PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN

INFORME FINAL CASO DE ESTUDIO PARA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL

TEMA:

"Estudio de Factibilidad para el diseño de una Red MPLS como Backbone de Internet para brindar servicios de Internet fijo y móvil en relación al crecimiento poblacional del Ecuador hasta el año 2021"

Darwin Stalin Cueva Soto

Quito – 2017

AUTORÍA

Yo, Darwin Stalin Cueva Soto, portador de la cédula de ciudadanía No. 1104046725, declaro bajo juramento que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y que se ha respetado las diferentes fuentes de información realizando las citas correspondientes. Esta investigación no contiene plagio alguno y es resultado de un trabajo serio desarrollado en su totalidad por mi persona.

_____

Darwin Stalin Cueva Soto

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR i

TEMA: i

AUTORÍA ii

ÍNDICE DE CONTENIDOS iii

ÍNDICE DE TABLAS vii

ÍNDICE DE FIGURAS x

INTRODUCCIÓN 1

JUSTIFICACIÓN 4

ANTECEDENTES 6

OBJETIVOS 8

Objetivo General 8

Objetivos Específicos 8

DESARROLLO DEL CASO DE ESTUDIO 9

CAPITULO 1 9

1 Situación Actual de la Red MPLS Backbone de Internet. 9

CAPITULO 2 16

2 Dimensionamiento de la Red IP/MPLS como Backbone de Internet 16

2.1 Diagnóstico de la situación actual 16

2.1.1 Zona 1: Limitación de Puertos y Slots en el Nap de Miami 17

2.1.2 Zona 2: Equipos de Borde y Core del BackBone de Internet. 19

2.1.3 Zona 3: Equipos de Acceso de la red MPLS. 20

2.2 Delimitación del problema 20

2.2.1 Descripción del Problema 20

2.2.2 Causas 20

2.2.3 Efectos 21
2.3 Dimensionamiento de la Zona 1: Requerimientos previo a la factibilidad de diseño y Ampliación de capacidades en el Nap de Miami. 21
2.4 Dimensionamiento de la Zona 2: Requerimientos previo al diseño de los equipos de Borde y Core del Backbone de Internet. 22
2.5 Dimensionamiento de la Zona 3: Requerimientos para la Ampliación y de los equipos de Acceso del Backbone de Internet 25
2.6 Dimensionamiento de Ancho de Banda para la ampliación del Backbone de Internet de los segmentos de las zonas 1,2, y 3. 26
2.7 Conectividad Internacional 27
2.8 Direccionamiento IP 27
CAPITULO 3 29
3 Diseño de la solución 29
3.1 Diseño para la Ampliación de Red MPLS Backbone de Internet 29
3.2 Proyección de Crecimiento Población de Ecuador hasta año 2020. 30
3.2.1 Datos de Cuentas y de Usuarios estimados de Internet por Provincia en Porcentaje. 30
3.2.2 Proyección de usuarios de Internet fijo y móvil a nivel nacional hasta el año 2021. 35
3.2.3 Proyección de capacidad de Transporte para la Red Backbone de Internet MPLS para usuarios de Internet fijo y móvil a nivel nacional hasta el año 2021. 36
3.3 Diseño para la Zona 1; Ampliación de capacidades en el Nap de Miami. 37
3.3.1 Direccionamiento IP de la zona 1 43
3.3.2 Diseño de las Interfaces WAN del Router ASR 9010 de Miami 1. 43

3.3.3 Túneles de Ingeniería de tráfico 45
3.3.4 Diseño de las Interfaces WAN del Router ASR 9010 de Miami 2 47
3.3.5 Diseño de las interfaces WAN del Router CRS -3 DE New York 1..... 50
3.3.6 Direccionamiento IP Clase A para la zona 2 54
3.3.7 Direccionamiento IP de la zona 3..... 56
CAPITULO 4 59
4 Presupuesto referencial..... 59
4.1 Costos de Bienes 59
4.1.1 Costos de los Bienes de la ZONA 1…..……59
4.1.3 Costos de los Bienes de la zona 2..... 61
4.1.4 Costos de los Bienes de la Zona 3. 65
4.2 Costo Servicios (Instalación, configuración, migración)..... 68
4.3 Costos de Operación y Mantenimiento..... 70
4.4 Gastos de Depreciación de la inversión 71
4.5 Evaluación Financiera de presente estudio de diseño red MPLS. 72
4.5.1 Tarifas de planes de Internet fijo y móvil en las tres operadoras Claro. Movistar y Cnt……..…..72
4.5.2 Proyecciones de demanda de usuarios de Internet fijo y móvil hasta año 2021. 75
4.5.3 Proyecciones de Ingresos de usuarios de Internet móvil hasta año 2021. 76
4.5.4 Proyecciones de Ingresos de usuarios de Internet Fijo hasta año 2021…. 77
4.5.5 Calculo de VAN y TIR de la Recuperación de la Inversión hasta año 2021. 79
4.6 Cronograma de Ejecución del presente estudio de una red MPLS para soportar tráfico de Internet Fijo y Móvil hasta año 2021..... 80

CAPITULO 5 82

Conclusiones 82

Recomendaciones 84

BIBLIOGRAFÍA 85

ANEXOS 87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Crecimiento Poblacional en Ecuador y porcentaje de usuarios de servicios de Internet Fijo y Móvil a nivel nacional: Referenciá INEC, ARCOTEL 1

Tabla 2: Porcentaje y número de usuarios de Internet móvil a marzo 2017 a nivel nacional: Referencia INEC, ARCOTEL 2

Tabla 3: Porcentaje y número de usuarios de Internet Fijo a marzo 2017 a nivel nacional: Referencia INEC, ARCOTEL 2

Tabla 4: Equipos Acceso zona 3 Cisco GSR12000 que se encuentran fuera de vida útil y comercial por fabrica Cisco System Inc, se detallan a continuación..... 12

Tabla 5: Histórico en porcentaje de crecimiento de cuentas de Internet por cada 100 habitantes en todo el Ecuador ARCOTEL abril 2017 15

Tabla 6: Histórico en capacidad de conexiones con proveedores de contenido abril 2017. Elaborado por: Estimado de tráfico de acuerdo herramientas de monitoreo cacti 19

Tabla 7: Proyección de crecimiento de la población Ecuatoriana hasta el año 2020.... 30

Tabla 8: Datos de cuentas de Internet fijo y movil a nivel nacional de las tres operadoras Claro, Movistar y CNT: Referencia por: Arcotel 30

Tabla 9: Cuentas de Internet fijo a nivel nacional hasta marzo 2017. Referencia por: Arcotel 32

Tabla 10: Cuentas de Internet móvil a nivel nacional hasta marzo 2017. Referencia por: Arcotel. 33

Tabla 11: Proyecciòn del porcentaje de usuarios de Internet fijo y movil a nivel nacional de las tres operadoras hasta el año 2021. Fuente ARCOTEL 2017, INEC..... 35

Tabla 12: Proyeccion de tráfico en Gbps de las salidas internacionales de Internet hasta el año 2021. Fuente autor en base a estudios INEC, ARCOTEL, MINTEL, CNT..... 37

Tabla 13: Distribución detallada de tarjetas en ASR9010 (MIAMI 01 Y 02) 42

Tabla 14: Direccionamiento IP WAN para Miami 1 Router A9K 44

Tabla 15: Listado de Túneles TE Balanceo de tráfico MIAMI 01 46

Tabla 16: Direccionamiento IP WAN para Miami 2 Router A9K 48

Tabla 17: Listado de Túneles Balanceo de tráfico MIAMI 02 49

Tabla 18: Direccionamiento IP WAN para New York 1 Router CRS-3 51

Tabla 19: Listado de Túneles Balanceo de tráfico New York 1 52

Tabla 20: Listado de Comunidades entre Sistemas autónomos de Ecuador y Estados Unidos 53

Tabla 21: Direccionamiento IP WAN para zona 2 54

Tabla 22: Direccionamiento IP WAN para zona 3 56

Tabla 23: Costos de equipamiento cisco Miami 1 y Miami 2 ASR 9010 V2: Referencia https://www.cisco.com/c/en/us/products/index.html 59

Tabla 24: Costos de equipamiento cisco CRS-4 New York 60

Tabla 25: Costos de cuatro Router para cuidad Quito familia cisco ASR 9010 DC V2 Referencia: https://www.cisco.com/c/en/us/products/index.html 61

Tabla 26: Costos de cuatro Router para cuidad Guayaquil familia cisco ASR 9010 DC: Referencia https://www.cisco.com/c/en/us/products/index.html 64

Tabla 27: Detalle Router de acuerdo al diseño del capítulo 3 en las principales provincias de Ecuador Referencia www. cisco.com 65

Tabla 28: Detalle ocho Router cisco ASR 9010 DC V2 zona 3 de acuerdo al diseño del capítulo 3 en las principales provincias de Ecuador Referencia: https://www.cisco.com/c/en/us/products/index.html 66

Tabla 29: Detalle ocho Router cisco 7609 de acuerdo al diseño del capítulo 3 en las principales provincias de Ecuador Referencia www. cisco.com 67

Tabla 30: Detalle costos servicio de instalación, configuración, licenciamiento, integración y migración de acuerdo al diseño del capítulo 3 para zonas 1, 2 y 3 en las principales provincias de Ecuador y Estados Unidos. Referencia www. cisco.com..... 68

Tabla 32: Detalle costos Operación y Mantenimiento de 28 nodos diseñados capítulo 3, de la red backbone de Internet MPLS en zonas 1,2 y 3.Referencia www. cisco.com ... 70

Tabla 34: Tarifas mensual de servicio de Internet Fijo y móvil por Ancho de Banda (Mbps) de la Operadora Claro, Referencia página Web Claro: http://www.claro.com.ec/personas/app/solicitud-producto-Internet-fijo/. 72

Tabla 36: Tarifas mensual de servicio de Internet Fijo GPON Operadora CNT página web: https://www.cnt.gob.ec 74

Tabla 37: Tarifa mensual de servicio de Internet Móvil 3G/ LTE Operadora CNT 74

Tabla 38: Proyección de demanda de servicio de Internet Móvil 3G/ LTE y e Internet Fijo ADSL/GPON hasta el año 2021.Ref: INEC, MINTEL, ARCOTEL..... 75

Tabla 39: Proyección de ingresos de servicio de Internet Móvil 3G/ LTE hasta el año 2021. Ref: Claro. Movistar y CNT 76

Tabla 40: Proyección de ingresos de servicio de Internet Fijo ADSL/ GPON hasta el año 2021. Ref: Claro. Movistar y CNT 77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Situación Actual Backbone de Internet 10

Figura 2: Situacion Actual de un Segmento de red Zona 1 Border del Backbone de Internet. Elaborado por: sistema CACTI de monitoreo de enlaces Backbone de Internet MPLS 12

Figura 3: Situacion Actual capacidad máxima de ocupacion a nivel de tráfico 157 Gbps Backbone de Internet. Elaborado por: visualización del sistema CACTI de monitoreo de enlaces Backbone de Internet MPLS..... 13

Figura 4: Proveedores de Internet en todo el Ecuador ARCOTEL abril 2017 14

Figura 5: Arquitectura de red MPLS del backbone de Internet 16

Figura 6: Situacion Actual capacidad maxima de ocupacion a nivel de tráfico Backbone de Internet en punto de presencia Miami. Elaborado por: visualización del sistema CACTI de monitoreo de enlaces Backbone de Internet MPLS..... 18

Figura 7: Interconexión de Routers de Borde en NAP Miami con proveedores..... 22

Figura 8: Arquitectura actual previo a los requerimiento de dimencionar las interfaces y/o equipos. Fuente microsoft visio..... 23

Figura 9: Ampliacion de equipos de Distribucion (PE) en la red MPLS dedicados previo a dimencionar las interfaces y/o equipos para soportar el tráfico hasta año 2021. Fuente microsoft visio. 24

Figura 10: Gráfico Distribución de Cuentas de Internet Fijo por Prestador. Referencia por: Arcotel..... 32

Figura 11: Gráfico Distribución de Cuentas de Internet Móvil por Prestador. Referencia por: Arcotel..... 33

Figura 12: Consumo en Gbps de usuarios de Internet Móvil. Referencia: cacti..... 34

Figura 13: Gráfico Topología full mesh Backbone de Internet salidas internacionales. Referencia por: Cacti. 37

Figura 14: Historio de consumo de Internet en últimos 6 meses del Segmento de red zona 1 del Backbone de Internet. Referencia: visualización del sistema CACTI de monitoreo de enlaces Backbone de Internet MPLS. 38

Figura 15: Diseño propuesto topología full mesh Backbone de Internet salidas internacionales. Referencia por: autor Microsoft visio. 40

Figura 16: Distribución de tarjetas ASR9010 Miami ASR 9K 01 Y 02 41

Figura 17: Diseño propuesto Miami 1 Router A9K topología full mesh Backbone de Internet salidas internacionales. Referencia por: autor Microsoft Visio. 44

Figura 18: Diseño propuesto Miami 2 Router A9K topología full mesh Backbone de Internet salidas internacionales. Referencia por: autor Microsoft visio 47

Figura 19: Diseño propuesto New York 1 Router CRS topología full mesh Backbone de Internet salidas internacionales. Referencia por: autor Microsoft visio 51

Figura 20: Diseño propuesto para zona 2 en Quito y Guayaquil topología full mesh del Backbone de Internet. Referencia por: autor Microsoft visio 54

Figura 21: Diseño propuesto para zona 3 en provincias topología anillo y estrella del Backbone de Internet. Referencia por: autor Microsoft visio 56

Figura 22: Cronograma Propuesto estudio de Diseño Red MPLS hasta año 2021 Referencia por: autor Microsoft Project 81

INTRODUCCIÓN

El Plan Nacional de Telecomunicaciones y Tecnologías de Información del Ecuador (2016-2021) elaborado por el Ministerio de Telecomunicaciones (Mintel) como ente de planificación y gestor del sector de telecomunicaciones y Tecnologías de la Información y Comunicación, establece el desarrollo sectorial para conseguir una mayor inclusión digital y competitividad del país, y ubicar al Ecuador en el año 2021 como un referente regional en conectividad, acceso a los servicios Internet, telefonía y TIC, evidenciado en indicadores que demuestren el desarrollo económico y social del país.[1]

De acuerdo al análisis de usuarios fijos y móviles de acceso a Internet realizado por ARCOTEL, INEC Y MINTEL[2] a nivel de todo el Ecuador, establecen que la penetración del servicio de Internet actual y de nuevos usuarios hasta el año 2021 se menciona en la tabla 1.

Tabla 1: Crecimiento Poblacional en Ecuador y porcentaje de usuarios de servicios de Internet Fijo y Móvil a nivel nacional: Referencia INEC, ARCOTEL

Crecimiento de Internet Fijo y Móvil a nivel nacional						
Año	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**
Internet Fijo	9,76%	9,97%	9,98%	10,02%	10,48%	10,88%
Internet Móvil	47,04%	46,75%	48,00%	50,00%	55,00%	62,00%
Crecimiento poblacional Ecuador	16.528.730	16.776.977	17.023.408	17.267.986	17.510.643	17.760.643

En la tabla 1, se menciona el crecimiento del mercado de Internet móvil a nivel nacional entre las tres operadoras móviles Claro, Movistar y CNT, existe un porcentaje de usuarios móviles a marzo del año 2017 del (46,75%), es decir existe un mercado de 7,7

[1] Plan Nacional de Telecomunicaciones y Tecnologías de Información del Ecuador 2016-2021 (MINTEL-Junio -2016)

[2] INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos).
ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones)
MINTEL (Ministerio de Telecomunicaciones)

millones de usuarios en Ecuador y para el año 2021 se estima un crecimiento del (62%) de la población total en Ecuador, es decir a un mercado de 11 millones de usuarios de Internet móvil, con un crecimiento de nuevos usuarios de Internet móvil entre las tres operadoras de aproximadamente de 3,3 millones de nuevos clientes en los próximos 5 años. En la tabla 2 se muestra en porcentaje y número de usuarios de Internet móvil a marzo 2017 de las tres operadoras en Ecuador.

Tabla 2: Porcentaje y número de usuarios de Internet móvil a marzo 2017 a nivel nacional: Referencia INEC, ARCOTEL

OPERADORA	PORCENTAJE	CUENTAS INTERNET MOVIL
CONECEL S.A.	58%	4.521.316
CNT EP.	12%	906.588
OTECEL S.A.	30%	2.329.026
Total		7.756.930

Para el caso del Internet fijo existe un porcentaje de usuarios en el año 2017 del (9,97%) es decir aproximadamente (1,6 millones) a marzo 2017 y para el año 2021 se estima un crecimiento del 10,88% (1,93 millones) de la población total en Ecuador, se mantiene un crecimiento del 1% del mercado nacional en los próximos cinco años, los usuarios actuales de Internet fijo a marzo del 2017 se describe en la Tabla 3.

Tabla 3: Porcentaje y número de usuarios de Internet Fijo a marzo 2017 a nivel nacional: Referencia INEC, ARCOTEL

PRESTADOR	NÚMERO DE CUENTAS INTERNET FIJO	PARTICIPACIÓN DE MERCADO
CNT E.P	915.919	55,44%
SETEL	208.011	12,59%
CONECEL	136.620	8,27%
MEGADATOS	157.630	9,54%
ETAPA EP	70.410	4,26%

PRESTADOR	NÚMERO DE CUENTAS INTERNET FIJO	PARTICIPACIÓN DE MERCADO
PUNTO NET	45.927	2,78%
UNIVISA	12.543	0,76%
TELCONET	15.780	0,96%
SAITEL	11.153	0,68%
RESTO DE PRESTADORES	78.086	4,73%
TOTAL	1.652.079	100,00%

El sector de las telecomunicaciones se ha desarrollado de manera asimétrica en los últimos años en Ecuador, evidenciándose un permanente crecimiento en los servicios Internet fijo y móvil, telefonía fija y móvil, datos, siempre con una alta demanda de la población ecuatoriana. Los factores mencionados anteriormente dan una clara visión de que el mercado ecuatoriano de las telecomunicaciones tanto en Internet móvil como en Internet fijo, puede explotarse sobre todo en áreas urbanas, rurales y urbanas marginales.

Con el presente estudio de diseño de una red MPLS como Backbone de Internet, para que soporte el crecimiento de usuarios actuales y futuros de Internet Fijo y Móvil hasta el año 2021, y de esta manera aumentar la penetración de los servicios de telecomunicaciones en domicilios, escuelas, hospitales y empresas.

JUSTIFICACIÓN

De acuerdo a los requerimientos y costos, para mejorar la infraestructura actual de las empresas de telecomunicaciones en Ecuador y ampliar sus capacidades de datos para incrementar el ancho de banda cada vez con mayores demandas, implementan tecnologías en sus redes, siendo la más aceptada MPLS una de las más utilizadas a nivel mundial.

El presente estudio de factibilidad tanto diseño técnico, comercial, tarifas, costos y de recuperación de la inversión, pretende ser una guia al momento de la implementación de una u otra tecnología en el mercado nacional, dependiendo de los servicios que por esa red se ofrezcan a los usuarios fijos y móviles.

Con la tecnología MPLS (Multi-Protocol Label Switching), los proveedores de servicios de telecomunicaciones buscan integran servicios de voz, vídeo y datos en una red convergente de gran calidad, por lo que las capacidades de las redes MPLS actuales, están alcanzando límites máximos de ocupación a nivel de tráfico cursado así como de la disponibilidad de interfaces físicas de gran capacidad, se ha identificado la necesidad de mejorar las redes que intervienen y diseñar redes MPLS con equipos de última tecnología con gran capacidad para soportar las demandas de tráfico actual y de nuevos clientes hasta el año 2021 para los servicio de Internet fijo y Móvil.

Por tal motivo, es necesario realizar un estudio de factibilidad de diseño de una red MPLS, a fin de poder atender el crecimiento continuo, incrementar la disponibilidad, cobertura y satisfacer de manera integral los requerimientos del Plan Nacional de Telecomunicaciones y Tecnologías de Información del Ecuador 2016-2021, elaborado por el Ministerio de Telecomunicaciones (Mintel), así como garantizar la operación continua y óptima de la red, funcionalidades de redundancia, alta disponibilidad y

convergencia, permitiendo cubrir todas las necesidades de los usuarios de Internet fijos y móviles del Ecuador.

Con el presente estudio de factibilidad de diseño de una red MPLS, permitirá ser una guia para el mejoramiento de los planes de acceso a Internet hasta el año 2021 para los clientes actuales, y sumando el crecimiento de tráfico que se espera tener con la masificación de los servicio a través de la tecnología de acceso del cliente final por fibra (GPON, Gigabit-capable Passive Optical Network) y (LTE, Long Term Evolution), que en los años posteriores va a tener un incremento considerable en el uso de las redes de acceso a Internet y MPLS, por lo que éstas redes van a estar en la capacidad de soportar dicho incremento.

ANTECEDENTES

En los últimos años el crecimiento del servicio de Internet fijo y móvil está incrementando el tráfico en las redes de datos, obligando a los proveedores de servicios de Internet a buscar tecnologías que les permita mejorar su infraestructura, por lo tanto la tecnología de conmutación de etiquetas MPLS ha tenido una gran acogida con los proveedores de servicios de Internet a nivel Nacional.

El servicio de Internet fijo y móvil a nivel de todo el Ecuador, provistos por los proveedores de estos servicios como son Claro Movistar y Cnt, ofrecen al mercado nacional la demanda de ancho de banda para usuarios fijos y móviles, en relación a las velocidad y ancho de banda de los nuevos servicios y aplicaciones que han ido incrementando abruptamente los recursos existentes en la Infraestructura de los proveedores, añadiéndose al problema el crecimiento exponencial en el número de usuarios, el volumen de tráfico y el transporte de bits sobre las redes MPLS.

La penetración del mercado de los servicios de Internet fijo en Ecuador actuales del total de la población es del (9,97%) es decir aproximadamente (1,6 millones) de usuarios de Internet fijo (Cobre/GPON) a marzo 2017, y para el servicio de Internet Móvil 3G/LTE en la actualidad existe el (46,75 %) es decir 7,7 millones de usuarios móviles entre las tres operadoras Claro, Movistar y CNT, de acuerdo a los estudios y análisis realizados por las instituciones encargadas del control y Regulación de las telecomunicaciones y estadísticas ARCOTEL e INEC respectivamente.

Las redes MPLS, son el punto de concentración de todo el tráfico de salida hacia Internet de los usuarios tanto fijo y móvil, así como también usuarios corporativos que requieren grandes capacidades de acceso incluidos otros ISP´s (Internet Service Provider).

Las redes de transporte IP como las Redes MPLS, se interconectan entre sí para brindar servicios integrales de voz, datos, video, caching e Internet en las diferentes localidades del Ecuador.

Las empresas o instituciones tienen su propia infraestructura interna, tanto en los servicios que ofrecen en sus redes convergentes como voz, datos y video, que son de gran demanda del mercado ecuatoriano, enfocándose al transporte de información interna como externa con sus clientes o proveedores, que muchas veces no son cubiertos de manera total o eficientemente, ante ello día a día se van desarrollando nuevas soluciones en la búsqueda de la integridad de la información, con el fin de que la confidencialidad de información de cada empresa esté garantizado y respaldado.

Existen algunas alternativas a nivel de comunicaciones, pero entre las que se destaca la tecnología MPLS que estudia el transporte de paquetes y tiene como objetivo principal tratar de abarcar varios problemas existentes con el envío de paquetes, mejorando el rendimiento de enrutamiento en la capa de red, por lo que mejora la escalabilidad y flexibilidad en la prestación de servicios de enrutamiento.

OBJETIVOS

Objetivo General

Realizar el diseño de una red MPLS como Backbone de Internet, a fin de poder atender la demanda actual y satisfacer el crecimiento de tráfico de los servicios de telecomunicaciones de Internet fijo (Cobre/GPON) y móvil 3G/LTE en Ecuador hasta el año 2021, como una guia para las empresas de telecomunicaciones en el país.

Objetivos Específicos

- Estudiar la situación actual de las redes MPLS como Backbone de Internet en el Ecuador.
- Realizar el dimensionamiento de una red de Backbone de Internet con tecnología MPLS, de acuerdo a las condiciones y requerimientos para el diseño.
- Diseñar una solución de red MPLS como backbone de Internet para poder atender la demanda actual y de crecimiento del servicio de Internet a nivel nacional hasta el año 2021.
- Realizar un presupuesto referencial y análisis financiero de la recuperación de las inversiones a realizar con el presente estudio, a través de los índices financieros como son el cálculo del VAN y TIR[3] respectivamente.

