

Compilatio informa de las tasas de similitudes recuperadas. No son tasas de plagio. La puntuación por sí sola no permite interpretar si las similitudes encontradas son plagiadas o no. Consulte el informe de análisis detallado para interpretar el resultado.

Similitudes del documento :

 4%

Similitudes de las partes 1 :

 3%





ANALIZADO EN LA CUENTA

Apellido :	De Ingeniería y Gestión
Nombre :	Facultad
E-mail :	fig@untels.edu.pe
Carpeta :	V PROGRAMA TSP ELECTRONICA

INFORMACIÓN SOBRE EL DOCUMENTO

Autor(es) :	No disponible
Título :	07 - tsp final.pdf
Descripción :	No disponible
Analizado el :	12/01/2022 01:05
ID Documento :	hnbouy5c
Nombre del archivo :	07 - TSP Final.pdf
Tipo de archivo :	pdf
Número de palabras :	6 763
Número de caracteres :	46 069
Tamaño original del archivo (kB) :	4 114.68
Tipo de carga :	Entrega manual de los trabajos
Cargado el :	11/01/2022 20:42

FUENTES ENCONTRADAS

 Fuentes muy probables :	20 fuentes
 Fuentes poco probables :	49 fuentes
 Fuentes accidentales :	77 fuentes
 Fuentes descartadas :	0 fuente

SIMILITUDES ENCONTRADAS EN ESTE

DOCUMENTO/ESTA PARTE

Similitudes idénticas :	2%
Similitudes supuestas :	<1%
Similitudes accidentales :	<1%

TOP DE FUENTES PROBABLES - ENTRE LAS FUENTES PROBABLES

Fuentes

1.  Documento: tbjy6x4k - Documento confidencial de otro usuario

Similitud

 <1%

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ARQUITECTURA DE RED
REDUNDANTE EMPLEANDO BALANCEO DE CARGA MEDIANTE
LOS PROTOCOLOS BGP y OSPF PARA OPTIMIZAR LA RED
REGIONAL DE LIMA”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

JIMENEZ DONAYRE, SANTIAGO DANTE

ORCID: 0000-0002-1155-5859

ASESOR

MACHUCA MINES, JOSÉ AMBROSIO

ORCID: 0000-0002-7069-7654

Villa El Salvador

2021



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

Siendo las **14:45 horas** del día domingo **12 de diciembre del 2021**, y debido a la emergencia sanitaria y aislamiento social por el COVID-19, se reunieron vía google meet (<https://meet.google.com/xwj-wues-mzu>), los miembros del Jurado Evaluador del Trabajo de Suficiencia Profesional integrado por:

Presidente	: DR. PALOMARES ORIHUELA, Ricardo John	CIP N° 105002
Secretario	: MG. VILLEGAS CHUNGA, Pablo Andrés	CIP N° 199274
Vocal	: MG. ILLESCA CANGALAYA, Omar Felix	CIP N° 236660

Designados con RESOLUCIÓN DE FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN N° 432-2021-UNTELS-CO-V.ACAD-FIG, de fecha 09 de Diciembre del 2021.

Se da inició al acto público de sustentación y evaluación del Trabajo de Suficiencia Profesional, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones, bajo la modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional. (Resolución de Comisión Organizadora N° 126-2021-UNTELS de fecha 06 de agosto del 2021, en la cual se APRUEBA el "Reglamento, Directiva, Cronograma y Presupuesto del V Programa de la Modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur", siendo que el Art. 4° del precitado Reglamento establece que: "La Modalidad de Titulación prevista consiste en la presentación, aprobación y sustentación de un Trabajo de Suficiencia Profesional que dé cuenta de la experiencia profesional y además permita demostrar el logro de las competencias adquiridas en el desarrollo de los estudios de pregrado que califican para el ejercicio de la profesión correspondiente. Quienes participen en esta modalidad no podrán tramitar simultáneamente otras modalidades de titulación. Además, los participantes inscritos en esta modalidad, deberán acreditar 02 años de experiencia laboral, de acuerdo a lo establecido en la Resolución N° 174-2019-SUNEDU/CD y al anexo 1 sobre Glosario de Términos en el punto veinte (20)...", en el cual;

