, S. C. (2005). CCNA Cisco Certified Network Associate Study Guide 5th Edition(2005).pdf.
- Juniper. (s.f.). *Juniper Networks*. Obtenido de www.juniper.net
- Juniper. (s.f.). www.juniper.net. Obtenido de www.juniper.net
- María Belén Albornoz-Flacso Ecuador, A. A.-I. (Febrero de 2011). El Estado de la Banda Ancha en Ecuador.pdf.
- MetroEthernetForum. (s.f.). Obtenido de www.metroethernetforum.org
- MetroEthernetForum. (s.f.). www.metroethernetforum.org. Obtenido de www.metroethernetforum.org
- Mintel. (s.f.). www.mintel.gob.ec. Obtenido de [telco_gt_asuncion12_7_ecuador.pdf](http://www.mintel.gob.ec/telco_gt_asuncion12_7_ecuador.pdf) (Situación actual de red de fibra óptica en el Ecuador).
- Mintel. (s.f.). www.mintel.gob.ec. Obtenido de [telco_gt_asuncion12_7_ecuador.pdf](http://www.mintel.gob.ec/telco_gt_asuncion12_7_ecuador.pdf) (Situación actual de red de fibra óptica en el Ecuador): www.mintel.gob.ec
- Networks, J. (s.f.). Obtenido de www.juniper.com
- Networks, J. (s.f.). www.juniper.net. Obtenido de www.juniper.net
- Supertel. (s.f.). www.supertel.gob.ec. Obtenido de [www.supertel.gob.ec: http://www.supertel.gob.ec/index.php/Estadisticas/Servicios-de-Telecomunicaciones.html](http://www.supertel.gob.ec/index.php/Estadisticas/Servicios-de-Telecomunicaciones.html)
- Supertel. (s.f.). www.supertel.gob.ec. Obtenido de [www.supertel.gob.ec: http://www.supertel.gob.ec/index.php/Estadisticas/Servicios-de-Telecomunicaciones.html](http://www.supertel.gob.ec/index.php/Estadisticas/Servicios-de-Telecomunicaciones.html)

Sybex. (2005). CCNA Cisco Certified Network Associate Study Guide 5th Edition(2005).pdf.

Systems, C. (s.f.). *Cisco*. Obtenido de www.cisco.com

Systems, C. (s.f.). *www.cisco.com*. Obtenido de
http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/datacenter/sw/5_x/nx-os/interfaces/configuration/guide/if_cli/if_qinq_tunnel.pdf

Telconet. (s.f.). *www.telconet.net*. Obtenido de www.telconet.net:
<http://www.telconet.net/?lang=es§ion=telconet&content=testimonials/read/448>

Telconet. (s.f.). *www.telconet.net*. Obtenido de www.telconet.net:
<http://www.telconet.net/?lang=es§ion=telconet&content=testimonials/read/448>

Transelectric. (s.f.). *www.transelectric.com.ec*. Obtenido de
http://www.transelectric.com.ec/transelectric_portal/portal/main.do?sectionCode=98

Transelectric. (s.f.). *www.transelectric.com.ec*. Obtenido de www.transelectric.com.ec:
http://www.transelectric.com.ec/transelectric_portal/portal/main.do?sectionCode=98