[3] VAN (Valor Anual Neto).
TIR (Tasa Interna de Retorno)

DESARROLLO DEL CASO DE ESTUDIO

CAPITULO 1

1 Situación Actual de la Red MPLS Backbone de Internet.

La gran mayoría de empresas de telecomunicaciones en Ecuador utilizan redes IP con el protocolo MPLS, como ejemplo en la infraestructura de telecomunicaciones de los proveedores de servicios de Internet utilizan redes IP/MPLS con tecnología del fabricante Cisco como Routers de la Familia GSR12000[4], el fabricante Cisco a través de la página web oficial informa a nivel mundial, que ha dejado de fabricar y de comercializar estos productos con estos modelos de equipos router GRS1200[5], estos equipos se encuentran instalados y operando en las rede IP/MPLS de algunos proveedores de servicios en Ecuador, estos routers cumplieron su vida útil y están operando hace más de 7 años en las Redes de telecomunicaciones de los proveedores de Internet en el Ecuador, por lo que los routers de la familia GSR 12000 están limitados en crecimiento de capacidades de transporte y tarjetas procesadoras RPR-2 con capacidad limitada de 40GB storage y 2 GB SDRAM[6], y no soportan el incremento de capacidad de tráfico, lo cual impide el crecimiento de las capacidades de las redes IP / MPLS de las empresas de telecomunicaciones para atender la demanda de tráfico actual y de nuevos usuarios que utilizan el servicio de Internet Fijo y Móvil a nivel nacional.

Por tal motivo, es necesario realizar este estudio de factibilidad de diseño de una red MPLS como backbone de Internet y optimizar las arquitectura de las diferentes redes, a fin de poder atender el continuo crecimiento, incrementar la disponibilidad, cobertura y satisfacer de manera integral los requerimientos de crecimiento de tráfico de servicios

---

4 Cisco 12000 Series Routers (2017)_ Cisco Systems, Inc., California EEUU: Products and Service: http://www.cisco.com/c/en/us/support/routers/12000-series-routers/tsd-products support-series-home.html.

5 Cisco 1200 End of Sale Cisco Systems, (5 jun 2015) Inc., California EEUU https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/12000-series-routers/eos-eol-notice-c51-732418.html

6 Cisco 1200 End of Sale Cisco Systems, (5 jun 2015) Inc., California EEUU https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/12000-series-routers/product_data_sheet0900aecd800f414a.html

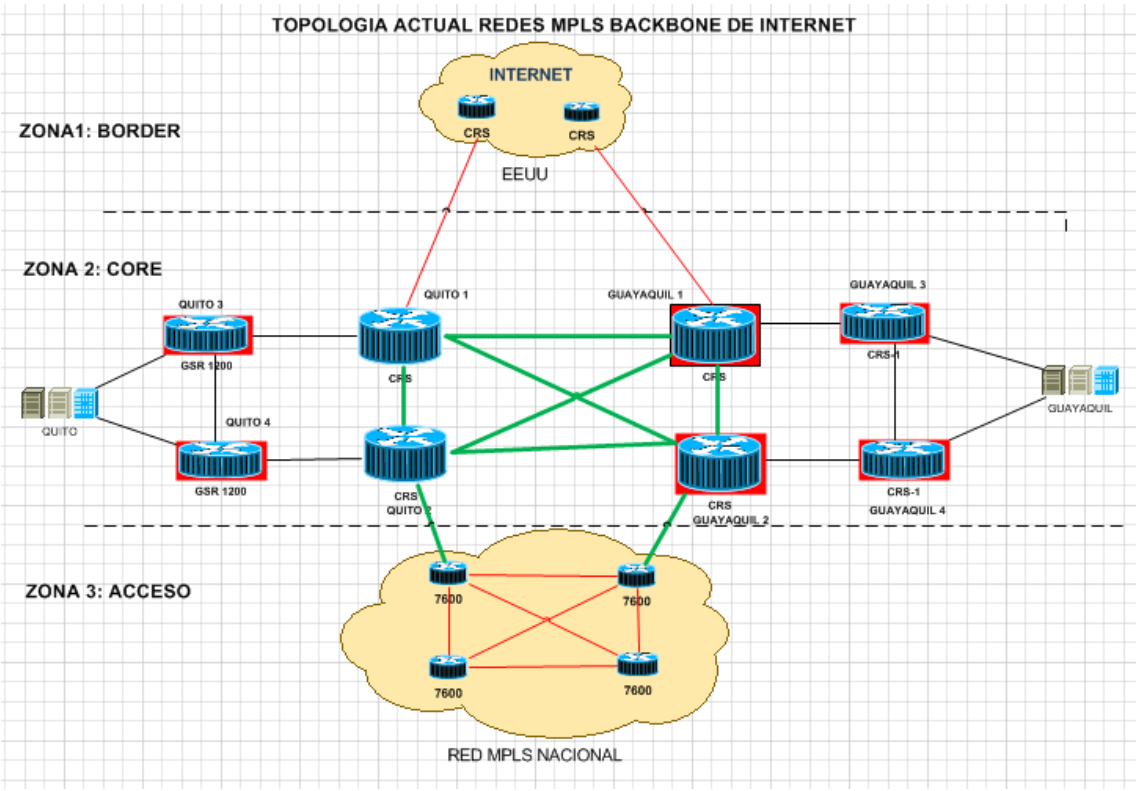
de telecomunicaciones (de voz, datos, video, caching e Internet), así como garantizar la operación óptima de las redes MPLS, funcionalidades de redundancia, alta disponibilidad y convergencia, permitiendo cubrir todas las necesidades de los usuarios de Internet fijos y móviles.

De acuerdo a la figura 1, se describe la infraestructura existente en algunas empresas de telecomunicaciones que brindan servicios de Internet a través de sus redes IP/ MPLS, la arquitectura de red IP/MPLS está conformado con su topología y distribuidas por zonas de acuerdo a la siguiente descripción de red:

- Zona 1: Red Internacional EEUU → (Sistema Autónomo) AS 26000
- Zona 2: Red de Backbone de Internet (Border y Core) →(Sistema Autónomo) AS 27000
- Zona 3: Red MPLS Nacional (acceso) → AS (Sistema Autónomo 28000)

Figura 1 : Situación Actual de red MPLS como Backbone de Internet

Elaborado por: El autor.



En la arquitectura descrita en la figura 1, la interconexión entre Ecuador de la zona 2, con el sistema autónomo en Miami de la zona 1, se realiza a través de dos puntos de interconexión internacional Quito y Guayaquil respectivamente con equipos CRS- 1/8 en Guayaquil y Quito, las dos salidas internaciones un punto en Quito y uno en Guayaquil es una vulnerabilidad grande ante una falla disminuye a la mitad su tráfico internacional, en caso de que una conexión internacional falle como se muestra figura 1.

La arquitectura de la Zona 2, está conformada por cuatro routers Core de la familia CRS 1/3 (dos en Quito y dos en Guayaquil respectivamente) y cuatro routers GSR12000, como se mencionó anteriormente los routers GSR 21200 presentan limitación en la capacidad transporte sobre redes IP es decir (slots limitados).

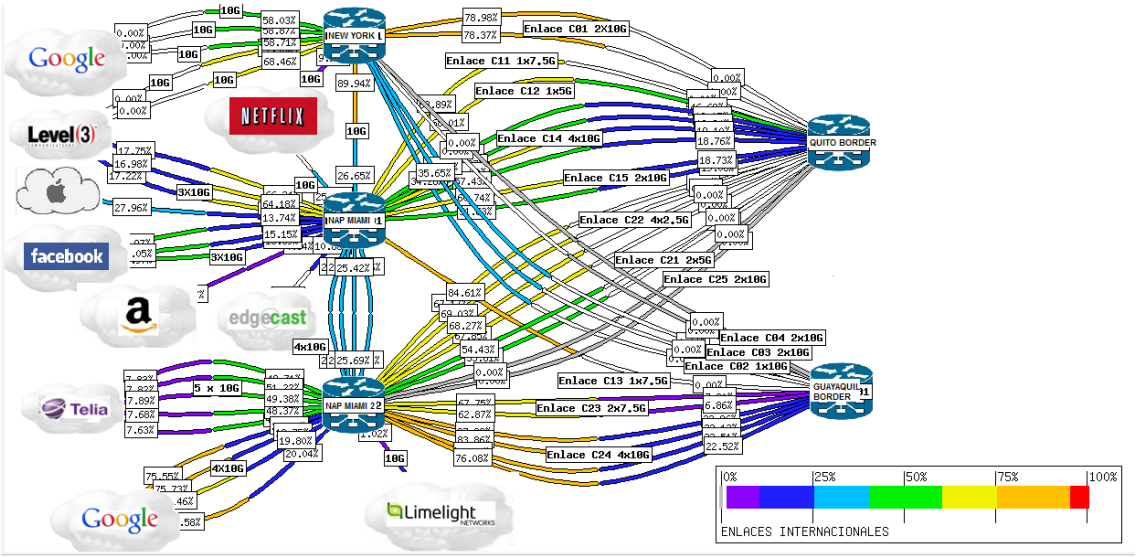
Los equipos Cisco GSR12000/7600 de zona 3, el tráfico están en sus límites máximos de utilización entre 80- 90 % y de saturación en las interfaces de 10G, lo cual disminuye la disponibilidad para poder garantizar los servicios de Internet de usuarios fijos y móviles como se menciona los modelos en la tabla 4.

Tabla 4: Equipos de Acceso de la zona 3 Cisco GSR12000.

PROVINCIA	NODO	MODELO GSR12000	RED
AZUAY	CUENCA	12816/PRP	MPLS
ESMERALDAS	ESMERALDAS	12810/PRP	MPLS
IMBABURA	IBARRA	12810/PRP	MPLS
CHIMBORAZO	RIOBAMBA	12810/PRP	MPLS
MANABI	MANTA	12810/PRP	MPLS
LOJA	LOJA	12810/PRP	MPLS
PICHINCHA	QUITO	12810/PRP	MPLS
GUAYAS	CENTRO	12810/PRP	MPLS

En la figura 2, se muestra la saturación actual del tráfico de Internet generado por usuarios fijos y móvil a marzo 2017, de los enlaces WAN internacionales de una red IP/MPLS como Backbone de Internet de la zona 1 y 2 con capacidades 2.5 Gbps, 7,5 Gbps y de 10Gbps de uno de los proveedores de servicio de Internet en Ecuador, en su conectividad internacional con los proveedores de contenido de Internet internacionales (Google, YouTube, Facebook, etc), siendo el color naranja y rojo la saturación máxima del 80- 100% de las interfaces en la hora pico.

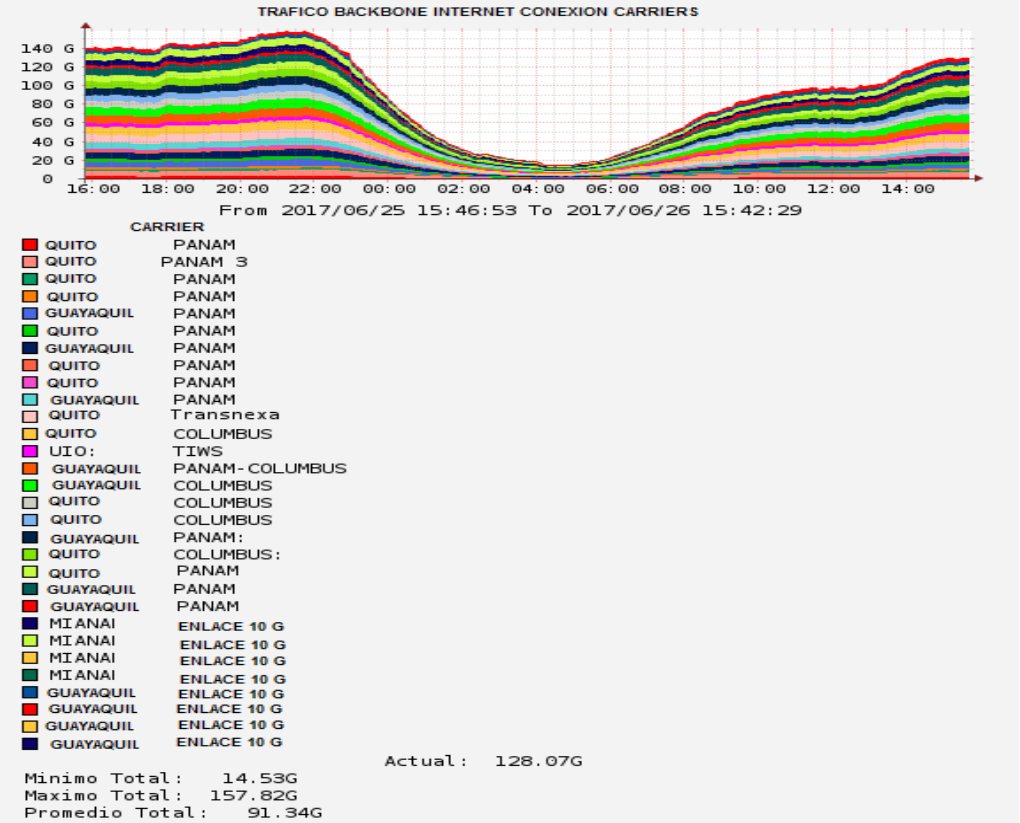
Figura 2: Situacion Actual de un Segmento de red Zona 1. Referencia: sistema Cacti de monitoreo de enlaces WAN.



De acuerdo a lo que muestra el gráfico de la figura 2, existe una saturación en los enlaces WAN de la conectividad internacional en ciudades de Quito y Guayaquil. Por lo que se ha identificado la necesidad de realizar el estudio de factibilidad del diseño de una red del backbone de Internet con tecnologia MPLS para aumentar la capacidad de tráfico de clientes actuales y en años posteriores..

En la Figura 3 se verifica que los equipos de zona 1 y 2 se encuentran llegando a su capacidad máxima de ocupacion a nivel de tráfico internacional de 157 Gbps.

Figura 3: Situación Actual de la capacidad máxima de ocupación en las redes IP de conexiones internacionales entre Ecuador y Nap de las Américas en Miami. Referencia: visualización del sistema Cacti de monitoreo de enlaces WAN.



El acceso a Internet por parte de los clientes actuales tanto usuarios fijos y móviles en las redes IP/MPLS de un proveedor de servicios de Internet consumen un tráfico de 157 Gbps, de acuerdo se muestra en la figura 3, el crecimiento continuo de ancho de banda requerido llega a picos máximos sin afectar la calidad, pero para años posteriores el tráfico incrementaría y las redes IP/MPLS de los proveedores de servicios de Internet no estarían en capacidad de soportar esta demanda de tráfico.

En la figura 4 y tabla 5, se muestra la comparación de proveedores de servicios de Internet en Ecuador con estadísticas en cantidades y porcentajes de usuarios de Internet fijo y móvil, estudios realizados por la ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las TELecomunicaciones).

Figura 4: Proveedores de Internet en todo el Ecuador ARCOTEL abril 2017

Referencia: Arcotel.

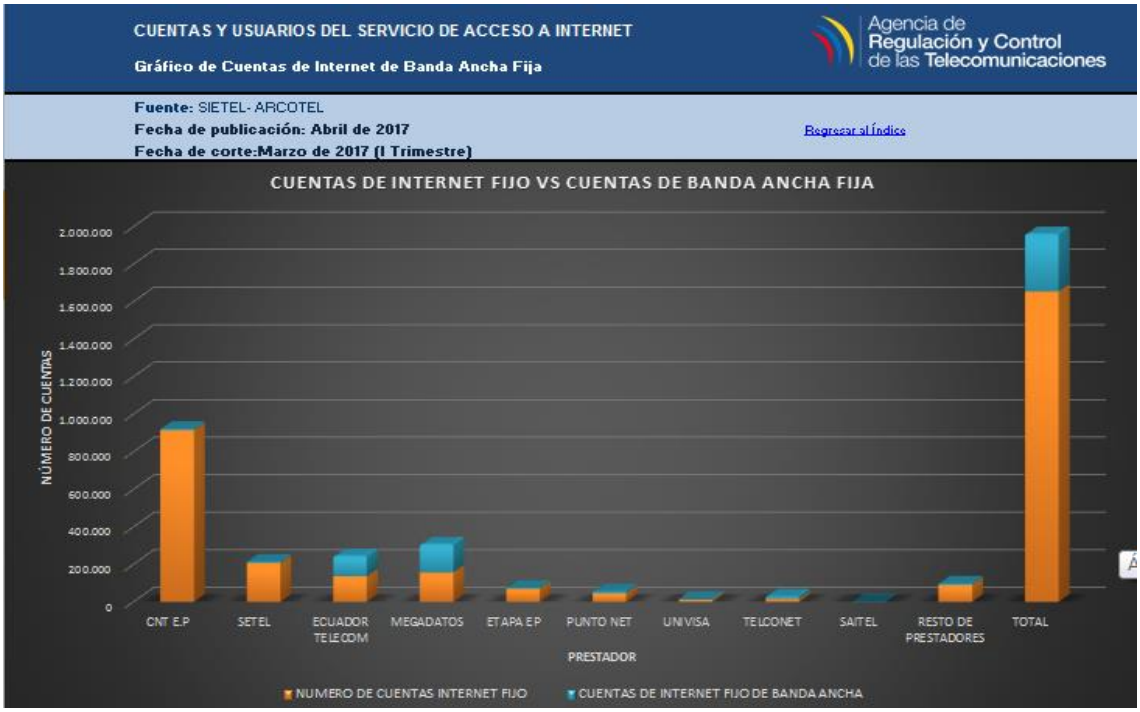


Tabla 5: Histórico en porcentaje de crecimiento de cuentas de Internet por cada 100 habitantes en todo el Ecuador ARCOTEL abril 2017

Referencia: Arcotel

Cuentas de Internet Fijo y Móvil								
Año	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**
Internet Fijo	3,35%	4,47%	5,98%	6,88%	8,25%	9,16%	9,76%	9,97%
Internet Móvil	2,35%	10,48%	22,15%	26,66%	30,79%	34,97%	47,04%	46,75%

CAPITULO 2

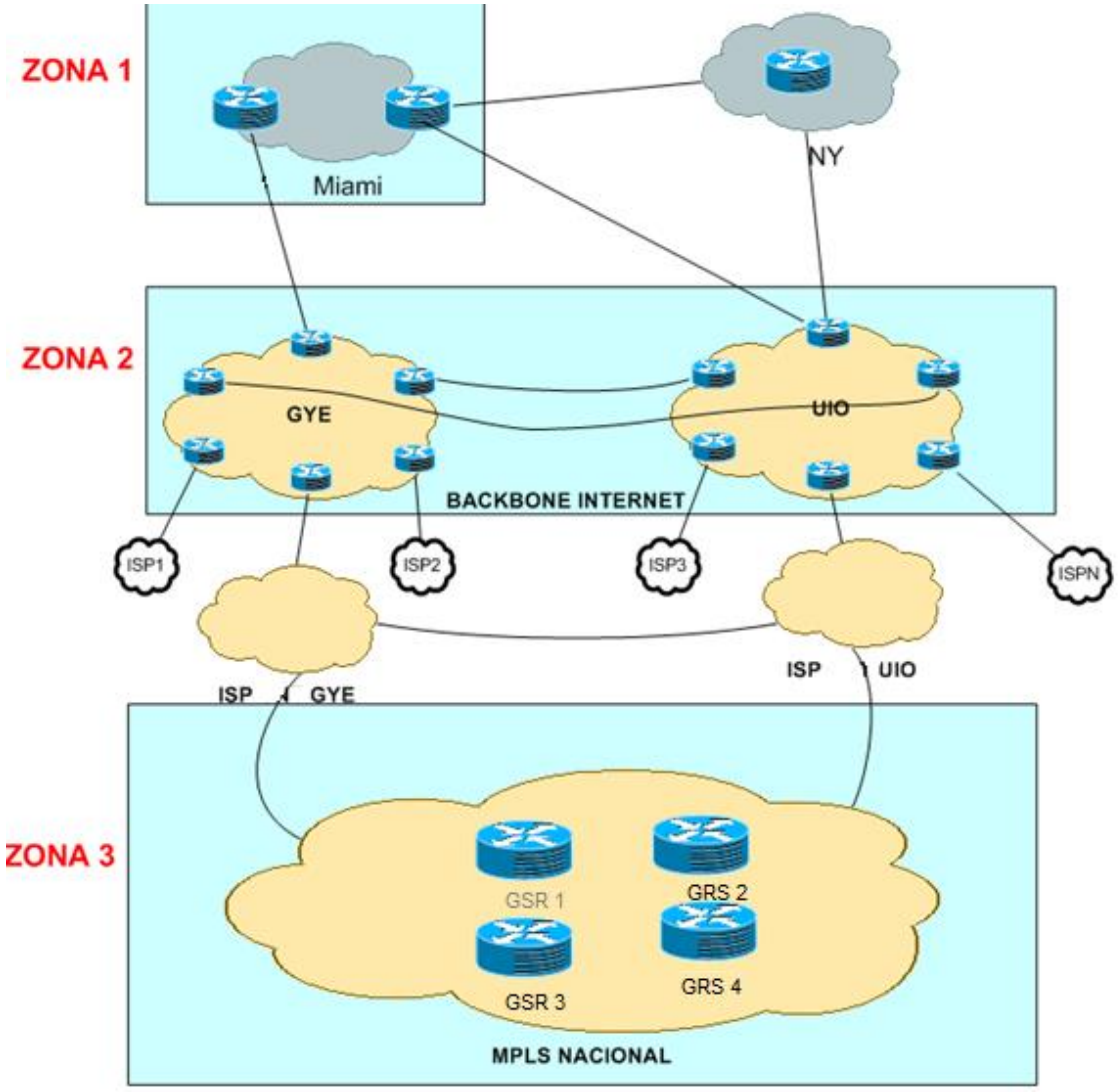
2 Dimensionamiento de la Red IP/MPLS como Backbone de Internet

2.1 Diagnóstico de la Red MPLS

En la actualidad las redes IP/MPLS como Backbone de Internet es el punto de concentración de todo el tráfico de salida hacia Internet de los usuarios tanto fijo y móvil, así como también usuarios corporativos que requieren grandes capacidades de acceso incluidos otros ISP´s.

Los equipos de las redes IP/MPLS que conforman el Backbone de Internet de los proveedores de servicios en Ecuador están alcanzado límites máximos de ocupación a nivel de tráfico cursado así como la disponibilidad de interfaces físicas de gran capacidad son limitadas, se ha identificado la necesidad de seleccionar y reemplazar el equipamiento existente tanto router GSR1200 y CRS-1 en los segmentos de red de las Zona 1, Zona 2 y 3 que intervienen en la arquitectura del servicio de acceso a Internet, por equipamiento de última tecnología con mayor capacidad de transporte que soporte el tráfico actual y el incrementó de tráfico en años posteriores de acuerdo se indica en la arquitectura de Red con topología que se muestra en la figura 5.

Figura 5: Arquitectura de red MPLS del backbone de Internet

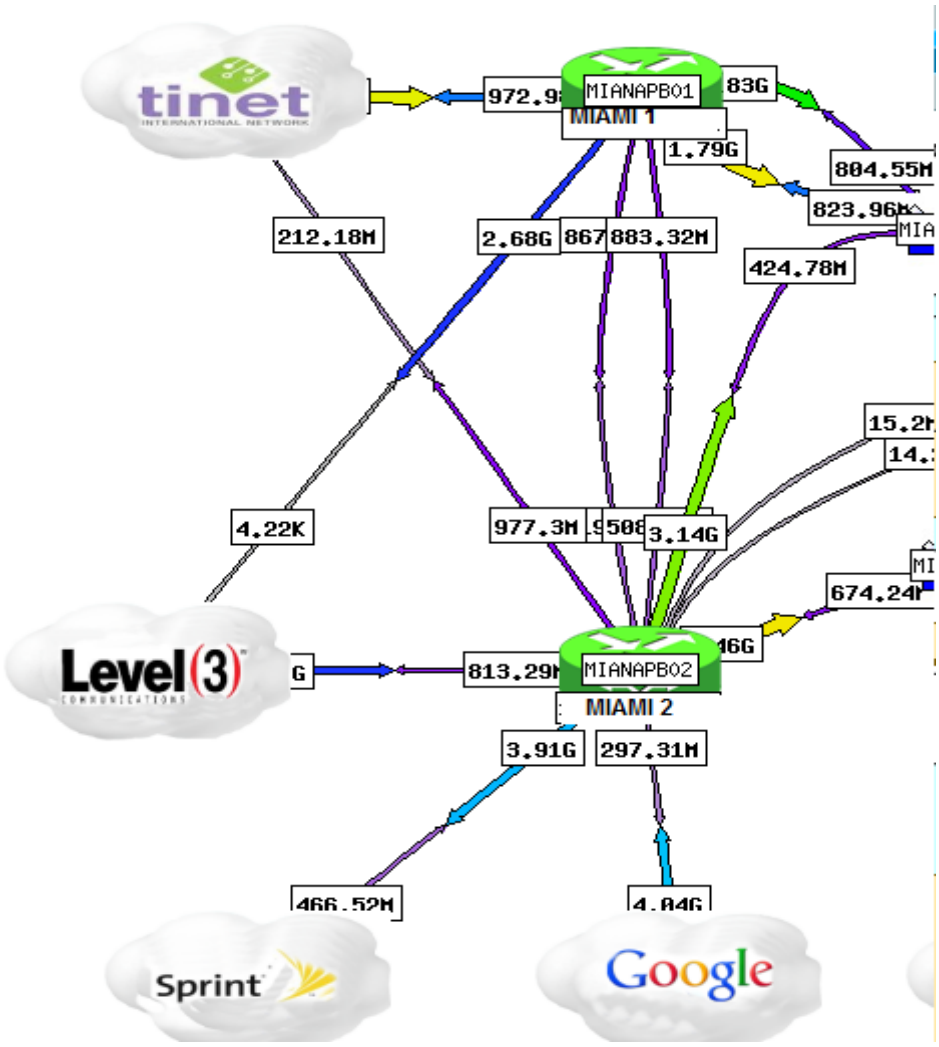


A continuación se describe los requerimientos en cada una de las zonas que conforman la arquitectura de red IP/MPLS de un proveedor de servicios de Internet en Ecuador y sus limitaciones en el crecimiento de tráfico para atender la demanda actual y para años posteriores.