El Bachiller: **JIMENEZ DONAYRE, SANTIAGO DANTE**

Sustentó su Trabajo de Suficiencia Profesional: **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ARQUITECTURA DE RED REDUNDANTE EMPLEANDO BALANCEO DE CARGA MEDIANTE LOS PROTOCOLOS BGP y OSPF PARA OPTIMIZAR LA RED REGIONAL DE LIMA"**

Concluida la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, se procedió a la calificación correspondiente según el siguiente detalle:

Condición **Aprobado por Unanimidad**, Equivalencia **Bueno**, de acuerdo al Art. 65° del Reglamento General para el Otorgamiento de Grado Académico y Título Profesional de la UNTELS, vigente.

Siendo las **15:30 horas** del día domingo 12 de diciembre del 2021, se dio por concluido el acto de sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, firmando la presente acta los miembros del Jurado Evaluador.

Dr. Ricardo John Palomares Orihuela
CIP N°105002
PRESIDENTE

Mg. Pablo Andrés Villegas Chunga
CIP N°199274
SECRETARIO

Mg. Omar Félix Illesca Cangalaya
CIP N°236660
VOCAL

PARTICIPANTE
Bachiller: **SANTIAGO DANTE JIMENEZ DONAYRE**

Nota: Art. 14°.- La sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional se realizará en un acto público y conservando las medidas de distanciamiento social y de emergencia sanitaria. De faltar algún miembro del Jurado, la sustentación procederá con los dos integrantes presentes. En caso de ausencia del Presidente del Jurado, asumirá la presidencia el docente de mayor categoría y antigüedad. En caso de ausencia de dos o más miembros del Jurado, la sustentación será reprogramada durante los cinco (05) días siguientes.



**ACTA FINAL DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA
PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

Siendo las **14:45 horas** del día domingo **12 de diciembre del 2021**, y debido a la emergencia sanitaria y aislamiento social por el COVID-19, se reunieron vía google meet (<https://meet.google.com/xwj-wues-mzu>), los miembros del Jurado Evaluador del Trabajo de Suficiencia Profesional integrado por:

Presidente	: DR. PALOMARES ORIHUELA, Ricardo John	CIP N° 105002
Secretario	: MG. VILLEGAS CHUNGA, Pablo Andrés	CIP N° 199274
Vocal	: MG. ILLESCA CANGALAYA, Omar Felix	CIP N° 236660

Designados con RESOLUCIÓN DE FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN N° 432-2021-UNTELS-CO-V.ACAD-FIG, de fecha 09 de Diciembre del 2021.

Concluida la Sustentación del Trabajo de Actualidad, se procede a registrar la nota obtenida en la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional.

BACHILLER EVALUADO (A): JIMENEZ DONAYRE, SANTIAGO DANTE

Nota de sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional	Condición	Equivalente
15	Aprobado por Unanimidad	Bueno

Dr. Ricardo John Palomares Orihuela
CIP N°105002
PRESIDENTE

Mg. Pablo Andrés Villegas Chunga
CIP N°199274
SECRETARIO

Mg. Omar Felix Illesca Cangalaya
CIP N°236660
VOCAL

Nota: Art. 14°. - La sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional se realizará en un acto público y conservando las medidas de distanciamiento social y de emergencia sanitaria. De faltar algún miembro del Jurado, la sustentación procederá con los dos integrantes presentes. En caso de ausencia del Presidente del Jurado, asumirá la presidencia el docente de mayor categoría y antigüedad. En caso de ausencia de dos o más miembros del Jurado, la sustentación será reprogramada durante los cinco (05) días siguientes.