6. GLOSARIO

AF	Assured Forwarding, envío asegurado
ATM	Asynchronous Transfer Mode, modo de transferencia asincrónico
AToM	Any Transport over MPLS, cualquier transporte sobre MPLS
BPDU	Bridge Protocol Data Unit, unidad de datos de protocolo de conmutación
BPON	Broadband Passive Optical Network, red óptica pasiva de banda ancha
CAM	Content Addressable Memory, memoria direccionable de contenido
Capex	Capital Expenditures, egresos de capital
CBS	Committed Burst Size, tamaño comprometido de ráfagas
CDN	Content Delivery Network, red de entrega de contenido
CDP	Cisco Discovery Protocol, protocolo de descubrimiento de Cisco
CFI	Canonical Format Indicator, indicador de formato canónico
CIR	Committed Information Rate, tasa de información comprometida
Cobit	Control Objectives for Information and Related Technologies, Objetivos de Control para la Información y Tecnologías Relacionadas
CoS	Class of Service, IEEE 802.1p, clase de servicio
CS	Class Selectors, selectores de clase
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, acceso múltiple por detección de portadora con detección de colisiones
C-VLAN	Customer VLAN (Virtual Local Area Network), red de área local virtual de cliente
Delay	Retardo
DF	Default Forwarding, envío por defecto
DiffServ	Differentiated Services, servicios diferenciados
DIX	Digital, Intel, Xerox
DSCP	DiffServ Code Point, punto de código para servicios diferenciados
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing, Multiplexación por División de Longitud de Onda Densa
EAPS	Ethernet Automatic Protection Switching, RFC 3619, protocolo de control de capa 2
EBS	Excess Burst Size, tamaño de ráfagas de exceso

EF	Expedited Forwarding, envío expedito
EIR	Excess Information Rate, tasa de información de exceso
E-LAN	Ethernet Local Area Network, red de área local Ethernet
E-Line	Ethernet Line, línea Ethernet
EoDWDM	Ethernet over Dense Wavelength Division Multiplexing, Ethernet sobre Multiplexación por División de Longitud de Onda Densa
EoMPLS	Ethernet over Multiprotocol Label Switching, Ethernet sobre conmutación de etiquetas multi protocolo
EoPDH	Ethernet over Plesiochronous Digital Hierarchy, Ethernet sobre Jerarquía Digital Plesiócrona
EoSDH	Ethernet over Synchronous Digital Hierarchy, Ethernet sobre Jerarquía Digital Sincrónica
EPON	Ethernet Passive Optical Network, red óptica pasiva Ethernet
EVC	Ethernet Virtual Connection, conexión virtual Ethernet
FEC	Forwarding Equivalence Class, clase de equivalencia de envío
FIB	Forwarding Information Base, base de información de envío
FR	Frame Relay
GMPLS	Generalized Multi-Protocol Label Switching, conmutación de etiquetas multi protocolo generalizada
GPON	Gigabit Passive Optical Network, red óptica pasiva Gigabit
GRE	Generic Routing Encapsulation, encapsulación de enrutamiento genérica
IGP	Interior Gateway Protocol, protocolo interior de puerta de enlace
IP	Internet Protocol, protocolo Internet
IPv4	Protocolo Internet version 4
IPv6	Protocolo Internet version 6
IS-IS	Intermediate System to Intermediate System, protocolo de enrutamiento interior de estado enlace
ISP	Internet Service Provider, proveedor de servicios de Internet
ITIL	Information Technology Infrastructure Library, Librería de Infraestructura de Tecnologías de Información
Jitter	Variación del retardo
L2PT	Layer 2 Protocol Tunneling, tunelización de protocolos de capa 2
L2TP	Layer 2 Tunneling Protocol, protocolo de tunelización de capa 2
LACP	Link Aggregation Control Protocol, IEEE 802.3ad, protocolo de control de agregación de enlaces
LAN	Local Area Network, red de área local