2.1.1 Zona 1: Limitación de Puertos y Slots en el Nap de Miami

En el Nap de Miami, de acuerdo a la figura 5, existen 2 equipos CRS-1 de 4 slots cuyos puertos de 10Gbps y slots están ocupados en su totalidad y limita la arquitectura actual para el crecimiento de las interconexiones con los proveedores de contenido de Internet como se muestra en la figura 6:

Figura 6: Situacion Actual capacidad máxima de ocupacion a nivel de tráfico Backbone de Internet en el NAP Miami. Referencia: visualización del sistema CACTI de monitoreo de enlaces WAN.



Como se muestra figura 6, existe la limitación del hardware en los router CRS -1 del Nap de Miami, y no es posible realizar nuevas conexiones directas hacia los dueños de contenido en Internet, como ejemplo las conexiones con Google.

Las conexiones directas hacia los dueños de contenidos, se limita a lo siguiente:

a) Los tiempos de respuesta delay (navegación páginas web de su contenido)

b) Capacidad de transmisión internacional hacia los proveedores internacionales desde Ecuador.

En la tabla 6 se muestra las capacidades actuales de las conexiones con proveedores de contenido en el Nap de Miami.

Tabla 6: Capacidad de conexiones con proveedores de contenido abril 2017. Referencia: Estimado de tráfico de acuerdo herramientas de monitoreo cacti

Carrier	Tráfico (Gbps) máximo estimado
Google	40
Facebook	40
Otros*Netflix, Twitter, Skype etc.	30

2.1.2 Zona 2: Equipos de Borde y Core del BackBone de Internet.

Los equipos de red IP/MPLS de la zona 2 tanto en Quito como en Guayaquil, de acuerdo a la figura 1, está conformada con equipos de la familia cisco CRS, GRS12000, 7600 por lo que los routers de la familia GSR 12000 están limitados en crecimiento de capacidades de transporte en las tarjetas procesadoras RPR-2 que tiene una capacidad limitada de 40GB storage y 2 GB SDRAM, por lo tanto no soportan el incremento de capacidad de tráfico, lo cual impide el crecimiento de las capacidades de las redes IP / MPLS de las empresa de telecomunicaciones para atender la demanda de tráfico actual y de nuevos usuarios que utilizan el servicio de Internet Fijo y Móvil a nivel nacional.

Con las limitaciones mencionadas, la red no está en la capacidad de soportar el mejoramiento de los planes de acceso a Internet en posteriores años 2018, 2019 hasta 2021. De acuerdo a las proyecciones de crecimiento de tráfico con la masificación del servicio a través de la tecnología de acceso del cliente final por fibra GPON y LTE.

2.1.3 Zona 3: Equipos de Acceso de la red MPLS.

Considerando que la red MPLS es el punto de convergencia de todo el tráfico de acceso de los clientes fijos y móviles para brindar los servicios de datos, Internet y telefonía, el incremento de tráfico es considerable en los enlaces de Acceso y de la red MPLS, por lo que las capacidades actuales de conexión no son suficientes para garantizar el transporte de tráfico de acceso fijo y móvil, y el tráfico que se generaría en años posteriores.

2.2 Delimitación del problema

2.2.1 Descripción del Problema

El hardware actual de las redes IP/MPLS como Backbone de Internet descritos en la figura 1, no disponen de las capacidades necesarias para soportar el crecimiento continuo de ancho de banda requerido para cubrir las necesidades de los clientes en base a la disponibilidad y calidad de los servicios que se transporta por éstas redes IP. De igual manera no se dispone de hardware robusto para soportar el tráfico que se va a generar por el incremento de nuevos clientes de Internet a nivel nacional en los próximos años.

2.2.2 Causas

Las causas identificadas son:

- Limitación de crecimiento en hardware y capacidades de manejo de tráfico en los nodos Cisco CRS-1, GRS 12000 y 7500 en la arquitectura actual descritas en las zonas 1,2 y 3 como se muestra figura 1, en el Nap de Miami y en los nodos de las ciudades de Quito y Guayaquil y principales ciudades del país, que no permite atender el crecimiento sostenido de la demanda de ancho de banda para los usuarios de Internet fijo y móvil a nivel nacional.

- Limitaciones en Backplane (chasis) y capacidad en las tarjetas procesadoras RSP-2(*Redundancia del procesador del router*) menores a 40GB en los GSR 12000, CRS y de puertos de 10Gbps en los equipos de Quito y Guayaquil de la Zona 1, 2 y 3.

2.2.3 Efectos

Los efectos identificados son:

- Disminución de calidad de servicio de acceso a Internet para clientes de banda ancha masivos y corporativos debido a saturación de enlaces y Backplane de equipos de las zonas 1, 2 y 3.
- Dificultad de crecimiento de nuevas conexiones de 10Gbps demandadas por ISPs y de clientes corporativos que requiere altas capacidades de acceso a Internet.
- Capacidad de transmisión insuficiente entre los nodos principales de zona 1,2 y 3 en Border, Core y acceso de la red MPLS entre las localidades de Quito y Guayaquil.
- Falta de capacidad para asegurar el manejo adecuado del tráfico que se va a generar entre los nuevos clientes de Internet a nivel nacional en los próximos años.

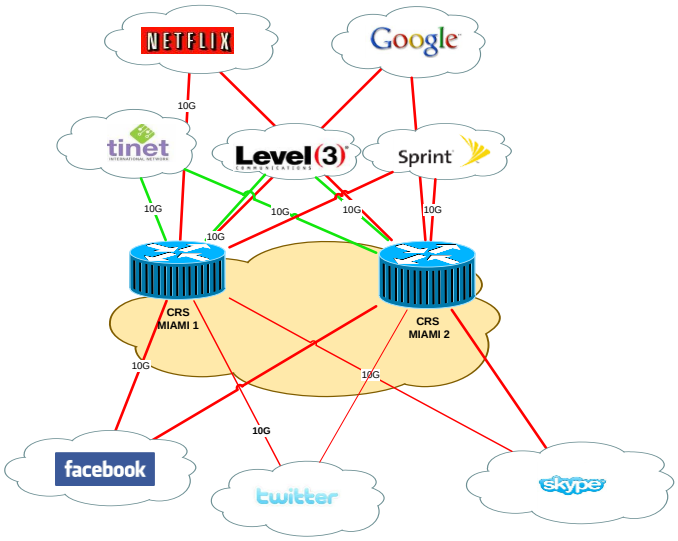
2.3 Dimensionamiento de la Zona 1: Requerimientos previo a la factibilidad de diseño de capacidades en el Nap de Miami.

En el Nap de Miami, los equipos CRS-1 de 4 Slots cuyos puertos de 10Gbps y slots están ocupados en su totalidad y limita la arquitectura actual para el crecimiento de las interconexiones con los proveedores de contenido de Internet como (Google, Facebook, twitter, netflix, etc) de mayor demanda que unicamente aceptan realizar interconexiones con enlaces de gran capacidad (10Gbps).

Se requiere una arquitectura de interconexión hacia los proveedores de Internet y enlaces en el Nap de Miami que disponga del hardware necesario para soportar el incremento de tráfico como se muestra en la figura 7.

Figura 7: Interconexión de Routers de Borde en la zona 1 del NAP Miami, con los proveedores de contenido de Internet.

Elaborado por: El autor.



Los requerimentos para el dimencionamiento son los siguientes :

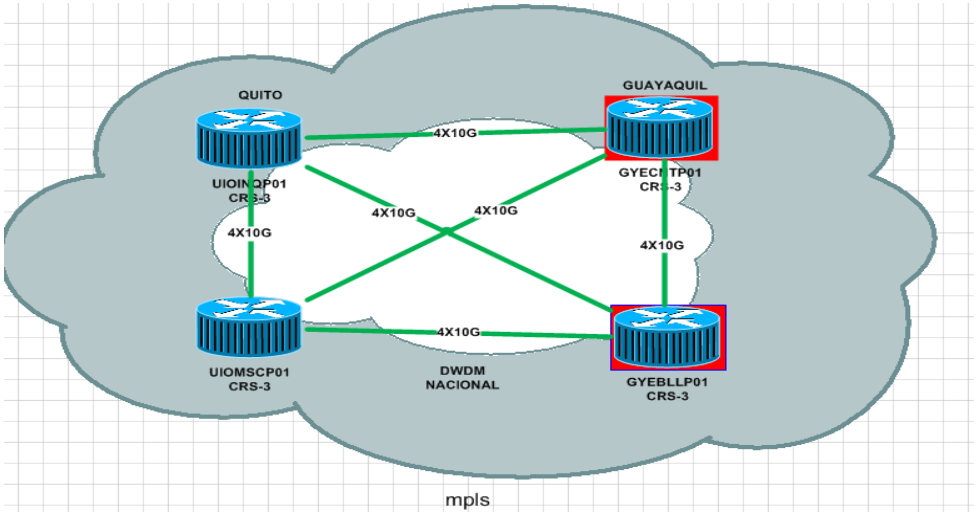
- Reemplazar los routers CRS existente con nuevos routers de mayor capacidad con al menos 50% de utilizaciòn en 4 slot por lado, en cada chasis y el resto 50% para creciemiento fututo en el Nap de Miami de acuerdo a la demanda.
- Optimizacion de las rutas y tùneles con las comunidades BGP en los enlaces internacionales Quito-Miami 1 y Miami 2, Guayaquil- Miami 1 y Miami 2 y Quito1- Nueva York1.

2.4 Dimensionamiento de la Zona 2: Requerimientos previo al diseño de los equipos de Borde y Core del Backbone de Internet.

Los equipos de la red IP/MPLS de la zona 2 del Backbone de Internet en Quito y Guayaquil (figura 8), la demanda de ancho de banda de los clientes actuales ha

ocasionado que se utilice en un 90% la capacidad de puertos de 10Gbps que se dispone como se mencionan una arquitectura en la figura 8.

Figura 8: Arquitectura actual previo a los requerimiento de dimencionar las interfaces y/o equipos. Elaborado: El autor



Los requerimentos para el dimencionamiento de este segmento de red y disponer de enlaces de gran capacidad que permitan el transporte adecuado de tráfico en la red de Backbone de Internet de la zona 2, son los siguientes:

- Reemplazar los equipos routers CRS-1 y CRS-3 de la zona 2, en Guayaquil y Quito, por routers de ùtlima tecnologìa y gran capacidad de borde de la red Backbone de Internet ubicados en las centrales de Quito y Guayaquil, con este requerimiento se espera cambiar el Backplane actual de los routers de esta zona para aumentar su capacidad de procesamiento de 140 Gbps actuales a 440 Gbps y 880Gbps y así poder instalar tarjetas con mayor densidad de puertos 10 Gbps por slot.
- Se requiere una topología en configuracion en malla para otorgar mayor proteccion al tráfico de Internet masivo y corporativo con equipos en configuración clúster en el border MPLS.

- La capacidad entre los equipos clúster de borde de la red MPLS y el acceso de la red de Internet deberà ser al menos de interfases de 10 G y con ampliaciòn a 100 Gbps entre equipos de los nodos Quito 1 y Guayaquil 1, Quito 2 y Guayaquil 2 y enlaces metro entre nodos Quito 1 y Quito 2 y entre enlaces Guayaquil 1 y Guayaquil 2.

- Se requiere que los clúster de los router de alta capacidad que reemplazan a los equipos routers CRS y GSR 12K en las ciudades de Quito y Guayaquil, en su funcionalidad como PE *(*Perimetral Edge*)* de la red MPLS.

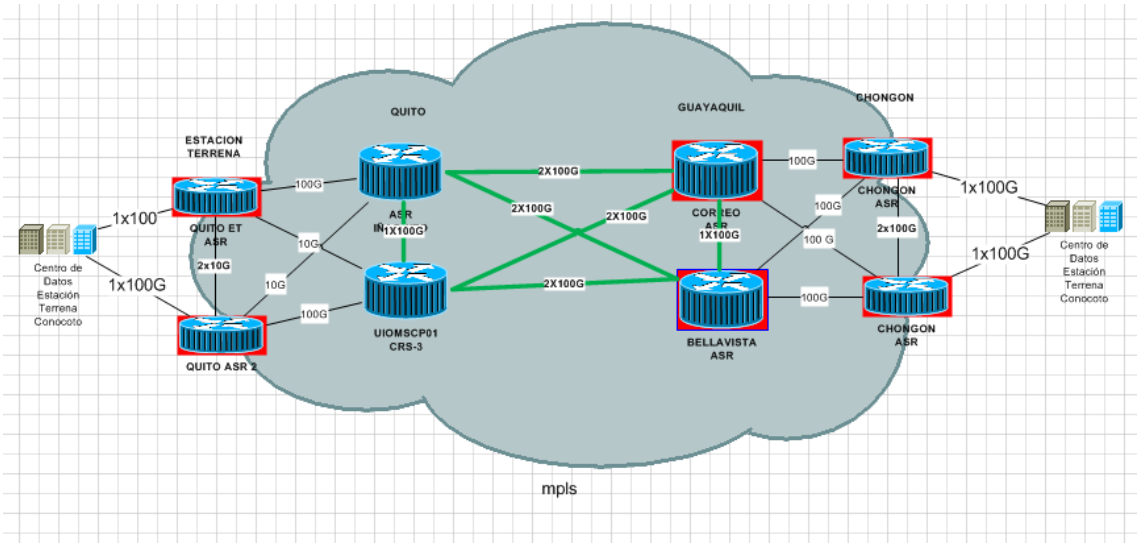
- Al menos se requiere de conexiones de mìnimo 10Gbps hasta de 100Gbps entre los cuatro routers de alta capacidad en la zona 2, de los nodos principales en Quito y nodos de Guayaquil de la red de Internet, debe contemplar la integración con los equipos de Acceso y Border MPLS de la red.

- Requerimiento de ampliar un mínimo 24x10Gpbs distribuidos en al menos 3 tarjetas adicionales en cada equipo de Core de la red MPLS ubicados en las centrales de Guayaquil y Quito.

- Se requiere una red Core full-mesh de capacidad mínima de 10Gbps y de 100 Gbps entre los nodos de Quito 1, Quito 2, Guayaquil 1 y Guayaquil 2, del Core de la red MPLS, que garanticen el acceso a los servicios actuales y nuevos tal como se describe en la figura 9.

- Para solventar los requerimiento identificados, el presente estudio se plantea una arquitectura que se muestra en la figura N° 9:

  Figura 9: Arquitectura de equipos routers (PE) de zona 2 en la red MPLS. Elaborado: El autor.



2.5 Dimensionamiento de la Zona 3: Requerimientos para la Diseño de los equipos de Acceso del Backbone de Internet

Debido a que los equipos actuales que cumple la función de nodos de acceso de la red Backbone de Internet son routers cisco modelo 7600 [7] cuya capacidad de Backplane es inferior a un router modelo CRS-1, no es posible realizar una actualización (upgrade) para ampliar su capacidad, por tal razón se recomienda el reemplazo de éstos equipos por nuevos equipos Cisco modelo ASR9010[8], que permita soportar las necesidades de nuevas conexiones que exigen gran capacidad de procesamiento de tráfico sin afectar el desempeño del equipo y los servicios que están siendo transportados por esos nodos, además que permiten implementar un esquema de alta disponibilidad nivel de equipo (Clúster).

Los requerimentos para el dimencionamiento de este segmento de red son los siguientes:

[7] Cisco datasheet routers cisco modelo 7609 Series Routers (2017)_ Cisco Systems, Inc., California EEUU: http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/routers/7600/Hardware/Chassis_Installation/OSR_7609_Router_Installation_Guide/osrouter/osr_over.html#wp1048235

[8] Cisco modelo ASR9010 datasheet routers Series Routers (2017)_ Cisco Systems, Inc., California EEUU: http://www.cisco.com/c/en/us/products/routers/asr-9010-router/index.html

- Remplazo de los routers (7600) de acceso del BackBone de Internet ubicados en las centrales de Quito 3, Quito 4, Guayaquil 3 y Guayaquil 4, por equipos ASR 9010, con chasis en cada una de las centrales y configurados en modo Clúster con enlaces de mínimo 10Gbps y 100Gbps.

- Los nuevos routers de acceso deben estar configurado con al menos 40 puertos 10 Gbps distribuidos en mínimo 3 slots y al menos 160 puertos ópticos de 1 Gbps por cada chasis.

- Se requeriere la implementacion de un sistema de gestión Cisco ultima versión, con capacidad para 2000 dispositivos.

  El acceso a la red MPLS Backbone de Internet se da por diferentes medios guiados e inalámbricos como: Cobre, Fibra, XDSL, VDSL, GPON, LTE, 3G, para llegar con la mayor velocidad de datos e Internet a hogares, empresas públicas y privadas.

2.6 Dimensionamiento de Ancho de Banda para la ampliación del Backbone de Internet de los segmentos de las zonas 1,2, y 3.

El Ancho de Banda a nivel de Internet y de Datos es la cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período de tiempo dado.

Para determinar el ancho de banda se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- Porcentaje de saturación de las interfaces WAN entre ciudades y la saturación de los nodos de una misma ciudad LAN, el fabricante recomienda un porcentajes de utilización menor al 80% de utilización de las tarjetas procesadoras, de línea, backplane de router CRS, ASR y cisco series 7600, en los enlaces de la red Backbone de Internet a diseñar, durante la hora pico de mayor tráfico asimétrico

es decir en Ecuador el consumo máximo de Internet es 06h00 am -12h00am en la mañana y en la noche de 18h00-11h00 pm.

- Ancho de Banda mínimo en horas pico de tráfico entre 11H00 pm – 06H00 am.
- Número total de clientes que se requiere dar servicio.

2.7 Conectividad Internacional

La conexión internacional a Internet es por cables submarinos (Cable Panamericano, Emergía y Américas); y, dos cables terrestres (Telecom y Transnexa). Los enlaces internacionales son desde 1 Gbps, 2,5 Gbps a 10 Gbps de velocidad con los carrier internacionales.

2.8 Direccionamiento IP

La LACNIC[9] asigna el direccionamiento para el tráfico internacional pool de IP y sistemas autónomos para routing a nivel de protocolos de Border, para el presente estudio se realiza un estudio de las IP necesarias para el dimensionamiento de este diseño de red propuesta.

El direccionamiento IP identifica a cada dispositivo dentro de la red de comunicaciones, por su aplicabilidad y uso se tiene dos tipos de IPs:

IPs Públicas.- se asignada a equipo o dispositivo conectado de forma directa a Internet como: servidores web, routers o módems que dan acceso a Internet, estas direcciones son únicas y no pueden repetirse entre dispositivos.

IPs Privadas.- se asignada a equipos para el procesamiento de información dentro de una red doméstica o privada (laptop, impresoras, estaciones de trabajo).

9 LACNIC, el Registro de Direcciones de Internet para América Latina y Caribe, es una organización no gubernamental internacional establecida en Uruguay en el año 2002. Es responsable de la asignación y administración de los recursos de numeración de Internet (IPv4, IPv6), Números Autónomos y Resolución Inversa, entre otros recursos para la región de América Latina y el Caribe. Es uno de los 5 Registros Regionales de Internet en el mundo.

El direccionamiento de IPs Públicas como las privadas pueden ser estáticas o dinámicas, para una mejor gestión y operatividad de las IPs se debe realizar un Subnetting relacionado directamente con el número de usuarios dividiendo una red IP en subredes lógicas (redes más pequeñas) que operan como una red individual.

CAPITULO 3

3 Diseño de una solución de Red MPLS como Backbone de Internet

Se realiza el diseño de una red MPLS como Backbone de Internet, a fin de poder atender la demanda actual y satisfacer el crecimiento de tráfico de los servicios de telecomunicaciones de Internet fijo (Cobre/GPON) y móvil 3G/LTE en Ecuador hasta el año 2021, como una guia para las empresas de telecomunicaciones en el país, de acuerdo a los requerimientos solicitados en el capítulo 2, en cada segmento de la red IP/MPLS como Backbone de Internet, considerando para el presente estudio se trabajó bajo la línea de la marca Cisco.

3.1 Diseño de la solución.

La limitación para el diseño se basa en el comportamiento actualmente de la red IP/MPLS de las zonas de Border, Core, Acceso, de acuerdo al histórico del tráfico cursado sobre dicha red, estos niveles de tráfico son monitoreados las 24 horas los 7 días a la semana y 365 días al año, que permiten un control constante y monitoreo en los enlaces WAN y LAN que actualmente contemplan las redes IP/MPLS, entre la limitaciones más importantes para el diseño y selección del equipamiento de Router de alta gama son las siguientes:

- Porcentaje de saturación de las interfaz y/o enlaces entre ciudades redes WAN y entre nodos de una misma ciudad enlaces LAN, el fabricante recomienda un porcentaje menor al 80% de utilización de las tarjetas de control, procesadoras, de línea, backplane de router CRS, ASR y cisco series 7600 en la red Backbone de Internet, en las horas pico de acuerdo al tráfico asimétrico de 06H00am - 12H00am en la mañana y noche de 18H00-23h00 pm.

- Ancho de Banda mínimo en horas pico de tráfico es decir entre 23H00 pm – 06H00 am.
- Proyecciones del número de clientes que se requiere dar servicio.
- Capacidades limitadas por estándares internacionales del fabricante Cisco como, tarjetas de control, memorias, tarjetas procesadoras, de línea, y el backplane de los routers CRS, ASR y cisco series 7600, que son fabricadas con capacidades estándares de 1G, 10G, 40G, 100Gbps en las tarjetas de línea y tarjetas procesadoras de capacidad 140 G, 440Gbps, 880Gbps de procesamiento de acuerdo a la tecnología.

3.2 Proyección de Crecimiento Población de Ecuador hasta año 2020.

Las proyecciones de crecimiento de la población Ecuatoriana hasta el año 2020 de acuerdo estudios estadísticos del INEC se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7: Proyección de crecimiento de la población Ecuatoriana hasta el año 2020

Referencia: INEC.

AÑOS	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Proyección de crecimiento poblacional en el Ecuador	16.278.844	16.528.730	16.776.977	17.023.408	17.267.986	17.510.643

3.2.1 Datos de Cuentas y de Usuarios estimados de Internet por Provincia en Porcentaje.

La estimación de cuentas de Internet fijo y móvil a nivel nacional hasta marzo 2017 se menciona en la Tabla 8.