DEDICATORIA

A mis padres Esbelia Donayre Breña y Percy Jimenez Arnao por su apoyo, motivación y ejemplo que me han permitido ser una persona de bien. A mi novia Zulma Mata Alvarez por su paciencia, motivación y apoyo incondicional. A mis familiares en especial a mi tía María Breña Salazar por su apoyo y amor incondicional.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento al Ing. Ricardo Palomares por compartir sus conocimientos y a mi asesor el Ing. José Machuca por sus sabios consejos y orientación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
LISTADO DE FIGURAS	VI
LISTADO DE TABLAS	VIII
RESUMEN	IX
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES	2
1.1. Contexto.....	2
1.2. Delimitación del proyecto	3
1.2.1. Espacial	3
1.2.2. Temporal	3
1.3. Formulación de Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes	5
2.1.1. Antecedentes Nacionales	5
2.1.2. Antecedentes Internacionales	6
2.2. Bases teóricas.....	8
2.2.1. Protocolos de enrutamiento dinámico.....	8
2.2.2. Protocolo OSPF.....	9
2.2.3. Protocolo BGP.....	11
2.2.4. Protocolo MPLS.....	14
2.2.5. Balanceo de carga.....	21
2.2.6. Protocolo IS-IS.....	24

2.3. Definición de términos básicos.....	24
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL.....	27
3.1. Determinación y análisis del problema.....	27
3.1.1. Definición del problema	27
3.2. Modelo de solución propuesto	28
3.2.1. Descripción del proyecto	28
3.2.2. Análisis de Red Regional de Lima	28
3.2.3. Diseño e implementación de la Red Regional de Lima	32
3.3. Resultados	39
3.3.1. Trayectoria del tráfico de la información en la red regional de transporte de Lima.....	39
3.3.2. Balanceo de carga.....	42
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXOS	57
ANEXO 1: Configuración VLL y VPLS – Ruta primaria	57
ANEXO 2: Configuración VLL y VPLS – Ruta secundaria	59
ANEXO 3: Configuración de equipos distritales y core de acceso.....	61

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Enrutamiento de paquetes	8
Figura 2. Establecimiento de adyacencias	11
Figura 3. Despliegue de IBGP vs EBGP	12
Figura 4. Despliegue de iBGP full – mesh.....	13
Figura 5. Despliegue iBGP con Route – Reflector	14
Figura 6. Encabezado de paquete MPLS.....	15
Figura 7. Componentes de una red MPLS	16
Figura 8. Operación del protocolo MPLS	18
Figura 9. Red VPN – MPLS sobre capa 3.....	20
Figura 10. LSPs paralelos en una red MPLS	22
Figura 11. Clases de tráfico definidos en MATE	23
Figura 12. Diagrama del modelo de solución propuesto	28
Figura 13. Topología lógica de red regional de transporte	30
Figura 14. Topología lógica actual de la red regional de transporte.....	31
Figura 15. Topología lógica de red regional de acceso.....	32
Figura 16. Topología lógica principal y secundaria	33
Figura 17. Conexión entre red de transporte y red comercial Claro	34
Figura 18. Conexión principal entre equipos core Huacho y POLO 2	35
Figura 19. Conexión secundaria entre equipos core Huacho y POLO 2	36
Figura 20. Topología lógica propuesta de la red regional de transporte	37
Figura 21. Topología lógica de grupo Cañete - Yauyos y Cajatambo - Oyón. .	37
Figura 22. Prueba desde equipo agregador San Vicente de Cañete	40
Figura 23. Prueba desde equipo agregador Yauyos	40
Figura 24. Prueba desde equipo agregador Cajatambo.....	41
Figura 25. Prueba desde equipo agregador Oyón	41
Figura 26. Prueba desde equipo agregador Matucana	42
Figura 27. Tabla de enrutamiento de equipo LIM-APAS-DIST-ATN910C.....	49
Figura 28. Enrutamiento en VRF 10090 de LIM-APAS-DIST-ATN910C	49
Figura 29. Enrutamiento en VRF 10091 de LIM-APAS-DIST-ATN910C	50
Figura 30. Enrutamiento en VRF 10093 de LIM-APAS-DIST-ATN910C	50
Figura 31. Enrutamiento en VRF 250 de LIM-APAS-DIST-ATN910C	51
Figura 32. Velocidad promedio en equipo core usando VLAN 1030	51
Figura 33. Velocidad promedio en equipo core usando VLAN 1086.....	52

Figura 34. Velocidad promedio en equipo core usando VLAN 1100	52
Figura 35. Velocidad promedio en equipo core usando VLAN 1101	52