LDP	Label Distribution Protocol, protocolo de distribución de etiquetas
LER	Label Edge Router, encaminador de borde de etiquetas
LFIB	Label Forwarding Information Base, base de información de envío de etiqueta
LIB	Label Information Base, base de información de etiqueta
LLDP	Link Layer Discovery Protocol, protocolo de descubrimiento de capa de enlace
LMDS	Local Multipoint Distribution Service, tecnología inalámbrica para servicio de distribución multipunto local
LMP	Link Management Protocol, protocolo de manejo de enlace
LSP	Label Switched Path, camino conmutado de etiquetas
LSR	Label Switching Router, encaminador de conmutación de etiquetas
MAC	Media Access Control, control de acceso al medio
MAN	Metropolitan Area Network, red de área metropolitana
MEF	Metro Ethernet Forum
MetroEthernet	Ethernet Metropolitan Area Network, red de área metropolitana con protocolo Ethernet
MMDS	Microwave Multipoint Distribution Service, tecnología inalámbrica para servicio de distribución multipunto
MPLS	Multi Protocol Label Switching, conmutación de etiquetas multi protocolo
MSTP	Multiple Spanning Tree Protocol, IEEE 802.1s, protocolo de control de capa 2
MTBF	Mean Time Between Failures, tiempo medio entre fallas
NAT	Network Address Translation, traslación de dirección de red
NGN	Next Generation Network, red de siguiente o nueva generación
NNI	Network to Network Interface, interfaz de red a red
OAM	Operation, Administration and Maintenance, IEEE 802.3ah, operación, administración y mantenimiento
OLT	Optical Line Terminal, terminal de línea óptica
ONT	Optical Network Unit, unidad de red óptica
Opex	Operational Expenditures, egresos operacionales
OSI	Open System Interconnection, Interconexión de Sistemas Abierto
OSPF	Open Shortest Path First, protocolo de enrutamiento interior de estado enlace
PAgP	Port Aggregation Protocol, protocolo de agregación de puertos
PBX	Private Branch Exchange, tipo de central telefónica

PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy, Jerarquía Digital Plesiócrona
PHB	Per Hop Behaviors, comportamientos por salto
PoE	Power over Ethernet, energización por Ethernet
POP	Point of Presence, punto de presencia
PVST	Per VLAN Spanning Tree Protocol, protocolo de control de capa 2
PVSTP	Per VLAN Spanning Tree Protocol, protocolo de control de capa 2
QinQ	Apilamiento de etiquetas de VLANs, IEEE 802.1ad
QoS	Quality of Service, calidad de servicio
REP	Resilient Ethernet Protocol, protocolo de control de capa 2
RPVST	Rapid Per VLAN Spanning Tree Protocol, protocolo de control de capa 2
RPVSTP	Rapid Per Vlan Spanning Tree Protocol, protocolo de control de capa 2
RRPP	Rapid Ring Protection Protocol, protocolo de control de capa 2
RSTP	Rapid Spanning Tree Protocol, IEEE 802.1w, protocolo de control de capa 2
RSVP	Resource Reservation Protocol, protocolo de control de capa 2
SDH	Synchronous Digital Hierarchy, Jerarquía Digital Sincrónica
SP	Service Provider, proveedor de servicios
STP	Spanning Tree Protocol, IEEE 802.1d, protocolo de control de capa 2
S-VLAN	Service VLAN (Virtual Local Area Network), red de área local virtual de servicio
TDM	Time Division Multiplexing, multiplexación por división de tiempo
TE	Traffic Engineerinng, ingeniería de tráfico
TIR	Tasa Interna de Retorno
ToS	Type of Service, tipo de servicio
TPID	Tag Protocol Identifier, identificador de protocolo de etiqueta
TTL	Time-To-Live, indicador de tiempo de vida
UDLD	Unidirectional Link Detection, detección de enlace unidireccional
UNI	User to Network Interface, interfaz usuario a red
UTP	Unshielded Twisted Pair, par trenzado no blindado
VAN	Valor Actual Neto
VID	VLAN Identifier, identificador de red de área local virtual
VLAN	Virtual Local Area Network, red de área local virtual

VPLS	Virtual Private LAN Service, servicio de red de área local privada virtual
VPN	Virtual Private Network, red privada virtual
VSAT	Very Small Aperture Terminal, terminal de apertura muy pequeña, tecnología satelital
VTP	VLAN Trunking Protocol, protocolo troncalizado de redes de área local virtuales
WACC	Weighted Average Cost of Capital, Costo Promedio Ponderado de Capital
WAN	Wide Area Network, red de área extendida
Wimax	Worldwide Interoperability for Microwave Access, tecnología inalámbrica para interoperabilidad mundial para acceso microonda
xDSL	x-Digital Subscriber Line, línea digital de suscriptor
xPON	x-Passive Optical Network, red óptica pasiva