Tabla 8: Datos de cuentas de Internet fijo y móvil a nivel nacional de las tres operadoras Claro, Movistar y CNT: Referencia: Arcotel

No.	PROVINCIA	Cuentas Totales	Componente Cuentas Totales (%)	Número de habitantes Marzo 2017	% de habitantes provincia que tienen una suscripción a Internet
1	Azuay	106.597	1,13%	828.199	12,87%
2	Bolívar	9.395	0,10%	203.782	4,61%
3	Cañar	20.221	0,21%	264.197	7,65%
4	Carchi	13.031	0,14%	181.629	7,17%
5	Chimborazo	40.298	0,43%	507.478	7,94%
6	Cotopaxi	28.255	0,30%	465.406	6,07%
7	El Oro	55.544	0,59%	683.074	8,13%
8	Esmeraldas	25.440	0,27%	561.506	4,53%
9	Galápagos	4.157	0,04%	30.352	13,70%
10	Guayas	439.568	4,67%	4.162.150	10,56%
11	Imbabura	47.579	0,51%	453.041	10,50%
12	Loja	44.885	0,48%	502.104	8,94%
13	Los Ríos	34.794	0,37%	879.772	3,95%
14	Manabí	82.420	0,88%	1.513.769	5,44%
15	Morona Santiago	9.586	0,10%	180.487	5,31%
16	Napo	8.081	0,09%	123.513	6,54%
17	Orellana	8.586	0,09%	153.815	5,58%
18	Pastaza	8.642	0,09%	103.365	8,36%
19	Pichincha	527.323	5,60%	3.017.842	17,47%
20	Santa Elena	20.229	0,21%	369.338	5,48%
21	Santo Domingo de los Tsáchilas	38.628	0,41%	478.531	8,07%
22	Sucumbíos	10.989	0,12%	211.774	5,19%
23	Tungurahua	61.491	0,65%	565.928	10,87%
24	Zamora Chinchipe	6.335	0,07%	110.931	5,71%
25	Zonas No Delimitadas	5	0,00%	38.813	0,01%
	Operadoras Móviles	7.756.930	82,44%		
	Total general	**9.409.009**	**56,71%**	**16.590.792**	
	FIJO	**1.652.079**	**9,96%**		
	MÓVIL	**7.756.930**	**46,75%**		

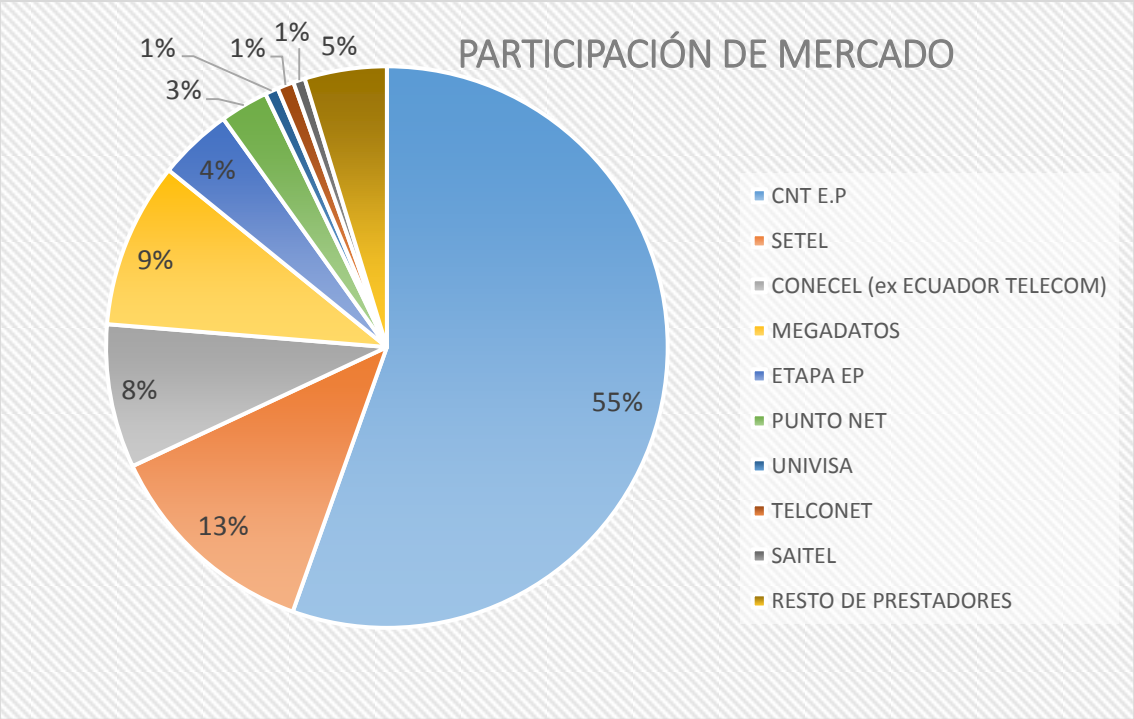
La estimación de cuentas de Internet fijo a nivel nacional de las operadoras hasta marzo 2017 se menciona en la Tabla 9.

Tabla 9: Cuentas de Internet fijo a nivel nacional hasta marzo 2017. Referencia: Arcotel

PRESTADOR	NUMERO DE CUENTAS INTERNET FIJO	PARTICIPACIÓN DE MERCADO
CNT E.P	915.919	55,44%
SETEL	208.011	12,59%
CONECEL (ex ECUADOR TELECOM)	136.620	8,27%
MEGADATOS	157.630	9,54%
ETAPA EP	70.410	4,26%
PUNTO NET	45.927	2,78%
UNIVISA	12.543	0,76%
TELCONET	15.780	0,96%
SAITEL	11.153	0,68%
RESTO DE PRESTADORES	78.086	4,73%
TOTAL	1652079	100,00%

En la Figura 10, se muestra el porcentaje de distribucion del número de usuarios de Internet fijo, en gráfico de pastel de las operadoras en Ecuador.

Figura 10: Gráfico de la distribución de las cuentas de Internet Fijo por Prestador. Referencia: Arcotel



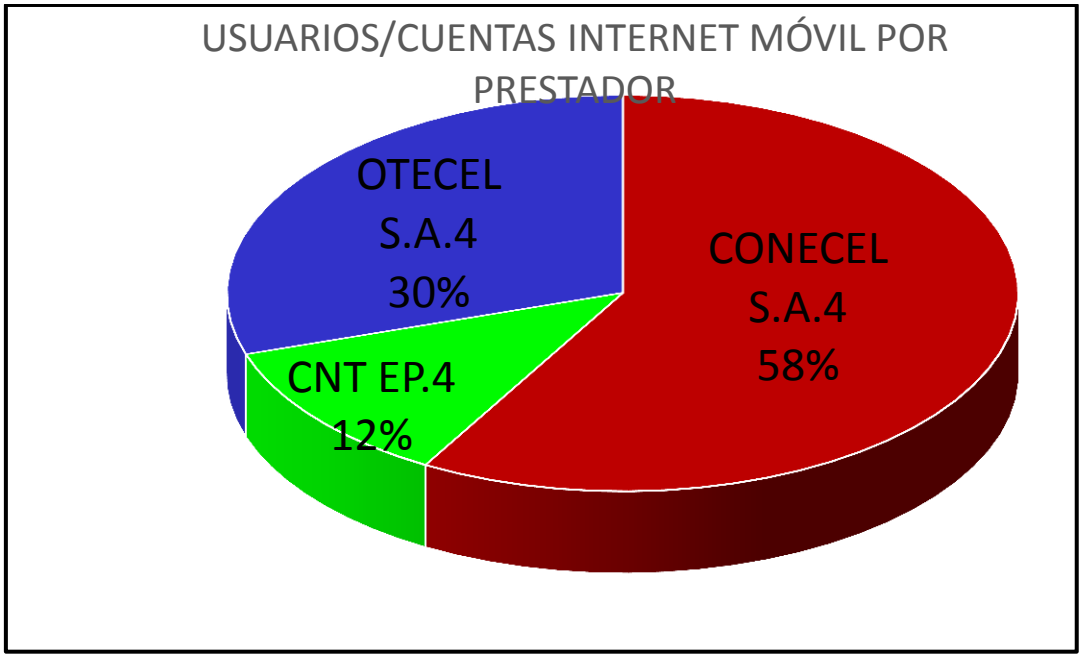
La estimación de cuentas de Internet móvil a nivel nacional de las tres operadoras hasta marzo 2017, se menciona en la Tabla 10.

Tabla 10: Cuentas de Internet móvil a nivel nacional hasta marzo 2017. Referencia: Arcotel.

OPERADORA	PORCENTAJE	CUENTAS INTERNET MOVIL
CONECEL S.A.4	58%	4.521.316
CNT EP.4	12%	906.588
OTECEL S.A.4	30%	2.329.026
Total		7756930

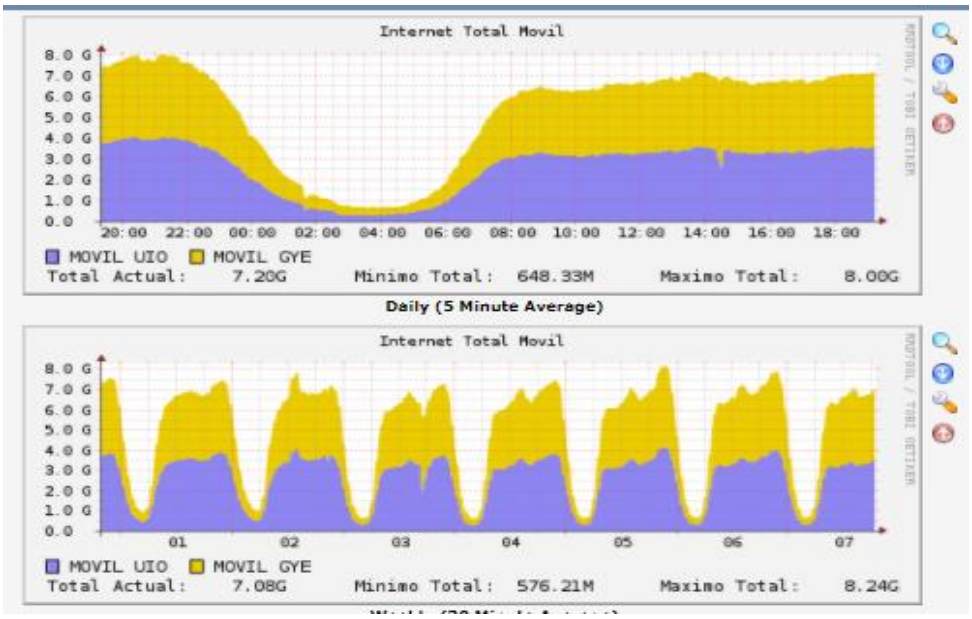
En la Figura 11, se muestra el porcentaje de distribucion del número de usuarios de Internet móvil de las tres operadoras a nivel nacional.

Figura 11: Gráfico de distribución de las cuentas de Internet Móvil por Prestador. Referencia: Arcotel



En la Figura 12 se puede observar el consumo actual de Internet móvil a junio 2017, de acuerdo al ancho de banda que consumen los usuarios móviles de Internet en una operadora.

Figura 12: Consumo en Gbps de usuarios de Internet Móvil. Referencia: cacti



3.2.2 Proyección de usuarios de Internet fijo y móvil a nivel nacional hasta el año 2021.

De acuerdo al análisis de usuarios fijos y móviles de acceso a Internet realizado por ARCOTEL, INEC Y MINTEL, el dimensionamiento de la red de Backbone de Internet MPLS, se realiza en base a los requerimientos de capacidades necesarias para soportar el crecimiento continuo de ancho de banda y las proyecciones de crecimiento de nuevos clientes hasta año 2021 de acuerdo a la tabla 11.

Los datos de la Tabla 11, se proyectan hasta el año 2021 de acuerdo al análisis estadístico realizado por Arcotel e INEC en relación al crecimiento poblacional del Ecuador hasta año 2021 realizado en las tablas 7, 8, 9 y 10.

Tabla 11: Proyecciòn del porcentaje de usuarios de Internet fijo y movil a nivel nacional de las tres operadoras hasta el año 2021. Fuente ARCOTEL 2017, INEC

Crecimiento de Internet Fijo y Móvil a nivel nacional						
Año	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**
Internet Fijo	9,76%	9,97%	9,98%	10,02%	10,48%	10,88%
Internet Móvil	47,04%	46,75%	48,00%	50,00%	55,00%	62,00%
Crecimiento poblacional Ecuador	16.528.730	16.776.977	17.023.408	17.267.986	17.510.643	17.760.643

Como se puede observar en la tabla 11, el crecimiento en porcentajes del mercado de Internet móvil a nivel nacional entre las tres operadoras móviles, existe un crecimiento notable en usuarios móviles en año 2015 (34,97%) y para el año 2021 se estima un crecimiento del 62% de la población total en Ecuador, es decir puede llegar a un mercado de 11 millones de usuarios móviles para el año 2021, en la actualidad existe 7 millones aproximadamente de clientes móviles entre las tres

operadoras. Es decir un crecimiento de nuevos usuarios de Internet móvil a distribuirse entre las tres operadoras de 4 millones de nuevos clientes en los próximos 5 años.

Para el caso del Internet Fijo se mantiene un crecimiento de 1 al 2% del mercado nacional, en los próximos cinco años, en el año 2017 existe 9,97% de clientes entre las tres operadoras, con una proyección de crecimiento del 10,88 % al año 2021, es decir un crecimiento de 1% en los próximos 5 años del diseño, para este diseño se considera el incremento del Ancho de Banda de acuerdo a los requerimientos del mercado, es decir un plan básico de 3 Mbps mensuales en 2017 y cada año un incrementos del 50% por cada año en los próximos 5 años, de acuerdo a los avances de la tecnología de equipos terminales como módems GPON y/o ADSL[10] .

3.2.3 Proyección de capacidad de Transporte para la Red Backbone de Internet MPLS.

Para el cálculo de Ancho de Banda para 5 años de horizonte del presente estudio de factibilidad de diseño, desde el año 2017 hasta el año 2021, se considera el análisis estadístico realizado por Arcotel e INEC en relación al crecimiento poblacional del Ecuador hasta año 2021, realizado en las tablas 7, 8,9 y 10, los parámetros proporcionados por los clientes en las estadísticas de navegación y estregados por el sistema de gestión Cacti, a continuación se muestra la proyección de crecimiento en la tabla 12.

Para el presente diseño se considera una proyección de nuevos clientes de Internet fijo y móvil, de un crecimiento de al menos un 25% (es decir de 2

[10] GPON.- Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit.- Se trata de las estandarizaciones de las redes PON a velocidades menores 1 Gbit/s;
ADSL.- El ADSL es una tecnología que utiliza el par de cobre a capacidad convencional de 8 Mbit/s a 12 y 24 Mbit/s respectivamente en distancias menores 3km del par de cobre.

millones) en usuarios móviles para una operadora y en usuarios fijos de al menos 10,80% (1.2 millones) del mercado nacional hasta el año 2021, como se proyecta los consumos de ancho de banda internacional en la tabla 12.

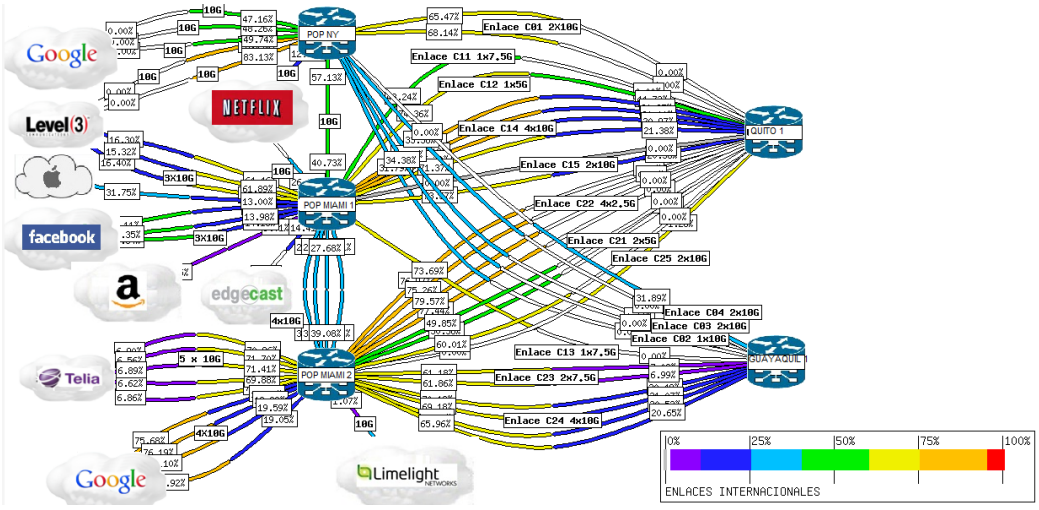
Tabla 12: Proyeccion de tráfico en Gbps de las salidas internacionales de Internet hasta el año 2021. Elaborado por: El autor en base a estudios INEC, ARCOTEL, MINTEL, CNT

RECURSOS	ITEM	2016	2017	2018	2019	2020	2021
TRÁFICO INTERNACIONAL DE INTERNET (Gbps)	**Masivos Fijos (Gbps)**	120	133	180	250	350	400
	Móvil (Gbps)	7	9	25	35	50	110
	Total consumo (Gbps)	128	142	205	285	400	510

3.3 Diseño para la Zona 1; Ampliación de capacidades en el Nap de Miami.

De acuerdo al capítulo 2, se diseña una topología en malla para proteger todas la rutas de la salida internacional de acuerdo a los requerimientos de tráfico de la tabla 12, y un doble anillo por el cable panamericano y otra por la salida internacional por Colombia a través Transnexa de acuerdo a la topología de la figura 13,

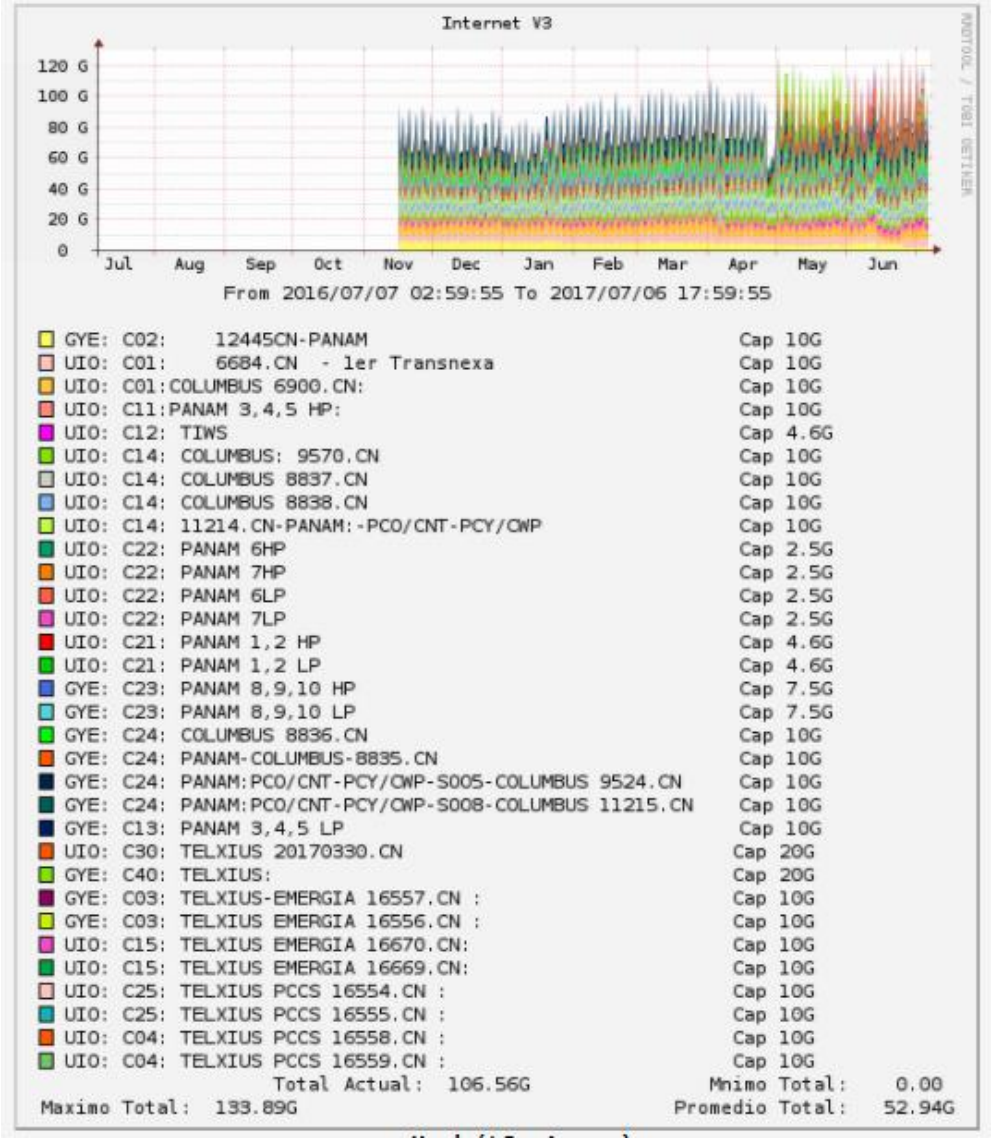
Figura 13: Gráfico Topología full mesh Backbone de Internet salidas internacionales. Referencia: Sistema de monitoreo cacti de enlaces WAN.



El diagrama de la figura 13, los colores en rojo y naranja están llegando a límites de entre 75 a 100%, una vez que el tráfico de usuarios sobrepase este umbral por incremento de usuarios Internet fijos y móviles podría existir perdidas de paquetes y navegación lenta en los usuarios.

Como se observa en la figura 14, el consumo actual de la salida de Internet y conexión con los proveedores de Internet, está llegando a su capacidad máxima como se muestra figura 14.

Figura 14: Histórico de consumo de Internet en los últimos 6 meses del Segmento de red zona 1. Referencia: visualización del sistema CACTI de monitoreo de enlaces WAN.



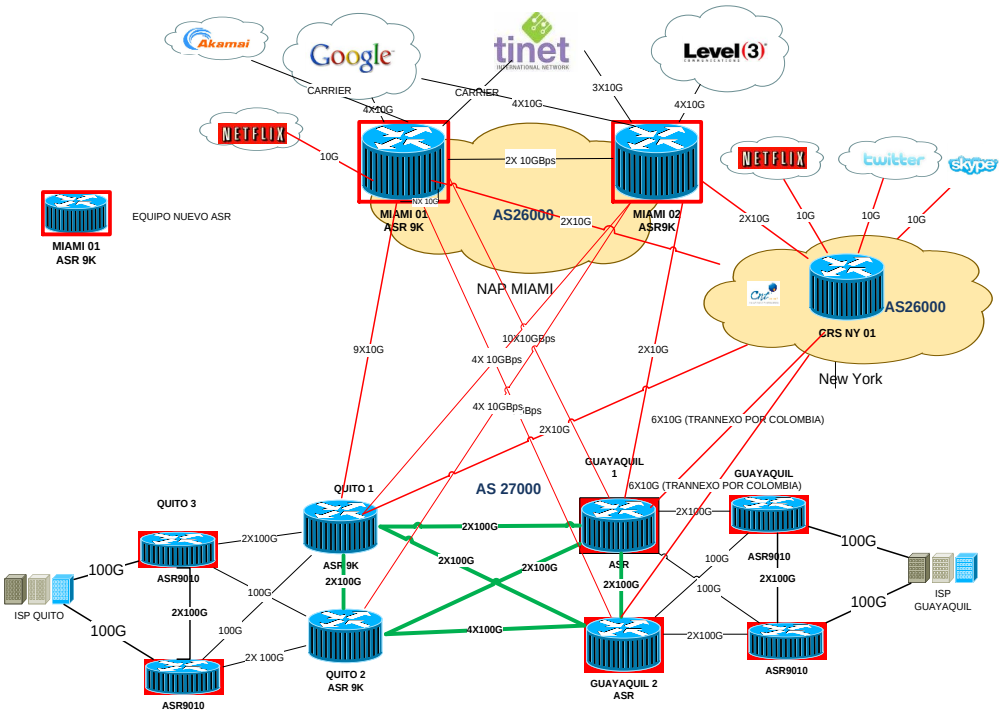
En este diseño de acuerdo a la topología en malla de acuerdo capítulo 2, se debe reemplazar los equipos routers Cisco CRS-4 (MIAMI 1 y MIAMI 2) existente, por dos router de mayor capacidad un router ASR9010 para la función de router de borde en clúster de alta capacidad de Internet en el NAP de las Américas, debido a que el router Cisco CRS-1 se encuentra utilizado sus slots al 90% de capacidad y no puede crecer en tarjetas procesadoras y todos los slots están ocupadas con tarjetas de línea de 4x10G; y 8X10G, ubicado en la ciudad de Miami y limitados en sus tarjetas procesadoras de CRS en 140 Gbps.

En este diseño zona 1, en el NAP de Miami se deben migrar 23 interfaces de 10G al nuevo equipo router ASR 9010 que tiene una capacidad de procesar 880 Gbps en sus tarjetas procesadoras es decir en su backblane (chasis) puede soportar tráfico de hasta 1.6TB activo –activo, en dos tarjetas procesadoras se recomienda un activo- stanby; el tráfico existente a ser migrado a junio 2017 es de 23 interfaces de 10Gbps (CRS MIAMI 1) es decir un consumo actual del Router ASR 9010 sería de 230 Gbps (26% utilización ASR9010/ 01) y puede crecer hasta los 880 Gbps (ver anexo 1 datasheet de ASR9010), cumpliendo con el dimensionamiento del capítulo 2 y tabla 12 de este capítulo para soportar el incremento de tráfico hasta el año 2021.

Por lo tanto para migrar las interfaces el tráfico (CRS MIAMI 2) es decir 29 interfaces de 10Gbps, por lo tanto el consumo actual del Router ASR9010 sería de 290 Gbps (32% utilización ASR 9010) y puede crecer hasta los 880 Gbps (ver anexo 1 datasheet de ASR 9010), cumpliendo con el dimensionamiento del capítulo 2 y tabla 12 de este capítulo para soportar el incremento de tráfico hasta el año 2021.