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Consumo de ancho de banda de equipo LIM-PACCHO	43
Tabla 2. Consumo de ancho de banda de equipo LIM-CORCONA	44
Tabla 3. Consumo de ancho de banda de equipo LIM-CHOCOS	45
Tabla 4. Consumo de ancho de banda de equipo LIM-LACHAQUI	46
Tabla 5. Consumo de ancho de banda de equipo LIM- ANDAJES	47
Tabla 6. Consumo de ancho de banda de equipo LIM-ZUNIGA	47
Tabla 7. Consumo de ancho de banda de equipo LIM-SURCO.....	48
Tabla 8. Consumo de ancho de banda de equipo LIM-SUPE	48

RESUMEN

El presente trabajo de titulación consiste en el diseño e implementación de una arquitectura de red redundante empleando balanceo de carga mediante los protocolos BGP y OSPF en la red regional de Lima, realizado durante la estadía en la empresa HUAWEI PERU, encargada del proyecto, a solicitud de la empresa AMÉRICA MÓVIL, debido a la falta de confiabilidad y optimización que presenta la red, puesto que no presenta una ruta alterna para la transmisión de los servicios de telecomunicaciones hacia los equipos de red core del centro de datos (datacenter) de la red de acceso regional, así mismo no se aprovecha la capacidad total de la red, al usar un solo equipo de red core de acceso para la transmisión de la información hacia los equipos distritales, causando a largo plazo problemas de saturación al dirigir toda la información hacia solo un equipo de red core.

Para el diseño e implementación de la solución propuesta, se analizó el funcionamiento de la red regional de Lima, para luego proponer el diseño más apropiado emplenado servicios L2VPN VLL y VPLS en la red regional de transporte con el fin de habilitar la interconectividad, por una ruta principal y secundaria, entre los equipos distritales y core de la red regional de acceso, así mismo los protocolos OSPF y BGP para habilitar el balanceo de carga, entre los mismos. Al culminar la implementación, se analizaron 8 equipos distritales y ambos equipos core de la red regional de acceso, además se realizaron pruebas con el comando tracert, en los equipos de la red regional de transporte, para verificar la trayectoria del tráfico de información.

De los resultados obtenidos, se observa que toda la información se transmite simultáneamente por ambos equipos core de acceso, por la ruta principal, validando el balanceo de carga y manteniendo la ruta secundaria como reserva, así también que toda la información es dirigida desde los equipos agregadores hacia los equipos core situados en Huacho, para ser transmitidos a su destino final.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la red regional de Lima es uno de los proyectos del estado, promovido por el organismo PRONATEL, con mayor relevancia en nuestro país, debido a que el objetivo consiste en incrementar el acceso a servicios de telecomunicaciones en las zonas rurales de Lima, con el fin de contrarrestar la brecha digital existente beneficiando a instituciones públicas (dependencias policiales, centros de salud, locales escolares), así como a organizaciones privadas y personas o familias que residan en las localidades beneficiarias.

Por otra parte, el acceso a servicios de telecomunicaciones como la red Internet y telefonía móvil son unas de las herramientas más importantes para el desarrollo de actividades diarias de usuarios domésticos y empresas en la actualidad. En consecuencia, la disponibilidad de la red es de suma importancia debido a que dichas actividades necesitan de una conexión funcional continua y sin interrupciones capaz de minimizar cualquier tipo de fallo que pueda afectar el acceso a tales servicios.

Este proyecto propone el diseño e implementación de una arquitectura de red redundante capaz de brindar una alta disponibilidad a la transmisión de los servicios de telecomunicaciones brindados por la red regional de acceso de Lima, mediante la aplicación del protocolo MPLS para brindar interconectividad entre los equipos distritales distribuidos en la región de Lima y los equipos core de acceso ubicados en el centro de datos (datacenter), por una ruta principal y otra secundaria que se utiliza como reserva, en caso de fallar la ruta principal, mediante la RDNFO. A sí mismo, mediante la aplicación de balanceo de carga usando los protocolos OSPF y BGP se transmite la información hacia ambos equipos core simultáneamente, de esta manera se optimiza el uso de los recursos actuales de la red.