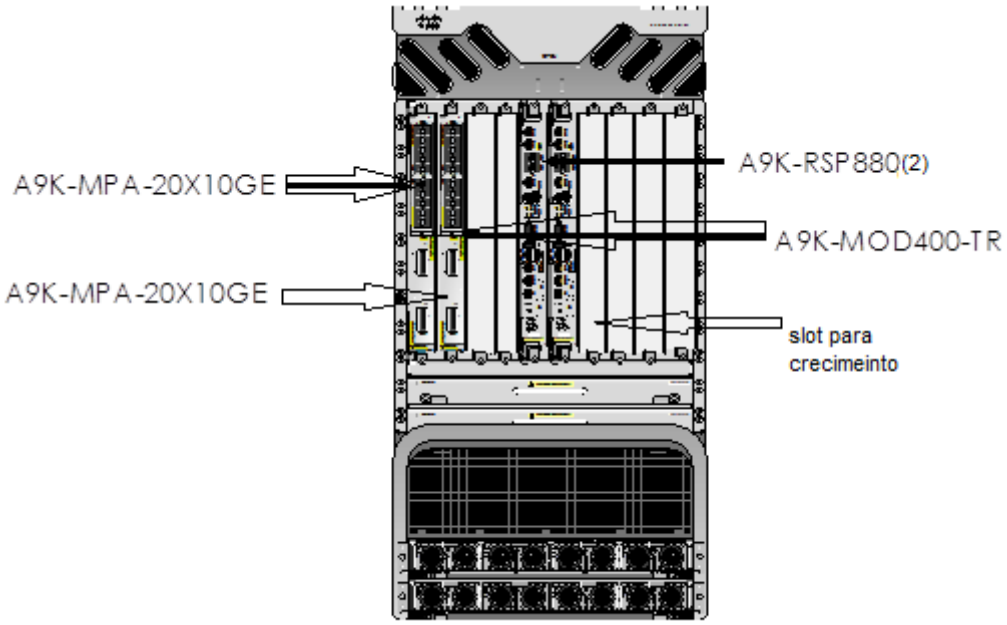
En este diseño la zona 1 en el nodo de New York el tráfico del router (CRS NY 1) no se recomienda reemplazar el router ni migrar su tráfico, es decir existe 13 interfaces de 10Gbps de consumo actual en el Router CRS de 130 Gbps (con un 27% de utilización del router CRS-3) y puede crecer hasta CRS los 440 Gbps backplane, por lo tanto las tarjetas procesadora de CRS Miami 1 y 2 pueden ser reubicado a CRS New York para crecimiento y soportar el tráfico hasta el año 2021.

Figura 15: Diseño propuesto con topología full mesh para red MPLS del Backbone de Internet de las salidas internacionales. Elaborado por: El autor.



El diseño en la distribución de tarjetas y hardware en el chasis de los nuevos equipos en NAP MIAMI en los router ASR9010/ 01 y ASR 9010/ 02, se realiza de la siguiente manera para soportar el tráfico existe y slot libres para crecimiento hasta el año 2021, se muestra en la Figura 16, con una protección de tarjetas procesadoras cisco A9K-RSP-880 de 2 a 1 (activo-standby slot RSP 1 y RSP 2) y tarjetas de línea de una protección de 3 a 1 en tarjetas A9K-MPA-20X10GE (slot del 0 a 3) y (slot del 4 al 7).

Figura 16: Distribución de tarjetas ASR9010 Miami ASR 9K 01 Y 02



El diseño de slots del ASR 9010 en NAP MIAMI 1 y 2, y distribución de tarjetas y hardware en el chasis de los nuevos equipos en NAP MIAMI se muestra en la tabla 13.

Tabla 13: Distribución detallada de tarjetas en ASR9010 (MIAMI 01 Y 02)

SLOT	MODULOS	ADAPTADORES DE PUERTOS
FT1	ASR-9010-FAN-V2	VENTILADORES
FT0	ASR-9010-FAN-V2	VENTILADORES
7	DISPONIBLE	DISPONIBLE
6	DISPONIBLE	DISPONIBLE
5	DISPONIBLE	DISPONIBLE
4	DISPONIBLE	DISPONIBLE
3	DISPONIBLE	DISPONIBLE
2	DISPONIBLE	DISPONIBLE
1	A9K-MOD400-TR	400G Módulo de tarjeta de línea
	A9K-MPA-20X10GE	Tarjeta de línea de 20-port 10-Gigabit Ethernet
0	A9K-MOD400-TR	400G Módulo de tarjeta de línea
	A9K-MPA-20X10GE	Tarjeta de línea de 20-port 10-Gigabit Ethernet
RSP1	A9K-RSP880-TR	Tarjeta Procesadora de capacidad 880 Gbps
RSP0	A9K-RSP880-TR	Tarjeta Procesadora de capacidad 880 Gbps

3.3.1 Direccionamiento IP de la zona 1

Para este diseño se realiza el subnneting con direccionamiento IP clase A para las redes WAN entre Estados Unidos al IP 10.9.1.0 /24 con un mínimo de 76 enlaces WAN para el sistema autónomo AS 26000 y los sistemas autónomos de propiedad de los carrier internacionales (ejm. Google, Facebook, Amazon, Teria, Level 3, Netflix, etc) , de acuerdo a los organismos internacionales como la lacnic encargado de controlar la distribución de este segmento de direccionamiento IP clase A para el Internet a nivel de Latinoamérica incluido Ecuador, este diseño contempla un crecimiento mínimo del 50% en enlaces WAN hasta el año 2021 de acuerdo a la figura 20.

Este diseño incluye los enlaces en los nuevos equipos ASR 9K Miami 1 y Miami 2 y New York 1 para la Zona 1, la topología de la figura 20, para este diseño con una configuración en los routers de alta gama, con el protocolo iBGP para los routers del mismo sistema autónomo 26000 y protocolo eBGP para enlaces WAN entre sistemas autónomo el AS26000 con el sistema autónomo de los carrier internacionales, a continuación se realiza un subnetting para las redes WAN utilizando dirección clase A red 10.9.1.0/24 de los enlaces internacionales.

A continuación se realiza el subnneting del direccionamiento IP para la red WAN de la Zona 1, para la red full mesh de la figura 15 y se asignan direccionamientos IPs público WAN:

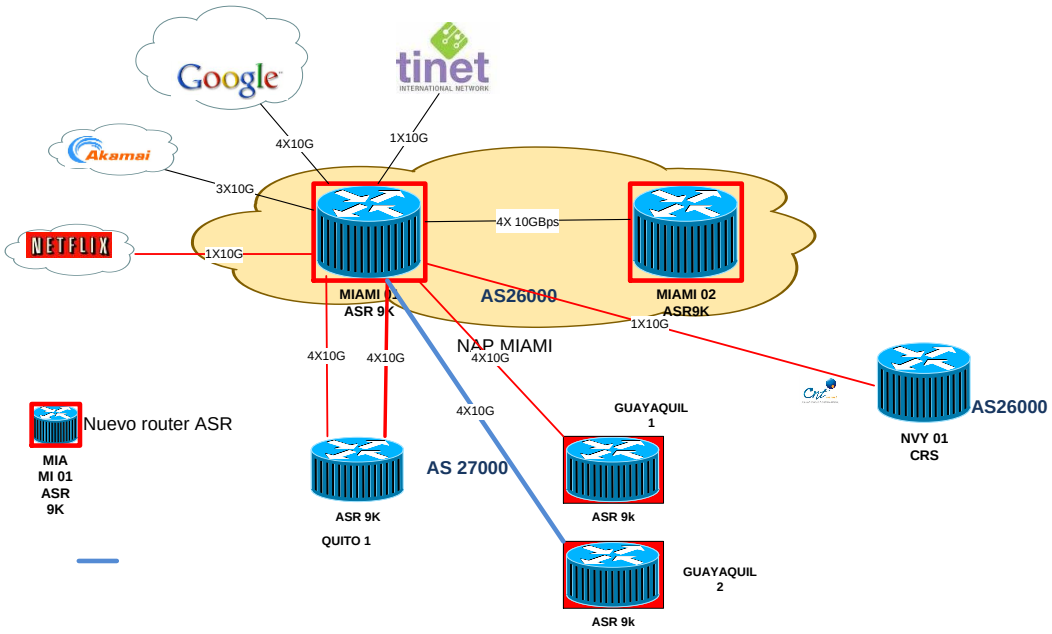
3.3.2 Diseño de las Interfaces WAN del Router ASR 9010 de Miami 1.

Para este diseño se realiza el subneting para 30 enlaces WAN de 10G de acuerdo a la topología en malla de acuerdo a la figura 17:

- 8X10G enlaces Quito 1- Miami 1
- 4x10G enlaces Miami 1- Miami 2
- 1x10G enlaces Miami 1-New York 1

- 9x10G enlaces con Miami 1- proveedores carrier netflix, google, youtube, amazon, level 3, etc
- 4x10G enlaces Miami 1- Guayaquil 1
- 4x10G enlaces Miami 1- Guayaquil 2

Figura 17: Diseño propuesto Miami 1 Router A9K topología full mesh Backbone de Internet salidas internacionales.



Se diseña el direccionamiento WAN IP para crecer un 50% del tráfico adicional y considerando un delay (retardo enlaces por el cable submarino del carrier internacional que va desde 40 ms a 140 ms), por lo que para este diseño se requiere al menos 16 IPs públicas para crecimiento próximos años como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14: Direccionamiento IP WAN para Miami 1 Router ASR9010

Equipo Local	AS Origen	WAN /MASK IPv4	Equipo Remoto	As Destino	Interfaces Porth – Channel	WAN /MASK IPv4	#enlaces WAN
MIAMI 1	26000	10.9.1.1/30	QUITO 1	27000	0/0/0/1 0/0/0/2 0/0/0/3 0/0/0/4	10.9.1.2 /30	4x10Gbps
MIAMI 1	26000	10.9.1.5/30	QUITO 1	27000	0/0/0/5 0/0/0/6 0/0/0/7 0/0/0/8	10.9.1.6/30	4x10Gbps
MIAMI 1	26000	10.9.1.9/30	MIAMI 2	26000	0/0/0/1 0/0/0/2 0/0/0/3 0/0/0/4	10.9.1.10/30	4x10Gbps
MIAMI 1	26000	10.9.1.13/30	TINET	S/N	0/0/0/1	10.9.1.14/30	1x10Gbps
MIAMI 1	26000	10.9.1.17/30	GOOGLE	S/N	0/0/0/1 0/0/0/2 0/0/0/3 0/0/0/4	10.9.1.18/30	4x10Gbps
MIAMI 1	26000	10.9.1.21/30	AKAMAI	S/N	0/0/0/1 0/0/0/2 0/0/0/3	10.9.1.22/30	3x10Gbps
MIAMI 1	26000	10.9.1.25/30	NETFLIX	S/N	0/0/0/1	10.9.1.26/30	1x10Gbps
MIAMI 1	26000	10.9.1.29/30	GUAYAQUIL 1	27000	0/0/0/1	10.9.1.30/30	1x10Gbps
MIAMI 1	26000	10.9.1.33/30	NEW YORK 1	26000	0/0/0/1	10.9.1.34/30	1x10Gbps
MIAMI 1	26000	10.9.1.37/30	GUAYAQUIL 2	26000	0/0/0/1 0/0/0/2 0/0/0/3 0/0/0/4	10.9.1.38/30	1x10Gbps
MIAMI 1	26000	10.9.1.32/28	Crecimiento (14 IPs)				

3.3.3 Túneles de Ingeniería de tráfico

A continuación, se describe la estructura de balanceo de tráfico a utilizar para mejorar el desempeño y distribución del tráfico en las conexiones internacionales y carriers, las cuales van desde los (Carrier) hacia los equipos Core Backbone de Internet Zona 1.

Para el diseño de las rutas de Miami 1 se recomienda crear túneles en las interfaces de los equipos pertenecientes al Border del Backbone de la Zona 1 de Internet del sistema autónomo AS 26000 de la siguiente manera:

De acuerdo al direccionamiento WAN de la tabla 14, se realiza la distribución de túneles para el tráfico de los enlaces internacionales de acuerdo a la nomenclatura señalada como se muestra en la tabla 15:

Nomenclatura: AXBBN

Dónde:

AX = A=1= Internacional X = 2= Andina y 3= Pacifico

BB= AS = 26000 EEUU AS = 27000 ECUADOR

N= 0,1,2,3…….n

Tabla 15: Listado de Túneles TE[11] Balanceo de tráfico MIAMI 01

ORIGEN	ID (AS.n=0,1,2…n)	DESTINO	TUNELES-ID
MIAMI 1	26.0	QUITO 1	122601
		QUITO 1	122602
		QUITO 1	122603
		QUITO 1	122604
MIAMI 1	26.1	QUITO 1	122605
		QUITO 1	122606
		QUITO 1	122607
		QUITO 1	122608
MIAMI 1	26.2	CARRIER 1	112609
		CARRIER 2	1126010

[11] Traffic Engineering o TE es una herramienta basada en MPLS que permite manipular electivamente los flujos de tráfico dentro de la red. Actualmente existen dos aplicaciones muy comunes de ingeniería de tráfico. Una es la optimización de los recursos y tratamiento de la red para diferentes tipos de tráfico (optimización de recursos de transmisión, solución de contingencias por saturación, delay, etc),

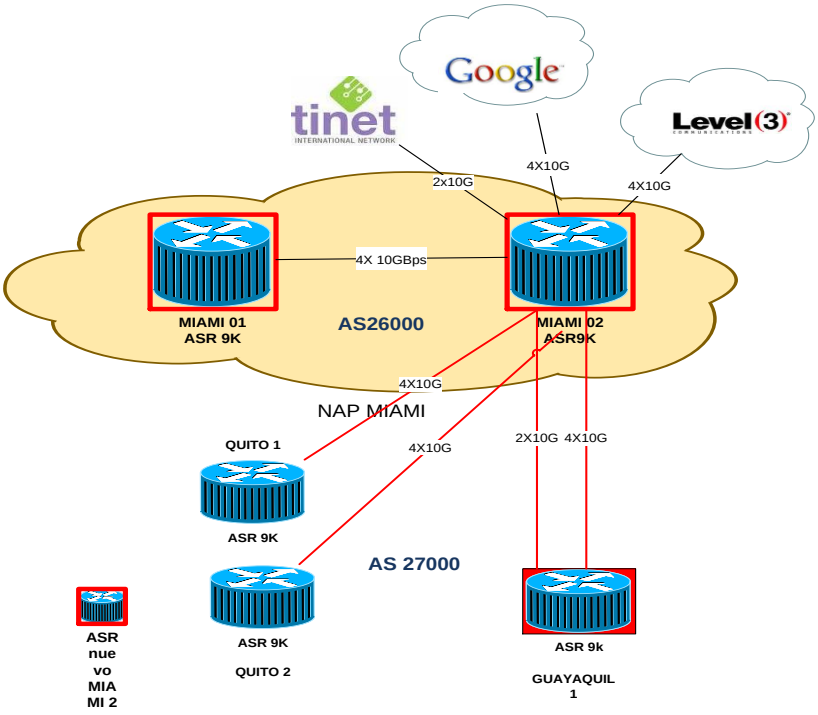
ORIGEN	ID (AS.n=0,1,2…n)	DESTINO	TUNELES-ID
		CARRIER 3	1126011
		CARRIER 4	1126012
MIAMI 1	26.3	GUAYAQUIL 1	1326013
		GUAYAQUIL 2	1326014
		Crecimiento	13xxxx015
		Crecimiento	12xxxx016
MIAMI 1	26.x	Crecimiento	13xxxx017
MIAMI 1	26.x	Crecimiento	12xxxx018
MIAMI 1	26.x	Crecimiento	126xxx019
MIAMI 1	26.x	Crecimiento	126xxx020

3.3.4 Diseño de las Interfaces WAN del Router ASR 9010 de Miami 2 .

Para este diseño se realiza el subnneting para las interfaces del router ASR 9010, es decir para 28 enlaces WAN de 10G distribuidos de acuerdo a la figura 18:

- 4x10G enlaces Miami 2- Quito 1
- 4x10G enlaces Miami 2- Quito 2
- 6x10G enlaces Miami 2- Guayaquil 1
- 10x10G enlaces con Miami 1- proveedores carrier netflix, google, youtube, amazon, level 3, etc
- 4x10G enlaces Miami 2- Miami 1

Figura 18: Diseño propuesto Miami 2 Router A9K topología full mesh Backbone de Internet salidas internacionales.



Se diseña el direccionamiento WAN IP para crecer un 50% del tráfico adicional y considerando un delay (retardo enlaces por el cable submarino del carrier internacional que va desde 40 ms a 140 ms), por lo que para este diseño se requiere al menos 14 IPs públicas para crecimiento próximos años como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16: Direccionamiento IP WAN para Miami 2 Router A9K

Equipo Local	AS Origen	WAN /MASK IPv4	Equipo Remoto	As Destino	Interfaces Porth – Channel	WAN /MASK IPv4	#enlaces WAN
MIAMI 2	26000	10.9.1.49/30	QUITO 1	27000	0/0/0/1 0/0/0/2 0/0/0/3 0/0/0/4	10.9.1.50/30	4x10 Gbps
MIAMI 2	26000	10.9.1.53/30	QUITO 2	27000	0/0/0/5 0/0/0/6 0/0/0/7 0/0/0/8	10.9.1.54/30	4x10 Gbps
MIAMI 2	26000	10.9.1.57/30	Guayaquil 1	S/N	0/0/0/1 0/0/0/2 0/0/0/3 0/0/0/4	10.9.1.58/30	4x10 Gbps
MIAMI 2	26000	10.9.1.61/30	Guayaquil 1	S/N	0/0/0/1	10.9.1.62/30	2x10

Equipo Local	AS Origen	WAN /MASK IPv4	Equipo Remoto	As Destino	Interfaces Porth – Channel	WAN /MASK IPv4	#enlaces WAN
					0/0/0/2		Gbps
MIAMI 2	26000	10.9.1.65/30	CARRIER 1	S/N	0/0/0/1 0/0/0/2 0/0/0/3 0/0/0/4	10.9.1.66/30	4x10 Gbps
MIAMI 2	26000	10.9.1.69/30	CARRIER 1	S/N	0/0/0/1 0/0/0/2 0/0/0/3 0/0/0/4	10.9.1.70/30	4x10 Gbps
MIAMI 2	26000	10.9.1.73/30	CARRIER 1	S/N	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.1.74/30	2x10 Gbps
MIAMI 2	26000	10.9.1.77/30	MIAMI 1	S/N	0/0/0/1 0/0/0/2 0/0/0/3 0/0/0/4	10.9.1.78/30	4x10 Gbps
MIAMI 2	26000	10.9.1.80/28	Crecimiento (14 IPs)				

Para el diseño de las rutas de Miami 2, se recomienda crear túneles en las interfaces de los equipos pertenecientes al border del Backbone de la Zona 1 de Internet del sistema autónomo AS 26000 de la siguiente manera:

De acuerdo al direccionamiento WAN de la tabla 16, se realiza la distribución de túneles para el tráfico de los enlaces internacionales de acuerdo a la nomenclatura señalada como se muestra en la tabla 17:

Tabla 17: Listado de Túneles Balanceo de tráfico MIAMI 02

ORIGEN	ID (AS.n=0,1,2…n)	DESTINO	TUNELES-ID
MIAMI 2	26.0	QUITO 1	1226021
		QUITO 1	1226022
		QUITO 1	1226023
		QUITO 1	1226024
MIAMI 2	26.1	QUITO 1	1226025

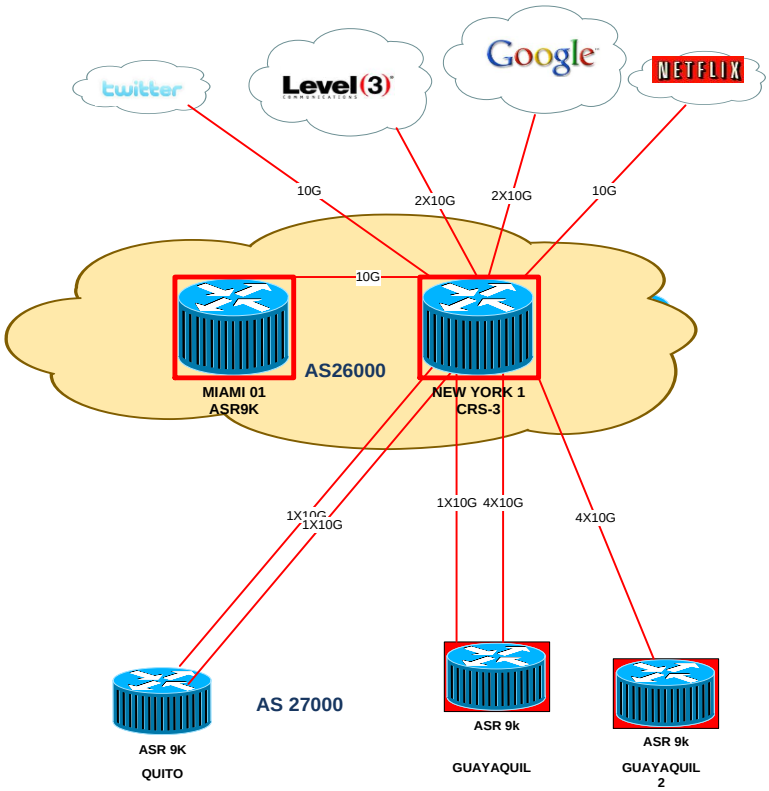
ORIGEN	ID (AS.n=0,1,2…n)	DESTINO	TUNELES-ID
		QUITO 1	1226026
		QUITO 1	1226027
		QUITO 1	1226028
MIAMI 2	26.2	CARRIER 1	1126029
		CARRIER 2	1126030
		CARRIER 3	1126031
		CARRIER 4	1126032
MIAMI 2	26.3	GUAYAQUIL 1	1326033
		Crecimiento	11xxxx34
		Crecimiento	12xxxx35
MIAMI 2	26.x	Crecimiento	13xxxx36
MIAMI 2	26.x	Crecimiento	11xxxx37
MIAMI 2	26.x	Crecimiento	126xxx38
MIAMI 2	26.n	Crecimiento	126xxx39

3.3.5 Diseño de las interfaces WAN del Router CRS -3 DE New York 1

Para este diseño se realiza el subnneting para las interfaces del router CRS 3 del nodo New York 1, se diseñan 18 enlaces WAN de 10G distribuidos de acuerdo a la figura 19:

- 5x10G enlaces New York 1- Guayaquil 1
- 4x10G enlaces New York 1- Guayaquil 2
- 2x10G enlaces New York 1- Quito 1
- 6x10G enlaces con New York - proveedores carrier netflix, google, youtube, amazon, level 3, etc
- 1x10G enlaces New York 1- Miami 1

Figura 19: Diseño propuesto New York 1 del Router CRS con topología full mesh Backbone de Internet salidas internacionales.



Se diseña el direccionamiento IP WAN para un crecimiento del 50% del tráfico adicional y considerando un delay (retardo enlaces por el cable submarino del carrier internacional que va desde 40 ms a 140 ms), por lo que para este diseño se requiere al menos 8 IPs públicas para crecimiento próximos años como se muestra en la tabla 18.

Tabla 18: Direccionamiento IP WAN para New York 1 Router CRS-3

Equipo Local	AS Origen	WAN /MASK IPv4	Equipo Remoto	As Destino	Interfaces Porth – Channel	WAN /MASK IPv4	#enlaces WAN
NEW YORK 1	26000	10.9.1.97/30	GUAYAQUIL 1	27000	0/0/0/1 0/0/0/2 0/0/0/3 0/0/0/4	10.9.1.98/30	4x10 Gbps

Equipo Local	AS Origen	WAN /MASK IPv4	Equipo Remoto	As Destino	Interfaces Porth – Channel	WAN /MASK IPv4	#enlaces WAN
NEW YORK 1	26000	10.9.1.101/30	GUAYAQUIL 1	27000	0/0/0/6	10.9.1.102/30	1x10 Gbps
NEW YORK 1	26000	10.9.1.105/30	Quito 1	27000	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.1.106/30	2x10 Gbps
NEW YORK 1	26000	10.9.1.109/30	CARRIER 1	SN	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.1.110/30	2x10 Gbps
NEW YORK 1	26000	10.9.1.113/30	CARRIER 2	SN	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.1.114/30	2x10 Gbps
NEW YORK 1	26000	10.9.1.117/30	CARRIER 3	SN	0/0/0/1	10.9.1.118/30	1x10 Gbps
NEW YORK 1	26000	10.9.1.121/30	CARRIER 4	SN	0/0/0/1	10.9.1.122/30	1x10 Gbps
NEW YORK 1	26000	10.9.1.124/30	GUAYAQUIL 2	27000	0/0/0/1 0/0/0/2 0/0/0/3 0/0/0/4	10.9.1.125/30	4x10 Gbps
NEW YORK 1	26000	10.9.1.126/29	Crecimiento (8 IPs)				

De acuerdo al direccionamiento WAN de la tabla 15, se realiza la distribución de túneles para el tráfico de los enlaces internacionales y carriers desde Router New York 1 de acuerdo a la nomenclatura señalada, como se muestra en la tabla 19:

Tabla 19: Listado de Túneles Balanceo de tráfico New York 1

ORIGEN	ID (AS.n=0,1,2…n)	DESTINO	TUNELES-ID
New York 1	26.0	QUITO 1	1226040
		QUITO 1	1226041
New York 1	26.1	Guayaquil 1	1326042
		Guayaquil 1	1326043
		Guayaquil 1	1326044
		Guayaquil 1	1326045

ORIGEN	ID (AS.n=0,1,2…n)	DESTINO	TUNELES-ID
New York 1	26.2	CARRIER 1	1126046
		CARRIER 2	1126047
		CARRIER 3	1126048
		CARRIER 4	1126049
New York 1	26.3	Guayaquil 2	1326050
New York 1	26.x	Crecimiento	11xxxx51
New York 1	26.x	Crecimiento	126xxx52
New York 1	26.n	Crecimiento	126xxx53

De acuerdo al direccionamiento IP WAN de la clase A se requieren al menos de 125 IPs de la red 10.9.1.0/24 que van desde la 10.9.1.1 –10.9.1.125 para el tráfico internacional actual y para un crecimiento del 50 % de la capacidad proyectada hasta el 2021, y se realiza la distribución de túneles para el tráfico de los enlaces internacionales de al menos 53 túneles distribuidos en topología malla entre EEUU y Ecuador considerando un 50% de crecimiento de nuevas rutas para el año 2021.

Por lo tanto se recomienda una distribución sufijos y comunidades para la configuración en rutas internacionales tanto con protocolo IBGP y eBGP de acuerdo a la tabla 20.

Tabla 20: Listado de Comunidades entre Sistemas autónomos de Ecuador y Estados Unidos

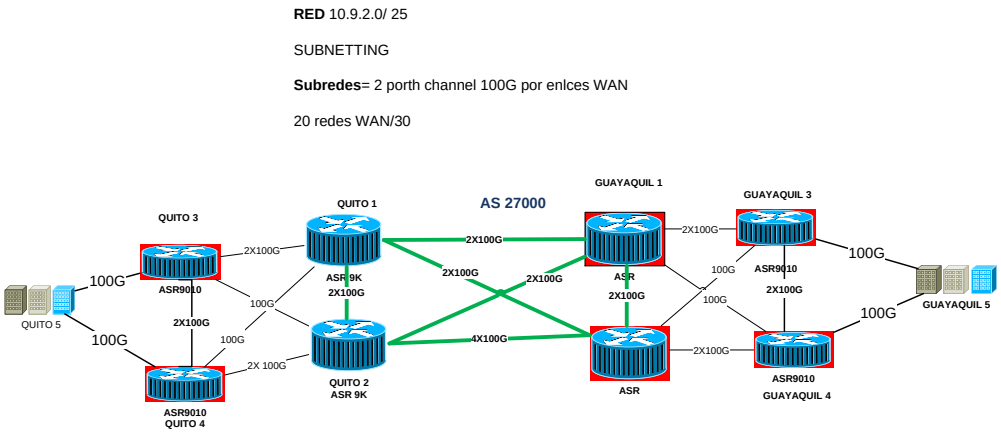
COMUNIDAD (ENTRE SA)	REGION ORIGEN	SALIDA INTERNACIONAL
26000: AS CARRIER 1,2,3,4	PACIFICO	MIAMI 1
26000: AS CARRIER 1,2,3,4	ANDINA	MIAMI 2
27000: AS CARRIER 1,2,3,4	PACIFICO	NEW YORK 1
27000: AS CARRIER 1,2,3,4	ANDINA	NEW YORK 1

Con esta distribución se realiza el balanceo del tráfico de internet entre la región andina y pacifico en caso de inconvenientes en la red y posibles saturaciones de los enlaces internacionales, las comunidades deben ser anunciados de manera preferente por el tráfico que represente cada región.

3.3.6 Direccionamiento IP Clase A para la zona 2

Se considera para este diseño un direccionamiento IP clase A para los enlaces WAN dentro del país Ecuador con la dirección IPv4 clase A 10.9.2.0 /25 para el mismo sistema autónomo AS 27000, se requiere al menos de 20 enlaces WAN y con un crecimiento del 50% en enlaces WAN hasta el año 2021 de acuerdo a la figura 20.

Figura 20: Diseño propuesto para zona 2 en Quito y Guayaquil con topología full mesh del Backbone de Internet.



A continuación se realiza el subnneting del direccionamiento IP para la red WAN en Quito y Guayaquil de la Zona 2, para la red con topología full mesh (malla) de la figura 20 y se asignan direccionamientos IPs para los enlaces WAN en la tabla 21:

Tabla 21: Direccionamiento IP WAN para zona 2

#	RED /MASK	WAN IPv4 Origen	Equipo Local	Equipo Remoto	Interfaces Porth – Channel	WAN IPv4 Destino	#enlaces WAN
1	10.9.2.0/30	10.9.2.1	QUITO 5	QUITO 3	0/0/0/1	10.9.2.2	1x100G bps
2	10.9.2.4/30	10.9.2.5	QUITO 5	QUITO 4	0/0/0/2	10.9.2.6	1x100G bps

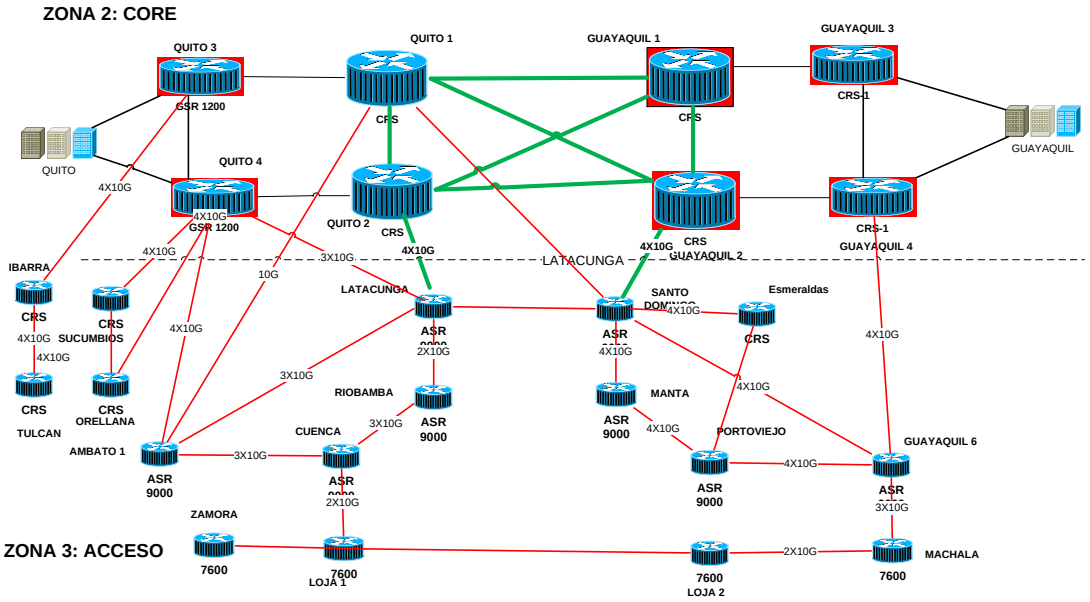
3	10.9.2.8/30	10.9.2.9	QUITO 3	QUITO 1	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.10	2x100Gbps
4	10.9.2.12/30	10.9.2.13	QUITO 3	QUITO 4	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.14	2x100Gbps
5	10.9.2.16/30	10.9.2.17	QUITO 3	QUITO 2	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.18	1x100Gbps
6	10.9.2.20/30	10.9.2.21	QUITO 4	QUITO 1	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.22	1x100Gbps
7	10.9.2.24/30	10.9.2.25	QUITO 4	QUITO 2	0/0/0/1	10.9.2.26	1x100Gbps
8	10.9.2.28/30	10.9.2.29	QUITO 1	QUITO 2	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.30	2x100Gbps
9	10.9.2.32/30	10.9.2.33	QUITO 1	GUAYAQUIL 1	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.34	2x100Gbps
10	10.9.2.36/30	10.9.2.37	QUITO 1	GUAYAQUIL 2	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.38	2x100Gbps
11	10.9.2.40/30	10.9.2.41	QUITO 2	GUAYAQUIL 1	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.42	2x100Gbps
12	10.9.2.44/30	10.9.2.45	QUITO 2	GUAYAQUIL 2	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.46	2x100Gbps
13	10.9.2.48/30	10.9.2.49	GUAYAQUIL 1	GUAYAQUIL 2	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.50	2x100Gbps
14	10.9.2.52/30	10.9.2.53	GUAYAQUIL 1	GUAYAQUIL 3	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.54	2x100Gbps
15	10.9.2.56/30	10.9.2.57	GUAYAQUIL 1	GUAYAQUIL 4	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.58	2x100Gbps
16	10.9.2.60/30	10.9.2.61	GUAYAQUIL 2	GUAYAQUIL 3	0/0/0/1	10.9.2.62	100Gbps
17	10.9.2.64/30	10.9.2.65	GUAYAQUIL 2	GUAYAQUIL 4	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.66	2x100Gbps
18	10.9.2.68/30	10.9.2.69	GUAYAQUIL 3	GUAYAQUIL 4	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.70	2x100Gbps
19	10.9.2.72/30	10.9.2.73	GUAYAQUIL 3	GUAYAQUIL 5	0/0/0/1	10.9.2.74	1x100Gbps
20	10.9.2.76/30	10.9.2.77	GUAYAQUIL 4	GUAYAQUIL 5	0/0/0/1	10.9.2.78	1x100Gbps

Para la zona 2 de acuerdo a la tabla 21, se requieren al menos 78 IPs de la red 10.9.2.0/25 que van desde la 10.9.2.1 –10.9.1.78 para el tráfico de Internet de la zona 2 , considerando un crecimiento del 50 % de la capacidad proyectada hasta el 2021, en topología malla a nivel de enlaces WAN en las ciudades de Quito y Guayaquil .

3.3.7 Direccionamiento IP de la zona 3

Para este diseño se recomienda el subnneting para las interfaces de los router ASR 9010, CRS 3 y 7609 con direccionamiento IP clase A público para los enlaces WAN dentro de país Ecuador la dirección clase A 10.9.2.80 /25 para el mismo sistema autónomo AS 28000, se requiere el subnetting para al menos de 28 enlaces WAN y con un crecimiento del 50% en enlaces WAN hasta el año 2021 de acuerdo a la figura 21.

Figura 21: Diseño propuesto para zona 3 en provincias topología anillo y estrella del Backbone de Internet.



A continuación se realiza el subnneting del direccionamiento IP para la red WAN a nivel de provincias del Ecuador de la Zona 3, para la red en anillo de la figura 21 y se asignan direccionamientos IPs público WAN en la tabla 22:

Tabla 22: Direccionamiento IP WAN para zona 3

#	RED /MASK	WAN IPv4 Origen	Equipo Local	Equipo Remoto	Interfaces Porth – Channel	WAN IPv4 Destino	#enlaces WAN
1	10.9.2.80/30	10.9.2.81	AMBATO 1	QUITO 4	0/0/0/1	10.9.2.82	4x10G bps
2	10.9.2.84/30	10.9.2.85	AMBATO 1	QUITO 1	0/0/0/2	10.9.2.86	3X10G bps
3	10.9.2.90/30	10.9.2.91	AMBATO 1	LATACUNGA	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.92	2x10G bps

4	10.9.2.94/30	10.9.2.95	AMBATO 1	CUENCA	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.96	3x10G bps
5	10.9.2.98/30	10.9.2.99	LATACUNGA	QUITO2	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.100	4x10G bps
6	10.9.2.102/30	10.9.2.103	LATACUNGA	AMBATO 1	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.104	4x10G bps
7	10.9.2.106/30	10.9.2.107	LATACUNGA	RIOBAMBA	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.108	3x10G bps
8	10.9.2.110/30	10.9.2.111	LATACUNGA	STO DOMINGO	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.112	2x10G bps
9	10.9.2.114/30	10.9.2.115	RIOBAMBA	CUENCA	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.116	3x10G bps
10	10.9.2.118/30	10.9.2.119	CUENCA	LOJA 1	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.120	3x10G bps
11	10.9.2.122/30	10.9.2.123	LOJA 2	LOJA 1	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.124	2x10G bps
12	10.9.2.126/30	10.9.2.127	LOJA 2	MACHALA	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.128	2x10G bps
13	10.9.2.130/30	10.9.2.131	MACHALA	GUAYAQUIL 6	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.132	2x10G bps
14	10.9.2.134/30	10.9.2.135	GUAYAQUIL 6	PORTOVIEJO	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.136	2x10G bps
15	10.9.2.138/30	10.9.2.139	GUAYAQUIL 6	SANTO DOMIGO	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.140	2x10G bps
16	10.9.2.142/30	10.9.2.143	GUAYAQUIL 6	GUAYAQUIL 4	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.144	2x10G bps
17	10.9.2.146/30	10.9.2.147	PORTOVIEJO	MANTA	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.148	2x10G bps
18	10.9.2.150/30	10.9.2.151	PORTOVIEJO	ESMERALDAS	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.152	2x10G bps
19	10.9.2.154/30	10.9.2.155	MANTA	SANTO DOMIGO	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.156	2x10G bps
20	10.9.2.158/30	10.9.2.159	SANTO DOMIGO	QUITO 1	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.160	2x10G bps
21	10.9.2.162/30	10.9.2.163	SANTO DOMIGO	GUAYAQUIL 2	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.164	2x10G bps
22	10.9.2.166/30	10.9.2.167	SANTO DOMIGO	ESMERALDAS	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.168	2x10G bps
23	10.9.2.170/30	10.9.2.171	IBARRA	TULCAN	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.172	2x10G bps
24	10.9.2.174/30	10.9.2.175	IBARRA	QUITO 3	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.176	2x10G bps
25	10.9.2.178/30	10.9.2.179	SUCUMBIOS	ORELLANA	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.180	2x10G bps
26	10.9.2.182/30	10.9.2.183	SUCUMBIOS	QUITO 4	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.184	2x10G bps
27	10.9.2.186/30	10.9.2.187	ORELLANA	QUITO 4	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.188	2x10G bps
28	10.9.2.190/30	10.9.2.191	ZAMORA	LOJA	0/0/0/1 0/0/0/2	10.9.2.192	2x10G bps
	10.9.3.0/24	Crecimiento IPs 253					

Para la zona 3 de acuerdo a la tabla 22, se requieren al menos 28 enlaces WAN de la red 10.9.2.80/25 que van desde la 10.9.2.81 –10.9.1.192 para el tráfico de Internet de la zona 3, considerando un crecimiento del 50 % de la capacidad

proyectada hasta el 2021, en topología anillo y estrella a nivel de enlaces WAN en las ciudades principales de Ecuador.

Para el crecimiento en la zona 3 acceso, se recomienda el direccionamiento clase A puede utilizar la IP 10.9.3.0/24 para futuras ampliaciones con mascara / 24 para crecer en 254 IPs.

Las funcionalidades Load Balancing TE la cual permitirá poder enviar flujos de manera proporcional a la capacidad de cada túnel. Este mecanismo será el cual utilizara el 90% del tráfico de downstream de clientes de Internet fijo y móvil perteneciente a direccionamiento IPv4. Para el de tráfico de IPV6 se recomienda ser transportado mediante un segundo tipo de túneles de TE lo cual tendrá un único PATH. El tráfico fluirá únicamente por el camino especificado por el túnel como path principal y en caso de falla se utilizará el camino de backup, dicho mecanismo será utilizado a su vez para transportar prefijos IPv4, este camino garantiza la latencia a nivel de servicio. En los anexos 3, 4 y 5 se mencionan una guia de comandos para la configuración protocolo BGP a través red backbone MPLS y rutas con direccionamiento IPV4 diseñado capítulo 3 en base a recomendaciones del fabricante Cisco.

CAPITULO 4

4 Presupuesto referencial y Análisis Financiero

Las estimaciones de costos para el presupuesto y posterior análisis financiero, de este estudio de factibilidad de diseño de una red MPLS de backbone de Internet de acuerdo al capítulo 3, se realizan bajo las siguientes consideraciones:

- Costos de Bienes (Router, Software, licenciamiento, tarjetas, Memorias , procesadoras)
- Costo Servicios (Instalación, materiales)
- Costos de Operación y Mantenimiento
- Depreciación de la Inversión

4.1 Costos de Bienes

Estos costos se refieren a los costos del equipamiento diseñado y dimensionamiento en los capítulos 2 y 3. Estos costos de bienes son precios de lista del fabricante CISCO de acuerdo se detalla tabla 23, con la tecnología garantizada por el fabricante CISCO para la disponibilidad de los servicios de Internet, los cuales son considerados desde el primer año del hasta el año 2021.

4.1.1 Costos de los Bienes de la ZONA 1.

Las estimaciones de costos de este estudio de factibilidad de diseño de una red MPLS de backbone de Internet de la Zona 1, para Miami son 2 Router CISCO familia ASR 9010 VC-D2 y New York un CRS-4 slot de acuerdo tabla 23 y 24:

Tabla 23: Costos de equipamiento cisco Miami 1 y Miami 2 ASR 9010 V2:

Router ASR-9010-	Numero parte	Descripción	Cantidad	Precio unitario (USD)	TOTAL (USD)
1	ASR-9010-DC-V2	Incluye: 1 x ASR-9010-DC-V2; ASR 9010 DC Chassis with PEM Version 2. 1 x ASR-9010-4P-KIT; ASR-9010 4 Post Mounting Kit 1 x PWR-2KW-DC-V2; 2KW DC Power Module Version 2 8 x A9K-LC-FILR; A9K Line Card Slot Filler 1 x A9K-PEM-V2-FILR; ASR9K Power Entry	2	8.904,30	17.808,60

		Module Version 2 Filler			
2	ASR-9010-4P-KIT	ASR-9010 4 Post Mounting Kit	2	239,04	478,08
3	ASR-9010-FAN-V2	ASR-9010 Fan Tray Version 2	2	2.300,78	4601,56
4	PWR-2KW-DC-V2	2KW DC Power Module Version 2	2	1.673,29	3346,58
5	A9K-RSP440-SE	ASR9K Route Switch Processor with 440G/slot Fabric and 12GB	2	38.844,28	77688,56
6	XR-A9K-PXK9-04.03	Cisco IOS XR IP/MPLS Core Software 3DES	2	8.964,07	17928,14
7	A9K-LC-FILR	A9K Line Card Slot Filler	2	239,04	478,08
8	A9K-PEM-V2-FILR	ASR9K Power Entry Module Version 2 Filler	2	29,88	59,76
Tarjetas ASR9K	-	-	-	-	-
1	**A9K-RSP880-TR=**	ASR9K Route Switch Processor with 880G/slot Fabric and 32GB	4	28.685,01	114.740,04
2	XR-A9K-PXK9-05.03	Cisco IOS XR IP/MPLS Core Software 3DES	2	8.964,07	17.928,14
3	**A9K-24X10GE-TR=**	ASR 9000 24-port 10GE, Packet Transport Optimized LC (spare)	6	179.281,30	1.075.687,80
8	**A9K-MOD80-TR=**	80G Modular Linecard, Packet Transport Optimized (spare)	4	17.928,13	71.712,52
9	**A9K-MOD160-TR=**	160G Modular Linecard, Packet Transport Optimized	8	35.856,26	286.850,08
Licencias ASR9K		-	-	-	-
1	**A9K-24X10G-AIP-TR=**	L3 VPN License for 24X10GE Linecard Transport Optimized	6	35.856,26	215.137,56
7	**A9K-MOD160-AIP-TR=**	L3 VPN license for MOD160 Linecard, Transport Optimized	4	23.904,17	95.616,68
8	**A9K-MD160-VID-LIC=**	Advanced Video & Multicast license for MOD160 Linecard	4	23.904,17	95.616,68
13	**A9K-NVSAT5-LIC=**	NV Host License for up to 5 nV Clients	1	14.940,11	14.940,11
SUB-TOTAL 1					**2.110.618,97**

Tabla 24: Costos de equipamiento Router cisco CRS-4 New York

Numero parte	Descripción	cantidad	Precio unitario (USD)	TOTAL (USD)
CRS-4/S	1 x CRS-4/S Cisco CRS Series 4 Slots Carrier Routing System Incluye 1 x CRS-4-DC-KIT; CRS-1 4 Slot System DC Kit. 1 x CRS-4-DC-INPUT; Cisco CRS-1 Series 4 Slot DC Input Shelf. 1 x CRS-4-DC-PIM; Cisco CRS-1 Series 4 Slot DC Power Input Module. 4 x CRS-4-DC-SUPPLY; Cisco CRS-1 Series DC Supply for CRS-4. 1 x CRS-4-DOOR-KIT; CRS-1 4 Slot System Door Kit. 2 x CRS-8-PRP-6G; CRS/4/8 6 G Performance RP. 2 x CRS-PRP-UPG-CAB; CRS PRP Upgrade Cable. 2 x GLC-LH-SMD; 1000BASE-LX/LH SFP transceiver module, MMF/SMF, 1310nm, DOM. 4 x CRS-4-FC140/S; Cisco CRS 4 Slot Fabric Card / Single (140G). 1 x CRS-4-FAN-TR; Cisco CRS-1 Series Fan Tray for CRS-4 1 x CRS-4-CH; Cisco CRS-1 Series 4 Slots Chassis 4 x CRS-INT-IMPEDANCE; Cisco CRS-1 Series impedence cover for Interface slot. 4 x CRS-MSC-IMPEDANCE; Cisco CRS-1 Series	1	53.784,39	53.784,39

	Impedence cover for MSC Slot			
CRS-4-DC-INPUT	Cisco CRS-1 Series 4 Slot DC Input Shelf	1	2.390,41	2.390,41
CRS-4-DC-PIM	Cisco CRS-1 Series 4 Slot DC Power Input Module	1	2.390,41	2.390,41
CRS-4-DC-SUPPLY	Cisco CRS-1 Series DC Supply for CRS-4	1	2.390,41	2.390,41
CRS-4-DOOR-KIT	CRS-1 4 Slot System Door Kit	1	2.390,41	2.390,41
CRS-8-PRP-6G	CRS/4/8 6 G Performance RP	1	20.916,15	20.916,15
XC-RP-PXK9-04.03	Cisco IOS XR IP/MPLS Core Software 3DES	1	7.470,05	7.470,05
GLC-LH-SMD	1000BASE-LX/LH SFP transceiver module, MMF/SMF, 1310nm, DOM	1	594,61	594,61
CRS-4-FC140/S	Cisco CRS 4 Slot Fabric Card / Single (140G)	1	16.434,12	16.434,12
CRS-4-FAN-TR	Cisco CRS-1 Series Fan Tray for CRS-4	1	8.964,06	8.964,06
CRS-4-CH	Cisco CRS-1 Series 4 Slots Chassis	1	23.904,18	23.904,18
CRS-INT-IMPEDANCE	Cisco CRS-1 Series impedence cover for Interface slot	1	268,91	268,91
CRS-MSC-IMPEDANCE	Cisco CRS-1 Series Impedence cover for MSC Slot	1	268,91	268,91
CRS-4-FC140/S=	Cisco CRS 4 Slot Fabric Card / Single (140G)	1	16.434,12	16.434,12
6-10GE-WLO-FLEX=	CRS-3 6X10GE WAN/LAN/OTN Flexible PLIM	1	38.844,28	38.844,28
SPA-OC192POS-XFP	1-port OC192/STM64 POS/RPR XFP Optics	1	74.700,54	74.700,54
XFP-10GER-192IR+	Cisco Multirate 10GBASE-ER and OC-192/STM-64 IR-2 XFP Module	1	5.976,04	5.976,04
subtotal 2 (USD)				278.122,00

4.1.2 Costos de los Bienes de la zona 2.

Las estimaciones de costos de este estudio de factibilidad de diseño de una red MPLS de backbone de Internet de la Zona 2 son: 4 Routers para Quito y 4 routers para Guayaquil de la familia CISCO ASR 9010 VC-D2 de acuerdo se presentan en la tablas 25 y 26 respectivamente.