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1. Contexto

Actualmente, la empresa proveedora de tecnología de telecomunicaciones HUAWEI es la encargada del diseño e implementación de la red regional de Lima para la empresa AMÉRICA MÓVIL, asimismo esta realiza la operación, mantenimiento y puesta en servicio de la red. Como profesional en el área de Datacom de la empresa HUAWEI y parte del equipo asignado al presente proyecto, se tuvo participación tanto en el diseño como en la implementación de la solución propuesta.

La red regional de Lima es uno de los proyectos del Estado con mayor relevancia en nuestro país, debido a que tiene por objetivo principal aumentar y mejorar el acceso a servicios de telecomunicaciones en las zonas rurales de Lima con el fin de contrarrestar la gran brecha digital que existe hoy en día. Además, el acceso a servicios de telecomunicaciones como la Internet y telefonía móvil son unas de las herramientas más importantes para el desarrollo de actividades diarias de usuarios domésticos y empresas tanto públicas como privadas.

Por otra parte, en la red de acceso regional de Lima no se tiene una ruta alterna para la transmisión de los servicios de telecomunicaciones hacia los equipos de red core del centro de datos (datacenter), así mismo se presentan diversos problemas de optimización en los protocolos OSPF y LDP que se ejecutan en los equipos de acceso.

En consecuencia, debido a las problemáticas antes descritas y por solicitud de la empresa AMÉRICA MÓVIL, se diseñó e implementó una arquitectura de red redundante que permita transmitir la información de la red de acceso regional de Lima hacia el centro de datos (datacenter) mediante una ruta principal y otra secundaria que se mantenga como reserva. De esta manera, ante un fallo en la transmisión de la información mediante la ruta principal, esta es conmutada hacia

la ruta de reserva minimizando el impacto en la interrupción del servicio. Así mismo, con la implementación de la nueva arquitectura de red, se optimiza las sesiones OSPF y LDP visualizadas en el actual diseño de red. Así también, la implementación de balanceo de carga mediante los protocolos OSPF y BGP, permite transmitir la información hacia ambos equipos de red core en el centro de datos (datacenter) simultáneamente, de esta manera se tiene una mayor optimización en el uso de los recursos actuales de la red.

1.2. Delimitación del proyecto

1.2.1. Espacial

El presente proyecto se implementó en la actual red regional de Lima, que abarca las provincias de Barranca, Cajatambo, Canta, Cañete, Huaral, Huarochirí, Huaura, Oyón y Yauyos.

1.2.2. Temporal

El proyecto se desarrolló en un periodo aproximado de 3 meses, abarcando la etapa de planeamiento e implementación, a partir del mes de junio hasta el mes de agosto del año 2021.

1.3. Formulación de Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar e implementar una arquitectura de red redundante empleando balanceo de carga mediante los protocolos BGP y OSPF que permita optimizar la red regional de Lima.

1.3.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos se formulan de la siguiente manera:

- O1. Diseñar un sistema de costos del protocolo IS-IS para direccionar el tráfico de la información en la red regional de transporte de Lima hacia los equipos core situados en Huacho.

O2. Diseñar un sistema de interconexión entre los equipos routers de acceso y core usando tecnología VPN - MPLS para dirigir el tráfico de la información por una ruta principal y secundaria mediante la red comercial de Claro y la RDNFO.

O3. Implementar la configuración en los equipos de la red regional de transporte y acceso de Lima.

O4. Validar la trayectoria del tráfico de la información en la red regional de transporte de Lima hacia los equipos core situados en Huacho y el funcionamiento del sistema de balanceo de carga en la red regional de acceso de Lima.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Para este proyecto se ha hecho un estudio de distintos trabajos que guardan relación a la solución propuesta, obteniendo conclusiones relacionadas al objetivo del mismo.

2.1.1. Antecedentes Nacionales

Muñoz, J. (2017) en su tesis titulada: “Implementación de balanceo de carga de internet con MIKROTIK en la dirección de Red de Salud Conchucos Sur – Huari” Universidad Católica los Ángeles de Chimbote, Chimbote., se propone la implementación de una solución de balanceo de carga con tecnología MIKROTIK que optimiza el acceso a Internet y recursos de cada computador según las funciones independientes que se establecen por área en la Dirección de Red de Salud Conchucos Sur – Huari. El autor concluye lo siguiente:

- Se priorizó a los trabajadores que necesitan mayor ancho de banda para realizar sus labores cotidianas, logrando un mejor rendimiento laboral.
- Se redujo el tiempo que lleva realizar las tareas cotidianas de los trabajadores, permitiendo mejorar el proceso de atención al público.

Choque, M., y Jallo, T. (2020) en su tesis titulada: “Balanceo de carga y calidad de servicio sobre dispositivos MIKROTIK para el acceso a INTERNET en la Municipalidad Provincial de Puno” Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Puno., se propone la implementación de una solución de balanceo de carga con tecnología MIKROTIK para determinar en qué medida se optimiza el acceso a INTERNET en la Municipalidad Provincial de Puno. Los autores concluyen lo siguiente:

- El uso de balanceo de carga y QoS descrito en este estudio mejora efectivamente el acceso a Internet en la Municipalidad Provincial de Puno.
- Los resultados de latencia obtenidos para la aplicación de balanceo de carga y QoS pasa de estar en la categoría de bueno con una media de 225,3 ms a muy buenos, con una media de 127 ms.
- Los resultados de pérdida de paquetes fueron mejores que los obtenidos en la prueba anterior y variaron de media y buena con 6.25% a muy buenos con 0.55% de pérdida de paquetes.

Ramos, W. (2019) en su tesis titulada: “Modelo de red con tecnología MPLS para la mejora de la calidad de servicio en la red WAN de la Universidad Nacional de Huancavelica” Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica., se propone una investigación para determinar la influencia de un modelo de red MPLS en la calidad de servicio aplicado a la red WAN de la Universidad Nacional de Huancavelica. El autor concluye lo siguiente:

- Los resultados de delay y jitter con la tecnología MPLS es considerablemente mucho menor que la de tecnología IP.
- No hubo ninguna pérdida de porcentaje de paquetes con la tecnología MPLS y la tecnología IP, por tanto, ambas tecnologías IP y MPLS soportan de manera significativa la mejora de la calidad de servicio de conexión.

2.1.2. Antecedentes Internacionales

Orozco, F. (2014) en su tesis titulada: “Diseño de una red privada virtual con tecnología MPLS para la Carrera de Ingeniería de Networking de la Universidad de Guayaquil” Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil., se propone analizar las ventajas que traería a futuro la implementación de la tecnología MPLS – VPN entre la sede principal de la Universidad de Guayaquil y el departamento remoto de Ingeniería de Networking. Para ello se realizó una simulación, utilizando el software GNS3, de una red MPLS que habilite la conectividad entre una sucursal remota y una oficina central, además de comparar distintos fabricantes de equipos tecnológicos, eligiendo como marca principal CISCO. El autor concluye lo siguiente:

- La tecnología MPLS brinda fiabilidad y seguridad a la red, razón por la cual sus servicios son tan exigentes.

- Tecnología MPLS - VPN permitirá la provisión de servicios en línea y servicios de alta calidad para la comunicación entre la Universidad de Guayaquil y muchas carreras o departamentos académicos, que no se encuentren en la sede principal de la universidad.
- La tecnología MPLS - VPN brinda transmite eficientemente muchos servicios en diferentes formatos, lo que permite a la Universidad de Guayaquil brindar seguridad y alta calidad de servicio a toda la comunidad estudiantil.