Tabla 25: Costos de cuatro Router para cuidad Quito familia cisco ASR 9010 DC V2

ASR-9010-DC-V2	Numero parte	Descripción	cantidad	Precio unitario (USD)	TOTAL (USD)
1	**ASR-9010-DC-V2**	Incluye: 1 x ASR-9010-DC-V2; ASR 9010 DC Chassis with PEM Version 2. 1 x ASR-9010-4P-KIT; ASR-9010 4 Post Mounting Kit 1 x PWR-2KW-DC-V2; 2KW DC Power Module Version 2 8 x A9K-LC-FILR; A9K Line Card Slot Filler 1 x A9K-PEM-V2-FILR; ASR9K Power Entry Module Version 2 Filler	4	8.904,30	35.617,20
2	ASR-9010-4P-KIT	ASR-9010 4 Post Mounting Kit	4	239,04	956,16
3	ASR-9010-FAN-V2	ASR-9010 Fan Tray Version 2	4	2.300,78	9203,12
4	PWR-2KW-DC-V2	2KW DC Power Module Version 2	4	1.673,29	6693,16
5	A9K-RSP440-SE	ASR9K Route Switch Processor with 440G/slot Fabric and 12GB	4	38.844,28	155377,12
6	XR-A9K-PXK9-04.03	Cisco IOS XR IP/MPLS Core Software 3DES	4	8.964,07	35856,28
7	A9K-LC-FILR	A9K Line Card Slot Filler	4	239,04	956,16
8	A9K-PEM-V2-FILR	ASR9K Power Entry Module Version 2 Filler	4	29,88	119,52
Tarjetas ASR9K					
1	**A9K-RSP880-TR=**	ASR9K Route Switch Processor with 880G/slot Fabric and 32GB	8	28.685,01	229.480,08
2	XR-A9K-PXK9-05.03	Cisco IOS XR IP/MPLS Core Software 3DES	8	8.964,07	71.712,56
3	**A9K-24X10GE-TR=**	ASR 9000 24-port 10GE, Packet Transport Optimized LC (spare)	8	179.281,30	1.434.250,40
4	**A9K-2X100GE-SE=**	Incluye: 1 x A9K-2X100GE-SE=; ASR 9000 2-port 100GE, Service Edge Optimized LC (spare). 2 x 100GE-CFP-COVER; 100GE CFP Dust Cover	8	239.041,74	1.912.333,92
5	100GE-CFP-COVER	100GE CFP Dust Cover	8	53,14	425,12

6	**A9K-2X100GE-TR=**	Incluye: 1 x A9K-2X100GE-TR=; ASR 9000 2-port 100GE, Packet Transport Optimized LC (spare). 2 x 100GE-CFP-COVER; 100GE CFP Dust Cover	0	179.281,30	0,00
7	100GE-CFP-COVER	100GE CFP Dust Cover	8	53,14	425,12
8	**A9K-MOD80-TR=**	80G Modular Linecard, Packet Transport Optimized (spare)	4	17.928,13	71.712,52
9	**A9K-MOD160-TR=**	160G Modular Linecard, Packet Transport Optimized	8	35.856,26	286.850,08
10	**A9K-36X10GE-SE=**	ASR 9000 36-port 10GE, Service Edge Optimized LC	0	286.850,09	0,00
11	**A9K-36X10GE-TR=**	ASR 9000 36-port 10GE, Packet Transport Optimized LC	0	224.101,63	0,00
12	**A9K-MPA-1X40GE=**	ASR 9000 1-port 40GE Modular Port Adapter	4	23.904,17	95.616,68
13	**A9K-MPA-2X10GE=**	ASR 9000 2-port 10GE Modular Port Adapter	4	8.964,07	35.856,28
14	**QSFP-40GE-LR4=**	QSFP 40GBASE-LR4 Transceiver Module, LC, 10KM	0	8.363,47	0,00
Licencias ASR9K					
1	**A9K-24X10G-AIP-TR=**	L3 VPN License for 24X10GE Linecard Transport Optimized	8	35.856,26	286.850,08
2	**A9K-2X100-VID-LIC=**	Advanced Video & Multicast License for 2X100GE Linecard	8	35.856,26	286.850,08
3	**A9K-2X100G-AIP-SE=**	L3 VPN License for 2x100GE Linecard Service Edge Optimized	8	53.784,39	430.275,12
4	**A9K-2X100G-AIP-TR=**	L3 VPN License for 2X100GE Linecard Transport Optimized	0	35.856,26	0,00
5	**A9K-MOD80-AIP-TR=**	L3 VPN license for MOD80 Linecard, Transport Optimized	0	11.952,09	0,00
6	**A9K-MOD80-VID-LIC=**	Advanced Video & Multicast License for MOD80 Linecard	0	11.952,09	0,00
7	**A9K-MOD160-AIP-TR=**	L3 VPN license for MOD160 Linecard, Transport Optimized	8	23.904,17	191.233,36
8	**A9K-MD160-VID-LIC=**	Advanced Video & Multicast license for MOD160 Linecard	8	23.904,17	191.233,36

9	**A9K-NVSAT5-LIC=**	NV Host License for up to 5 nV Clients	1	14.940,11	14.940,11
10	**A9K-NVSAT20-LIC=**	NV Host License for up to 20 nV Clients	0	59.760,43	0,00
SUB TOTAL 3 (USD)					**5.784.823,59**

Tabla 26: Costos de cuatro Router para cuidad Guayaquil familia cisco ASR 9010 DC:

ASR-9010-DC-V2	Numero parte	Descripción	cantidad	Precio unitario (USD)	TOTAL (USD)
1	**ASR-9010-DC-V2**	Incluye: 1 x ASR-9010-DC-V2; ASR 9010 DC Chassis with PEM Version 2. 1 x ASR-9010-4P-KIT; ASR-9010 4 Post Mounting Kit 1 x PWR-2KW-DC-V2; 2KW DC Power Module Version 2 8 x A9K-LC-FILR; A9K Line Card Slot Filler 1 x A9K-PEM-V2-FILR; ASR9K Power Entry Module Version 2 Filler	4	8.904,30	35.617,20
2	ASR-9010-4P-KIT	ASR-9010 4 Post Mounting Kit	4	239,04	956,16
3	ASR-9010-FAN-V2	ASR-9010 Fan Tray Version 2	4	2.300,78	9203,12
4	PWR-2KW-DC-V2	2KW DC Power Module Version 2	4	1.673,29	6693,16
5	A9K-RSP440-SE	ASR9K Route Switch Processor with 440G/slot Fabric and 12GB	4	38.844,28	155377,12
6	XR-A9K-PXK9-04.03	Cisco IOS XR IP/MPLS Core Software 3DES	4	8.964,07	35856,28
7	A9K-LC-FILR	A9K Line Card Slot Filler	4	239,04	956,16
8	A9K-PEM-V2-FILR	ASR9K Power Entry Module Version 2 Filler	4	29,88	119,52
Tarjetas ASR9K					
1	**A9K-RSP880-TR=**	ASR9K Route Switch Processor with 880G/slot Fabric and 32GB	8	28.685,01	229.480,08
2	XR-A9K-PXK9-05.03	Cisco IOS XR IP/MPLS Core Software 3DES	8	8.964,07	71.712,56
3	**A9K-24X10GE-TR=**	ASR 9000 24-port 10GE, Packet Transport Optimized LC (spare)	8	179.281,30	1.434.250,40
4	**A9K-2X100GE-SE=**	Incluye: 1 x A9K-2X100GE-SE=; ASR 9000 2-port 100GE, Service Edge Optimized LC (spare). 2 x 100GE-CFP-COVER; 100GE CFP Dust Cover	8	239.041,74	1.912.333,92
5	100GE-CFP-COVER	100GE CFP Dust Cover	8	53,14	425,12
6	**A9K-2X100GE-TR=**	Incluye: 1 x A9K-2X100GE-TR=; ASR 9000 2-port 100GE, Packet Transport Optimized LC (spare). 2 x 100GE-CFP-COVER; 100GE CFP Dust Cover	0	179.281,30	0,00
7	100GE-CFP-COVER	100GE CFP Dust Cover	8	53,14	425,12
8	**A9K-MOD80-TR=**	80G Modular Linecard, Packet Transport Optimized (spare)	4	17.928,13	71.712,52
9	**A9K-MOD160-TR=**	160G Modular Linecard, Packet Transport Optimized	8	35.856,26	286.850,08

10	**A9K-36X10GE-SE=**	ASR 9000 36-port 10GE, Service Edge Optimized LC	0	286.850,09	0,00
11	**A9K-36X10GE-TR=**	ASR 9000 36-port 10GE, Packet Transport Optimized LC	0	224.101,63	0,00
12	**A9K-MPA-1X40GE=**	ASR 9000 1-port 40GE Modular Port Adapter	4	23.904,17	95.616,68
13	**A9K-MPA-2X10GE=**	ASR 9000 2-port 10GE Modular Port Adapter	4	8.964,07	35.856,28
14	**QSFP-40GE-LR4=**	QSFP 40GBASE-LR4 Transceiver Module, LC, 10KM	0	8.363,47	0,00
Licencias ASR9K					
1	**A9K-24X10G-AIP-TR=**	L3 VPN License for 24X10GE Linecard Transport Optimized	8	35.856,26	286.850,08
2	**A9K-2X100-VID-LIC=**	Advanced Video & Multicast License for 2X100GE Linecard	8	35.856,26	286.850,08
3	**A9K-2X100G-AIP-SE=**	L3 VPN License for 2x100GE Linecard Service Edge Optimized	8	53.784,39	430.275,12
4	**A9K-2X100G-AIP-TR=**	L3 VPN License for 2X100GE Linecard Transport Optimized	0	35.856,26	0,00
5	**A9K-MOD80-AIP-TR=**	L3 VPN license for MOD80 Linecard, Transport Optimized	0	11.952,09	0,00
6	**A9K-MOD80-VID-LIC=**	Advanced Video & Multicast License for MOD80 Linecard	0	11.952,09	0,00
7	**A9K-MOD160-AIP-TR=**	L3 VPN license for MOD160 Linecard, Transport Optimized	8	23.904,17	191.233,36
8	**A9K-MD160-VID-LIC=**	Advanced Video & Multicast license for MOD160 Linecard	8	23.904,17	191.233,36
9	**A9K-NVSAT5-LIC=**	NV Host License for up to 5 nV Clients	1	14.940,11	14.940,11
10	**A9K-NVSAT20-LIC=**	NV Host License for up to 20 nV Clients	0	59.760,43	0,00
SUB TOTAL 3 (USD)					**5.784.823,59**

4.1.3 Costos de los Bienes de la Zona 3.

Las estimaciones de costos de este estudio de factibilidad de diseño de una red MPLS de backbone de Internet de la Zona 3, son de acuerdo al diseño del capítulo 3, se detallan en la tabla 27, 28 y 29 respectivamente.

Tabla 27: Detalle Router de acuerdo al diseño del capítulo 3 en las principales provincias de Ecuador.

PROVINCIA	NODO	MODELO ROUTER	RED
AZUAY	CUENCA	ASR 9010 V2	Zona 3
TUNGURAHUA	AMBATO	ASR 9010 V2	Zona 3
CHIMBORAZO	RIOBAMBA	ASR 9010 V2	Zona 3
COTOPAXI	LATACUNGA	ASR 9010 V2	Zona 3
LOJA	LOJA	7609	Zona 3

PROVINCIA	NODO	MODELO ROUTER	RED
MACHALA	EL ORO	7609	Zona 3
MANABI	MANTA	ASR 9010 V2	Zona 3
MANABI	PORTOVIEJO	ASR 9010 V2	Zona 3
GUAYAS	GUAYAQUIL 6	ASR 9010 V2	Zona 3
ESMERALDAS	ESMERALDAS	7609	Zona 3
SANTO DOMINGO	SANTO DOMINGO	ASR 9010 V2	Zona 3
IMBABURA	IBARRA	7609	Zona 3
CARCHI	TULCAN	7609	Zona 3
SUCUMBIOS	Lago Agrio	7609	Zona 3
NAPO	Orellana	7609	Zona 3
Zamora	Zamora	7609	Zona 3

Tabla 28: Detalle ocho Router cisco ASR 9010 DC V2 zona 3 de acuerdo al diseño del capítulo 3 en las principales provincias de Ecuador.

ASR-9010-DC-V2	Numero parte	Descripción	cantidad	Precio unitario (USD)	TOTAL (USD)
1	**ASR-9010-DC-V2**	Incluye: 1 x ASR-9010-DC-V2; ASR 9010 DC Chassis with PEM Version 2. 1 x ASR-9010-4P-KIT; ASR-9010 4 Post Mounting Kit 1 x PWR-2KW-DC-V2; 2KW DC Power Module Version 2 8 x A9K-LC-FILR; A9K Line Card Slot Filler 1 x A9K-PEM-V2-FILR; ASR9K Power Entry Module Version 2 Filler	8	8.904,30	71.234,40
2	ASR-9010-4P-KIT	ASR-9010 4 Post Mounting Kit	8	239,04	1912,32
3	ASR-9010-FAN-V2	ASR-9010 Fan Tray Version 2	8	2.300,78	18406,24
4	PWR-2KW-DC-V2	2KW DC Power Module Version 2	8	1.673,29	13386,32
5	A9K-RSP440-SE	ASR9K Route Switch Processor with 440G/slot Fabric and 12GB	8	38.844,28	310754,24
6	XR-A9K-PXK9-04.03	Cisco IOS XR IP/MPLS Core Software 3DES	8	8.964,07	71712,56
7	A9K-LC-FILR	A9K Line Card Slot Filler	8	239,04	1912,32
8	A9K-PEM-V2-FILR	ASR9K Power Entry Module Version 2 Filler	8	29,88	239,04

Tarjetas ASR9K					
1	**A9K-RSP880-TR=**	ASR9K Route Switch Processor with 880G/slot Fabric and 32GB	16	28.685,01	458.960,16
2	XR-A9K-PXK9-05.03	Cisco IOS XR IP/MPLS Core Software 3DES	8	8.964,07	71.712,56
3	**A9K-24X10GE-TR=**	ASR 9000 24-port 10GE, Packet Transport Optimized LC (spare)	16	179.281,30	2.868.500,80
4	**A9K-MOD80-TR=**	80G Modular Linecard, Packet Transport Optimized (spare)	8	17.928,13	143.425,04
Licencias ASR9K					
1	**A9K-24X10G-AIP-TR=**	L3 VPN License for 24X10GE Linecard Transport Optimized	16	35.856,26	573.700,16
2	**A9K-MOD160-AIP-TR=**	L3 VPN license for MOD160 Linecard, Transport Optimized	8	23.904,17	191.233,36
3	**A9K-MD160-VID-LIC=**	Advanced Video & Multicast license for MOD160 Linecard	8	23.904,17	191.233,36
SUB TOTAL 4 (USD)					**4.988.322,88**

Tabla 29: Detalle ocho Router cisco 7609 de acuerdo al diseño del capítulo 3 en las principales provincias de Ecuador.

Numero parte	Descripción	cantidad	Precio unitario (USD)	TOTAL (USD)
CISCO7609-S	Incluye: 1 x CISCO7609-S ; Cisco 7609-S Chassis including fans 2 x 6000W-DC; Dummy ID 6000W DC Power Supply for 7609/7609-S/7613 2 x PWR-6000-DC; 6000W DC PS for CISCO7609/7609-S/13, Cat6506/09/13 chassis 1 x CONNECTOR-KIT; Connector Kit 1 x 7609S-RSP720CXL-R; Cisco 7609S Chassis,9-slot,Redundant System,2RSP720-3CXL,2PS 2 x RSP720-3CXL-GE; Cisco 7600 Route Switch Processor 720Gbps fabric,PFC3CXL, GE.	8	54.999,00	439.992,00
MEM-RSP720-CF1G	C7600 RSP720 Compact Flash Memory 1G	8	581,87	4654,96
MEM-RSP720-CF1G	C7600 RSP720 Compact Flash Memory 1G	8	581,87	4654,96
PWR-6000-DC	6000W DC PS for CISCO7609/7609-S/13, Cat6506/09/13 chassis	8	5.313,91	42511,28
S764AIK9-15301S	Cisco 7600-RSP720 IOS ADVANCED IP SERVICES SSH	8	5.313,91	42511,28
CONNECTOR-KIT	Connector Kit	8	13,28	106,24
RSP720-3CXL-GE	Cisco 7600 Route Switch Processor 720Gbps fabric,PFC3CXL, GE	16	21.255,65	340090,4
MEM-A-RSP720-4G	RSP720 RP Memory Upgrade to 4G (2 x 2G Modules, SO-DIMM)	16	3.188,35	51013,6
MEM-A-RSP720-SP2G	C7600 RSP720 SP 2G Memory (SO-DIMM)	32	1.594,17	51013,44
MEM-A-RSP720-4G	RSP720 RP Memory Upgrade to 4G (2 x 2G Modules, SO-DIMM)	1	3.188,35	3188,35
MEM-A-RSP720-SP2G	C7600 RSP720 SP 2G Memory (SO-DIMM)	0	1.594,17	0
76-ES+XT-	Incluye:	32	56.772,41	1.816.717,12

4TG3C=	1 x 76-ES+XT-4TG3C=; 7600 ES+XT, LAN/WAN PHY, OTN/G.709, 4x10GE, XFP, DFC3C. 1 x 76-ES+BASIC-LIC; ES+ Basic License with IPv6 (no MVPN/6vPE/MPLS VPN).			
76-ES+XT-4TG3CXL=	Incluye: 1 x 76-ES+XT-4TG3CXL=; 7600 ES+XT, LAN/WAN PHY, OTN/G.709, 4x10GE, XFP, DFC3CXL. 1 x 76-ES+BASIC-LIC; ES+ Basic License with IPv6 (no MVPN/6vPE/MPLS VPN).	16	92.628,67	1.482.058,72
Sub total 5 (USD)				4.278.512,35

4.2 Costo Servicios (Instalación, configuración, migración)

Son los costos de la instalación, configuración, sistemas operativos, activación licenciamiento e integración a red MPLS y migración de servicios de los clientes fijos y móviles, instalación física de racks, cableado estructurado, fibra óptica, cableado energía, considerando que los sitios cuenten con las condiciones mínimas de servicios básicos luz eléctrica e infraestructura civil, transmisión sobre redes de Fibra Óptica red DWDM. Los costos son los siguientes de acuerdo tabla 30.

Tabla 30: Detalle costos servicio de instalación, configuración, licenciamiento, integración y migración de acuerdo al diseño del capítulo 3 para zonas 1, 2 y 3 en las principales provincias de Ecuador y Estados Unidos.

GRUPO	ITEM	DESCRIPCION	NODOS	CANT	PRECIO UNITARIO (USD)	TOTAL (USD)
7600	7609	Servicios de Ingeniería, Instalación, configuración, integración y Migración	IBARRA TULCAN EL ORO ORELLANA ZAMORA LOJA ESMERALDAS	7	11.305,28	79.136,96
ASR9K	ARS 9010	Servicios de Ingeniería, Instalación, configuración, integración y Migración	MIAMI 1 MIAMI 2 QUITO 1 QUITO 2 QUITO 3 QUITO 4 QUITO 5 GUAYAQUIL 1 GUAYAQUIL 2 GUAYAQUIL 3 GUAYAQUIL 4 GUAYAQUIL 5 MANTA PORTOVIEJO GUAYAQUIL 6	20	15.242,92	304.858,40

			SANTO DOMINGO CUENCA AMBATO RIOBAMBA LATACUNGA			
CRS	CRS 4	Servicios de Ingeniería, Instalación, configuración, integración y Migración	NEW YORK	1	16.141,58	16.141,58
SUB TOTAL 6 (USD)						400.136,94

Tabla 31: Detalle costos materiales de instalación de 28 nodos diseñados capítulo 3, de la red backbone de Internet MPLS en zonas 1,2 y 3.

ITEM	DESCRIPCION	CANT	UNITARIO (USD)	TOTAL (USD)	NODOS
Gabinetes / Racks		-	-	-	-
1	Standard Rack - 84" High (2134mm)	28	202,39	5666,92	MIAMI 1 MIAMI 2 NEW YORK QUITO 1 QUITO 2 QUITO 3 QUITO 4 QUITO 5 GUAYAQUIL 1 GUAYAQUIL 2 GUAYAQUIL 3 GUAYAQUIL 4 GUAYAQUIL 5 MANTA PORTOVIEJO GUAYAQUIL 6 SANTO DOMINGO CUENCA AMBATO RIOBAMBAIBARRA TULCAN EL ORO ORELLANA ZAMORA LOJA ESMERALDAS
2	NetRunner Vertical Cable Manager Front Only 45 RU	28	97,24	2722,72	
3	Organizador Vertical Frontal de 45 RU	28	165,7	4639,6	
4	Horizontal Cable Manager High Capacity Front Only 2 RU	28	58	1624	
5	Horizontal Cable Manager High Capacity Front and Rear 2 RU	28	52,61	1473,08	
6	Raised Floor Rack Support; 19"W; Gray; Height of Floor: 25 - 41 cm	28	248,61	6961,08	
7	Raised Floor Rack Support; 19"W; Gray; Height of Floor: 41 - 56 cm	28	257,57	7211,96	
Fibra Óptica					
1	ODF fibra	112	100	0	
2	Fiber Cassette 9µm OS1 24- fiber	150	63	9450	
3	9µm dupl 1.6mm LC-LC Patch Cord 3m	240	47,84	11481,6	
4	9µm dupl 1.6mm LC-LC Patch Cord 10m	140	64,01	8961,4	
5	9µm dupl 1.6mm LC-LC Patch Cord 15m	120	69,93	8391,6	
6	9µm dupl 1.6mm LC-LC Patch Cord 20m	100	65,08	6508	
7	9µm dupl 1.6mm LC-LC Patch Cord 25m	50	90,23	4511,5	
8	9µm 1.6mm Dupl LC-FC Patch Cord 3m	120	54,75	6570	
9	9µm 1.6mm Dupl LC-FC Patch Cord 5m	100	77,47	7747	
10	9µm 1.6mm Dupl LC-FC Patch Cord 10m	80	54,12	4329,6	
11	9µm 1.6mm Dupl LC-FC Patch Cord 15m	40	98,59	3943,6	
Cableado de cobre					
1	QuickNet Patch Panel, Flat, 24 Port, 1RU	1100	22,9	25190	
2	Copper Patch Cord, Category 6A, Blue UTP Cable, 5m	240	17,1	4104	
3	Copper Patch Cord, Category 6A, Blue UTP Cable, 10m	240	24,04	5769,6	
4	Copper Patch Cord, Category 6A, Blue UTP Cable, 15m	240	31,34	7521,6	

5	Copper Patch Cord, Category 6A, Blue UTP Cable, 20m	120	35,15	4218	
6	Copper Patch Cord, Category 6A, Blue UTP Cable, 25m	80	38,35	3068	
7	Copper Patch Cord, Category 6A, Blue UTP Cable, 70m	80	138,47	11077,6	
Sistema de Tierra					
1	kit sistema tierra	28	49,16	1376,48	
Terminales de conexión					
1	Copper terminales energia	28	439,4	12303,2	
Sistema Eléctrico					
1	Breaker de 10 Amp DC Square D	112	8,23	921,76	
2	Breaker de 16 Amp DC Square D	100	8,23	823	
3	Breaker de 20 Amp DC General Electric	80	5,19	415,2	
4	PDU de 100 Amp / 5 perforaciones	56	178,96	10021,76	
5	PDU de 125 Amp / 11 perforaciones	28	204,53	5726,84	
6	Metro de Cable Eléctrico #2 Color negro (100m)	112	420	47040	
7	Metro de Cable Eléctrico #6 Color rojo (100 m	112	350	39200	
subtotal 7 (usd)				**419.989,8**	

4.3 Costos de Operación y Mantenimiento

Para los costos de Operación y Mantenimiento se considera soporte por parte del fabricante cisco internacional por 365 días 24 horas al día 7 días semana en caso de defectos de fabricación, repuestos, daños eléctricos, configuraciones, solución de fallas. Se estima estos costos en la tabla número 32.

Tabla 32: Detalle costos Operación y Mantenimiento de 28 nodos diseñados capítulo 3, de la red backbone de Internet MPLS en zonas 1,2 y 3.Referencia www. cisco.com

GRUPO	ITEM	DESCRIPCION	NODOS	CANT	PRECIO UNITARIO (USD)	TOTAL (USD)
7600	**7609**	Servicio soporte por 1 año fabricante cisco Router sistema operativo, tarjetas procesadoras , linea memorias , chasis back plane SMARTNET 24X7X4 Cisco 7609S Chassis, SMARTNET 24X7X4 7600 Series SPA Interface Processor 400	IBARRA TULCAN EL ORO ORELLANA ZAMORA LOJA ESMERALDAS	7	15.305,28	107.136,96

ASR9K	**ARS 9010**	Servicio soporte 1 año fabricante cisco SMARTNET 24X7X4 ASR 9010 DC Chassis SMARTNET 24X7X4 Route Switch Processor 4G Memory Router sistema operativo, tarjetas procesadoras , linea memorias , chasis back plane	MIAMI 1 MIAMI 2 QUITO 1 QUITO 2 QUITO 3 QUITO 4 QUITO 5 GUAYAQUIL 1 GUAYAQUIL 2 GUAYAQUIL 3 GUAYAQUIL 4 GUAYAQUIL 5 MANTA PORTOVIEJO GUAYAQUIL 6 SANTO DOMINGO CUENCA AMBATO RIOBAMBA LATACUNGA	20	37.242,92	744.858,40
CRS	CRS 4	Servicio soporte 1 año 24x7x365 fabricante cisco Router sistema operativo, tarjetas procesadoras , linea memorias , chasis backplane	NEW YORK	1	21.141,58	21.141,58
Subtotal 8 (USD)						**873.136,94**

4.4 Gastos de Depreciación de la inversión

Se estima los gastos de depreciación en un 5% del costo de los bienes por cada año de implementado durante un período de 5 años del presente estudio, es por recomendación del fabricante por cambio de tecnología cisco quien la realizan cada 5 años y el tiempo de vida útil de los routers cisco, como se menciona en la tabla 33.

Tabla 33: Detalle costos depreciación de 28 nodos diseñados capítulo 3 por 5 años a partir implantación de este estudio, en las zonas 1,2 y 3.

ITEM	nodos	COSTOS DE INVERSION	DEPRECIACION (5%) anual	AÑOS	COSTO DEPRECIACION (USD)
Routers ASR 9010	MIAMI 1	$ 2.110.618,97	0,05	5	($ 527.655,55)
	MIAMI 2				
Routers CRS 4	NEW YORK	$ 278.122,00	0,05	5	($ 69.530,61)
Routers ASR 9010	QUITO 1	$ 5.784.823,59	0,05	5	($ 1.446.208,11)
	QUITO 2				
	QUITO 3				

	QUITO 4				
	QUITO 5				
Routers ASR 9010	GUAYAQUIL 1	$ 5.784.823,59	0,05	5	($ 1.446.208,11)
	GUAYAQUIL 2				
	GUAYAQUIL 3				
	GUAYAQUIL 4				
	GUAYAQUIL 5				
Routers 7609	IBARRA	$ 4.988.322,88	0,05	5	($ 1.247.082,63)
	TULCAN				
	MACHALA				
	ORELLANA				
	ZAMORA				
	LOJA				
	ESMERALDAS				
Routers ASR 9010	MANTA	$ 4.278.512,35	0,05	5	($ 1.069.629,73)
	PORTOVIEJO				
	GUAYAQUIL 6				
	SANTO DOMINGO				
	CUENCA				
	AMBATO				
	RIOBAMBA				
	LATACUNGA				
TOTAL BIENES (USD)		$ 23.225.223,38	**COSTO DEPRECIACION EN 5 AÑOS (USD)**		($ 5.806.314,74)

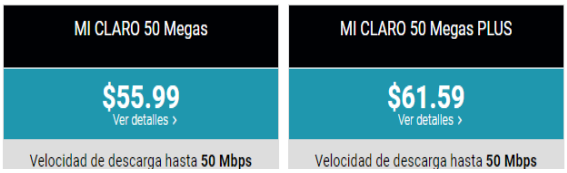
4.5 Evaluación Financiera de presente estudio de diseño red MPLS.

4.5.1 Tarifas de planes de Internet fijo y móvil en las tres operadoras Claro. Movistar y Cnt

A continuación se evalúa el presente estudio en base a los planes y costos se servicios de Internet fijo y móvil de las tres operadores en Ecuador según requerimientos de AB de los usuarios de Internet fijo y móvil y datos de tarifas referencial de este estudio en las siguientes tablas 34, 35, 36, y 37.

Tabla 34: Tarifas mensual de servicio de Internet Fijo y móvil por Ancho de Banda (Mbps) de la Operadora Claro, Internet Fijo





- Internet Móvil.





Tabla 35: Tarifa mensual de servicio de Internet móvil por Ancho de Banda (MB) Operadora Movistar

- Internet Móvil.



Tabla 36: Tarifas mensual de servicio de Internet Fijo GPON Operadora CNT Internet Fijo GPON.

Plan Ultra Internet	Tarifa sin impuestos	Tarifa con impuestos	Compartición	Instalación	Incluye sin costo:
15 Mbps	$ 26,90	$ 30,13	2:1	*Sin costo	
25 Mbps	$ 31,90	$ 35,73	2:1	*Sin costo	
50 Mbps	$ 44,90	$ 50,29	2:1	*Sin costo	
75 Mbps	$ 59,90	$ 67,09	2:1	*Sin costo	

Plan	Tarifa sin impuestos	Tarifa con impuestos	Velocidad de baja	Velocidad de subida	Compartición	Inscripción
Plan 10 Mbps	$ 24,90	$ 27,89	10 Mbps	5 Mbps	2:1	$ 60,00
Plan 25 Mbps	$ 36,00	$ 40,32	25 Mbps	15 Mbps	2:1	$ 60,00
Plan 50 Mbps	$ 49,90	$ 55,89	50 Mbps	25 Mbps	2:1	$ 60,00
Plan 80 Mbps	$ 80,00	$ 89,60	80 Mbps	40 Mbps	2:1	$ 60,00
Plan 100 Mbps	$ 110,00	$ 123,20	100 Mbps	50 Mbps	2:1	$ 60,00

Tabla 37: Tarifa mensual de servicio de Internet Móvil 3G/ LTE Operadora CNT

- Internet Móvil 3G/LTE.

Tarifa sin Impuestos	Tarifa con Impuestos	Total Gigas	Facebook y Whatsapp	Minutos Gratis a todas las Operadoras	Subscripción y navegación Deezer
$12,99	$14,55	1.2 GB	Whatsapp | Facebook LIBRE | 500MB	25	N/A
$15,99	$17,91	2 GB	Whatsapp | Facebook LIBRE | 500MB	50	N/A
$19,99	$22,39	2.5 GB	LIBRES	70	6 meses
$24,99	$27,99	3 GB	LIBRES	100	6 meses
$31,99	$35,83	4 GB	LIBRES	120	6 meses
$44,99	$50,39	5 GB	LIBRES	Minutos ilimitados a todas las operadoras	6 meses
$59,99	$67,19	7 GB	LIBRES	Minutos ilimitados a todas las operadoras	12 meses
$79,99	$89,59	10 GB	LIBRES	Minutos ilimitados a todas las operadoras	12 meses
$99,99	$111,99	20 GB	LIBRES	Minutos ilimitados a todas las operadoras	12 meses

4.5.2 Proyecciones de demanda de usuarios de Internet fijo y móvil hasta el año 2021.

Las proyecciones de demanda del presente diseño se realiza de acuerdo al capítulo 3 numeral 3.3.3, proyecciones de clientes de Internet fijos y móviles en Ecuador hasta año 2021, se consideró un crecimiento del 62% del Internet Móvil 3G/LTE del presente estudio del total población del Ecuador, y de un crecimiento (10,88%) que tendrían el servicios de Internet Fijo Cobre/GPON hasta el año 2021 del presente estudio, con estos requerimiento se proyecta la demanda de usuarios fijos y móviles hasta año 2021 , como se menciona en la tabla 38.

Tabla 38: Proyección de demanda de servicio de Internet Móvil 3G/ LTE y e Internet Fijo ADSL/GPON hasta el año 2021.Ref: INEC, MINTEL, ARCOTEL

Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Internet Fijo	9,76%	9,97%	9,98%	10,02%	10,48%	10,88%
Internet Móvil	47,04%	46,75%	48,00%	50,00%	55,00%	62,00%
Proyección crecimiento poblacional Ecuador	16.528.730	16.776.977	17.023.408	17.267.986	17.510.643	17.760.643
Proyección de clientes	1.613.204	1.672.665	1.698.936	1.730.252	1.835.115	1.932.358

Internet Fijo (total Ecuador)						
Proyección de clientes Internet Móvil (total Ecuador)	7.775.115	7.843.237	8.171.236	8.633.993	9.630.854	11.011.599

4.5.3 Proyecciones de Ingresos de usuarios de Internet móvil hasta el año 2021.

Las proyecciones de ingresos se realiza de acuerdo a las tablas 34, 35, 36, 37 y 38, se considera un crecimiento del 21 % del Internet Móvil 3G/LTE hasta el año 2021 del presente estudio, con estos requerimiento se proyecta la demanda ingresos de usuarios móviles, durante los cinco años del presente estudio, como se menciona en la tabla 39.

Tabla 39: Proyección de ingresos de servicio de Internet Móvil 3G/ LTE hasta el año 2021. Ref: Claro. Movistar y CNT

Año	2017	2018	2019	2020	2021
Proyección crecimiento poblacional Ecuador (Millones personas)	16.776.977	17.023.408	17.267.986	17.510.643	17.760.643
Proyección de clientes Internet Móvil (total Ecuador) (Millones personas)	7.843.237	8.171.236	8.633.993	9.630.854	11.011.599
Porcentaje de usuarios Internet Móvil Capitulo 3, del Mercado Nacional del Ecuador	12,00%	13,00%	15,00%	17,00%	21,00%
Diseño Proyección Numero Clientes Capitulo 3, del Mercado Nacional del Ecuador (millones personas)	941.188	1.062.261	1.295.099	1.637.245	2.312.436
Porcentaje Deserción Clientes	10,00%	12,00%	15,00%	21,00%	24,00%
Proyección de clientes deserción o cambio entre operadoras(millones) no facturan	94.119	127.471	194.265	343.821	554.985
Proyección Numero Clientes Internet Móvil con deserción	847.070	934.789	1.100.834	1.293.424	1.757.451
Porcentaje de clientes tarifa Baja Internet Móvil (menor 2 GB)	40,00%	20,00%	10,00%	8,00%	5,00%

Porcentaje de clientes tarifa Media Internet Móvil (2 GB a 20 GB)	55,00%	70,00%	68,00%	65,00%	60,00%
Porcentaje de clientes tarifa Alta Internet Móvil (mayor 20 GB)	5,00%	10,00%	22,00%	27,00%	35,00%
Tarifa (USD) baja Internet Móvil (1,2 GB a 2 GB)	15	10	8	7	5
Tarifa Media Internet Móvil (mayor 2 GB a 20 GB)	17	15	15	15	15
Tarifa Alta Internet Móvil (mayor 20 G)	40	40	40	40	40
Proyección clientes tarifa baja	338.828	186.958	110.083	103.474	87.873
Proyección clientes tarifa media	465.888	654.353	748.567	840.725	1.054.471
Proyección clientes tarifa alta	42.353	93.479	242.184	349.224	615.108
Ingresos Tarifa baja (USD)	5.082.418	1.869.579	880.667	724.317	439.363
Ingresos Tarifa Media (USD)	7.920.101	9.815.289	11.228.508	12.610.881	15.817.061
Ingresos Tarifa Alta (USD)	1.694.139	3.739.158	9.687.340	13.968.976	24.604.317
Porcentaje utilización red MPLS	8%	10%	12%	14%	16%
Ingresos tarifa baja, media y alta (USD)	14.696.657	15.424.025	21.796.515	27.304.174	40.860.740
Ingresos por utilización Red MPLS (USD)	1.175.733	1.542.403	2.615.582	3.822.584	6.537.718

4.5.4 Proyecciones de Ingresos de usuarios de Internet Fijo hasta año 2021.

Las proyecciones de ingresos se realiza de acuerdo a las tabla 37 y 38, se considera un crecimiento del 10,88 % del Internet Fijo ADSL/GPON hasta el año 2021 del presente estudio, con estos requerimiento se proyecta la demanda ingresos de usuarios de Internet fijos, durante los cinco años posteriores del presente estudio, como se menciona en la tabla 40.

Tabla 40: Proyección de ingresos de servicio de Internet Fijo ADSL/ GPON hasta el año 2021. Referencia: Claro. Movistar y CNT

Año	2017	2018	2019	2020	2021
Proyección crecimiento poblacional Ecuador (Millones personas)	16.776.977	17.023.408	17.267.986	17.510.643	17.760.643
Proyección de clientes Internet Fijo (total Ecuador) (Millones personas)	1.672.665	1.698.936	1.730.252	1.835.115	1.932.358
Porcentaje de usuarios Internet fijo Capitulo 3, del Mercado Nacional del Ecuador	41,00%	53,00%	57,00%	59,00%	62,00%
Diseño Proyección Numero Clientes Capitulo 3, del Mercado Nacional del Ecuador (millones personas)	685.793	900.436	986.244	1.082.718	1.198.062
Porcentaje Deserción Clientes	3,00%	5,00%	8,00%	7,00%	9,00%
Proyección de clientes deserción o cambio entre operadoras(millones) no facturan	20.574	45.022	78.899	75.790	107.826
Proyección Número Clientes Internet Fijo con deserción	665.219	855.414	907.344	1.006.928	1.090.236
Porcentaje de clientes tarifa Baja Internet Fijo (menor 5 Mbps)	40,00%	30,00%	20,00%	12,00%	8,00%
Porcentaje de clientes tarifa Media Internet Fijo (5 Mbps a 50 Mbps)	55,00%	60,00%	58,00%	61,00%	57,00%
Porcentaje de clientes tarifa Alta Internet Fijo (mayor 50 Mbps)	5,00%	10,00%	22,00%	27,00%	35,00%
Tarifa (USD) baja Internet Fijo (2 a 5 Mbps)	25	30	28	25	20
Tarifa Media Internet Fijo (mayor 5 a 50 Mbps)	30	32	34	30	35
Tarifa Alta Internet Fijo (mayor 50 Mbps)	50	52	55	60	55
Proyección clientes tarifa baja	266.088	256.624	181.469	120.831	87.219
Proyección clientes tarifa media	365.870	513.249	526.260	614.226	621.435
Proyección clientes tarifa alta	33.261	85.541	199.616	271.870	381.583
Ingresos Tarifa baja (USD)	6.652.189	7.698.728	5.081.127	3.020.783	1.744.378
Ingresos Tarifa Media (USD)	10.976.111	16.423.954	17.892.827	18.426.775	21.750.216

Ingresos Tarifa Alta (USD)	1.663.047	4.448.154	10.978.864	16.312.227	20.987.050
Porcentaje utilización red MPLS	20%	25%	30%	35%	45%
Ingresos tarifa baja, media y alta (USD)	19.291.347	28.570.837	33.952.818	37.759.785	44.481.644
Ingresos por utilización Red MPLS (USD)	3.858.269	7.142.709	10.185.845	13.215.925	20.016.740

4.5.5 Calculo de VAN y TIR de la Recuperación de la Inversión hasta año 2021.

Con los datos de inversión, costos y gastos de las tablas 39 y 40, se realizó un flujo de caja para determinar la rentabilidad del estudio de diseño del capítulo 3; el análisis se realiza con una tasa de descuento del 12,50% y un horizonte de evaluación de 5 años del presente estudio, en el Tabla 41, se presentan los resultados obtenidos de acuerdo a la formula matemáticas:

VAN **Suma de los flujos de caja anuales actualizados deducido el valor de la inversión**

Si a los flujos de caja (cobros - pagos) le llamamos: **Q1, Q2,...,Qn**

a la tasa de descuento seleccionada: **k**

y al desembolso inicial: **A**

$$VAN = -\mathrm{A} + \frac{Q1}{(1+k)^1} + \frac{Q2}{(1+k)^2} + \cdots + \frac{Qn}{(1+k)^n}$$

Tabla 41: Cálculo de VAN y TIR del estudio en relación al ingresos versus costos de usuarios de Internet Fijo y Móvil hasta el año 2021.

Año	2017	2018	2019	2020	2021
Ingresos Internet Fijo (USD)	3.858.269	7.142.709	10.185.845	13.215.925	20.016.740
Ingresos Internet Móvil (USD)	1.175.733	1.542.403	2.615.582	3.822.584	6.537.718
Costos Bienes (USD)	9.290.089	13.935.134	-	-	-

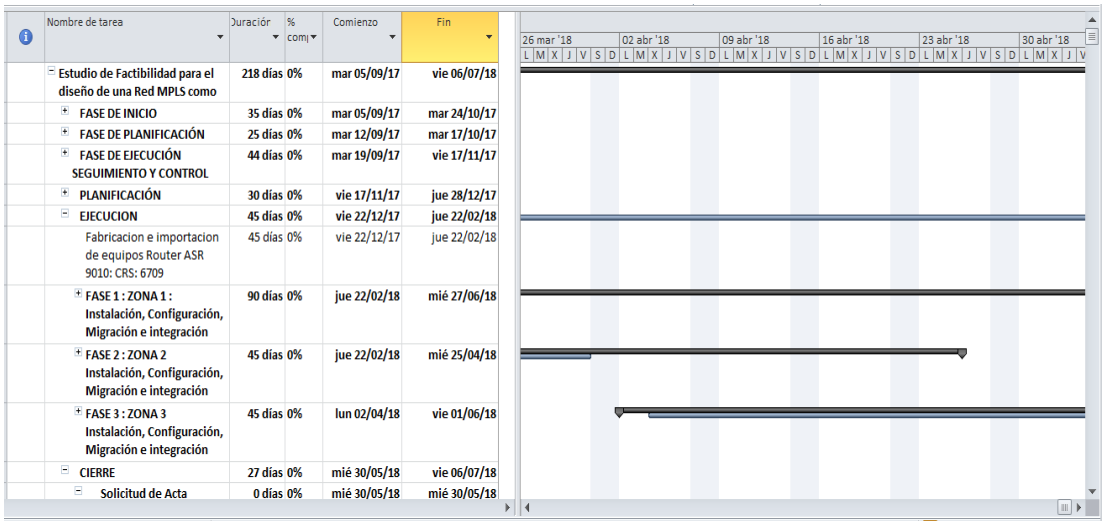
Costos servicios (Instalación, configuración, migración) USD	**-**	820.127	**-**	**-**	**-**
Costos de Operación y Mantenimiento (USD)	**-**	4.365.685	-	-	-
Depreciación (USD)	1.161.263	1.161.263	1.161.263	1.161.263	1.161.263
Inversión (USD)	10.451.352	20.282.208	1.161.263	1.161.263	1.161.263
Ingresos (USD)	5.034.002	8.685.112	12.801.427	17.038.509	26.554.458
Flujos de Caja	-5.417.350	-11.597.097	11.640.164	15.877.246	25.393.196
Interés	**12,50%**				
Valor Anual Neto (VAN)	**7.748.853**				
TIR (Tasa Retorno Inversión)	**58%**				
Recuperación Inversión (años)	**4.4**				

Como se muestra en el tabla 41, el presente estudio de diseño de red MPLS genera una rentabilidad (VAN) de USD 7.748.853 por año, para los cinco años de horizonte del estudio; con una tasa de rentabilidad del 58.00%, la viabilidad financiera es muy buena, con una recuperación de la inversión y costos operacionales a los 4.4 años.

4.6 Cronograma de Ejecución del presente estudio de diseño de una red MPLS para soportar el tráfico de Internet Fijo y Móvil hasta el año 2021.

Para el presente estudio se plantea el siguiente cronograma de implementación del diseño propuesto con un tiempo estimado de ejecución de unos 218 días a partir del financiamiento en puesta en marcha del presente estudio como se muestra en la figura 22.

Figura 22: Cronograma Propuesto del estudio de Diseño de Red MPLS hasta el año 2021.



Nombre de tarea	Duración	% com	Comienzo	Fin
Estudio de Factibilidad para el diseño de una Red MPLS como	218 días	0%	mar 05/09/17	vie 06/07/18
FASE DE INICIO	35 días	0%	mar 05/09/17	mar 24/10/17
FASE DE PLANIFICACIÓN	25 días	0%	mar 12/09/17	mar 17/10/17
FASE DE EJECUCIÓN SEGUIMIENTO Y CONTROL	44 días	0%	mar 19/09/17	vie 17/11/17
PLANIFICACIÓN	30 días	0%	vie 17/11/17	jue 28/12/17
EJECUCION	45 días	0%	vie 22/12/17	jue 22/02/18
Fabricacion e importacion de equipos Router ASR 9010: CRS: 6709	45 días	0%	vie 22/12/17	jue 22/02/18
FASE 1 : ZONA 1 : Instalación, Configuración, Migración e integración	90 días	0%	jue 22/02/18	mié 27/06/18
FASE 2 : ZONA 2 Instalación, Configuración, Migración e integración	45 días	0%	jue 22/02/18	mié 25/04/18
FASE 3 : ZONA 3 Instalación, Configuración, Migración e integración	45 días	0%	lun 02/04/18	vie 01/06/18
CIERRE	27 días	0%	mié 30/05/18	vie 06/07/18
Solicitud de Acta	0 días	0%	mié 30/05/18	mié 30/05/18

CAPITULO 5

Conclusiones

- Para el dimensionamiento de red MPLS como backbone de Internet, se consideró las siguiente limitaciones del diseño, recomendaciones del fabricante CISCO con los tiempo de retardo en enlaces internacionales (delay) para enlaces 1 x10G (mayores a 50 ms) o en cascada bundle de 4x10Gps (menores 50ms), en las interfaz WAN entre Ecuador y EEUU a través del cable panamericano y submarino deben ser menores, el fabricante recomienda un porcentajes menor al 80% de utilización Tarjetas línea, de control, Procesadoras, en los router CRS 4, ASR 9010 y cisco series 7609 en la red Backbone de Internet, saturación de tráfico en las horas pico de acuerdo tráfico asimétrico de 06H00 am -12H00am en la mañana y noche de 18H00-11h00 pm, Ancho de Banda mínimo en horas poco tráfico entre 11H00 pm – 06H00 am no mayor al 80% de capacidad de la tarjeta, y la Proyecciones de Número de clientes hasta el año 2021.
- Los estudios técnicos realizados en el capítulo 3, se cumplieron de acuerdo a los objetivos del estudio de diseño de una red MPLS para atender una demanda de crecimiento de servicio de Internet a nivel nacional para una penetración en el mercado del 10,88% en Internet Fijo sea GPON/ADSL y de un 24 % del mercado nacional en servicio de Internet móvil 3G/LTE.
- El presente estudio de diseño de red MPLS en los niveles de la red zona 1, 2 y 3 de las Backbone de Internet, Border, Core, Acceso, para el presente estudio se trabajó bajo la línea de la marca Cisco.

- En el capítulo 3 numeral 3.3.1, se realizó el direccionamiento IP con clase A 10.9.0.0/24 de los enlaces WAN entre routers de la zona 1, 2 y 3 en el NAP de New York y Miami y las principales ciudades del Ecuador.
- De acuerdo al direccionamiento IP WAN de la clase A se requieren al menos de 125 IPs de la red 10.9.1.0/24 para zona 1 para el tráfico internacional con un crecimiento del 50 % de la capacidad proyectada hasta el 2021, y se realiza la distribución de túneles para el tráfico de los enlaces internacionales de al menos 53 túneles distribuidos en topología malla entre EEUU y Ecuador considerando un 50% de crecimiento de nuevas rutas para el año 2021.
- Para el presente diseño se considera una proyección de clientes de Internet fijo y móvil de al menos un (24%) 2.312.436 millones de usuarios de Internet móviles 3G/LTE y en usuarios de Internet fijos GPON/ADSL de al menos 62% (1.932.358 millones) del mercado nacional hasta el año 2021.
- El presente estudio de diseño de red MPLS genera una rentabilidad (VAN) de USD 7.748.853 por cada año, considerando los cinco años de horizonte del estudio; con una tasa de rentabilidad del 58.00%, la viabilidad financiera es muy buena, con una recuperación de la inversión y costos operacionales a los 4.4 años.

Recomendaciones

- Se recomienda una distribución de sufijos y comunidades para la configuración en rutas internacionales tanto con protocolo IBGP y eBGP de al menos 53 túneles tráfico internacional en los sistemas autónomos AS 26000, 27000 y 28000 se sugiere ante cualquier nuevo requerimiento se consideró en el presente estudio un crecimiento del 50% en capítulo 3 numeral 3.3.1, para futuras ampliación y realizar nuevos análisis de los requerimientos de dimensionamiento y diseños.
- Se recomienda contratar un soporte técnico por parte del fabricante cisco internacional por 365 días 24 horas al día 7 días semana en caso de defectos de fabricación, repuestos, daños eléctricos, configuraciones, solución de fallas, luego de cumplida la garantía técnica de fábrica que garantiza el equipamiento por 1 año de fábrica.
- Se recomienda el sistema de gestión CISCO que soporte al menos 2000 NE (Network Elements) para la gestión de todos los routers y switch en la red MPLS de acceso en provincias y cantones para un monitoreo continuo y detección de fallas.
- Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo en cada nodo al menos cada seis meses.

BIBLIOGRAFÍA

- Cisco. (2015). *CCNA Routing and Switching*. Recuperado el 15 de agosto de 2016, de https://www.netacad.com/es/courses/ccna/
- Cisco System Inc. (2014)- *Deploying Cisco Srvice Provider Network Routing (SPROUTE), Estado Unidos,* California, folleto digital PDF.
- CNT-EP. (2016). *Planes y costos de servicios asimétricos de Internet*. Recuperado el 08 de septiembre de 2016, de https://www.cnt.gob.ec/Internet/planes-corporativos/
- Cisco System Inc. (2016)- Cisco ASR 9000 Series Aggregation Services Router L2VPN and Ethernet Services Configuration Guide http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/routers/asr9000/software/asr9k_r4-1/lxvpn/configuration/guide/lesc41/lesc41lbun.pdf
- WEB: LACNIC LACNIC, el Registro de Direcciones de Internet para América Latina y Caribe http://www.lacnic.net/web/lacnic/acerca-lacnic;jsessionid=ho8Udjkcb-ipmyk6J4XJtwSU.undefined
- Cisco System Inc. (2016) Configure the Cisco Fabric Border Provider Edge Feature for VXLAN EVPN Fabric https://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/switches/nexus-7000-series-switches/white-paper-c11-737109.pdf
- MPLS L3 VPN White Paper http://www.ashburnconsulting.com/network-engineering/mpls-l3-vpn-white-paper/
- Cisco datasheet routers cisco modelo 7609 Series Routers (2017)_ Cisco Systems, Inc., California EEUU:

http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/routers/7600/Hardware/Chassis_Installation/OSR_7609_Router_Installation_Guide/osrouter/osr_over.html#wp1048235

- ASR 9000 VPLS Label Switched Multicast (LSM) Overview and Configuration Example Referencia: https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/routers/asr-9000-series-aggregation-services-routers/117570-configure-vpls-00.html#anc13.
- Referencia página Web Claro: http://www.claro.com.ec/personas/app/solicitud-producto-Internet-fijo/.
- Referencia página Web Movistar: https://www.movistar.com.ec/.
- Referencia página Web CNT: página web: https://www.cnt.gob.ec

ANEXOS

Anexo 1: Datasheet de Router cisco ASR 9010.

Anexo 2: Cronograma del presente estudio de diseño.

Anexo 3: Ejemplos configuración protocolo ruteo exterior entre AS-AS eBGP para las zonas 1,2 y 3.

Anexo 4: Ejemplos configuración protocolo IS-IS ruteo interior en el mismo sistema autónomo para las zonas 1,2 y 3 a través red MPLS.

Anexo 5: Ejemplos configuración túneles MPLS TE ruteo interior en el mismo sistema autónomo para las zonas 1,2 y 3 a través red MPLS.