Román, M. (2011) en su proyecto titulado: “Estudio y diseño de una red metro Ethernet sobre MPLS (Multiprotocol Label Switching) para el transporte de voz, datos y video para la Empresa Eléctrica Quito S. A.” Escuela Politécnica Nacional, Quito., se propone el diseño de una red escalable y confiable que cubra el Distrito Metropolitano de Quito con el objetivo de brindar una alta capacidad de transporte que permita el uso de aplicaciones de datos, voz y video (servicios triple play) entre las distintas subestaciones de la Empresa Eléctrica Quito S. A. El autor concluye lo siguiente:

- La principal ventaja que provee la tecnología MPLS (Multiprotocol Label Switching) se radica en la asignación de etiquetas insertadas en la cabecera de los paquetes, estas etiquetas tienen solamente significado local en los equipos conmutadores y son el motivo de la rapidez en la conmutación de paquetes sobre esta tecnología.
- La demanda de nuevas tecnologías orientadas a paquetes en las redes actuales ha aumentado debido a la necesidad de un mayor ancho de banda, así como al aumento de los servicios de red y el tráfico de datos en general. Para satisfacer estas necesidades, los proveedores de servicios están transformando sus redes WAN y MAN para adaptarse a la próxima generación de servicios.
- Dado que MPLS permite la implementación de mecanismos de ingeniería de tráfico diseñados para no sobrecargar las rutas óptimas reenviando paquetes a rutas alternativas, la red de la Empresa Eléctrica será mucho más eficiente, puesto que se podrá equilibrar el tráfico de información por diferentes rutas.

2.2. Bases teóricas

En esta sección se definen diversos temas relacionados al trabajo propuesto, con el fin de tener una debida comprensión de la problemática a abordar.

2.2.1. Protocolos de enrutamiento dinámico

Todos los protocolos de enrutamiento dinámico están diseñados en base a un algoritmo, el cual detalla los procedimientos para resolver un problema. Un algoritmo de enrutamiento debe precisar como mínimo: el procedimiento sobre cómo compartir información sobre rutas potenciales con otros dispositivos, qué hacer con la información de otros enrutadores, cómo determinar la ruta óptima y cómo responder a cambios en la topología de la red. (Paredes, 2021)

Como se observa en la figura 1, el router puede elegir la ruta más adecuada a través de la red entre varias opciones, conforme a la dirección destino, y lo envía al siguiente salto, el cual puede ser otro router o, finalmente, el dispositivo destino. El router establece una tabla de enrutamiento que registra todos los segmentos de red destino. Cada entrada de la tabla de enrutamiento muestra el segmento destino, distancia administrativa, protocolo, costo hasta el destino desde el punto de vista del router, la IP del siguiente salto y la interfaz de salida. Los protocolos de enrutamiento se pueden categorizar por área de trabajo, los cuales pueden ser Internos (IGP) o Externos (EGP), desde el punto de vista del Sistema Autónomo (AS). Se define el AS como un grupo de routers administrados por una misma organización. (Paredes, 2021)

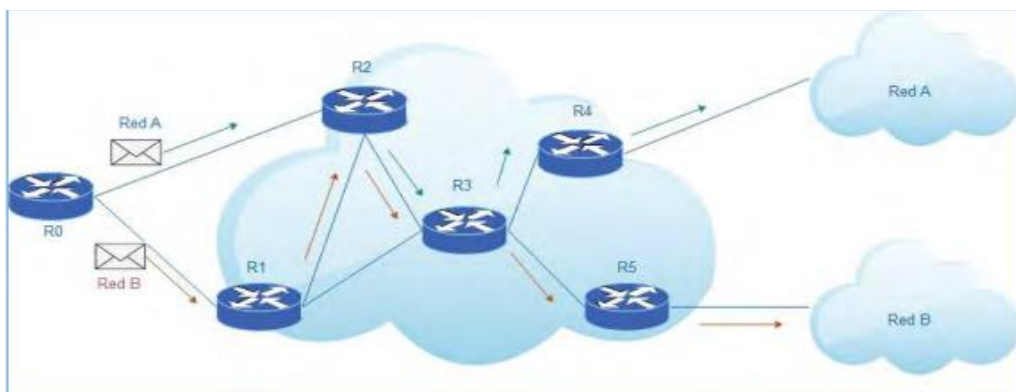


Figura 1. Enrutamiento de paquetes
Fuente. Paredes (2021)

2.2.2. Protocolo OSPF

A. Descripción

El protocolo Open Shortest Path First (OSPF) se define por el IETF en la RFC 2328 como un Protocolo de gateway interior del tipo “estado de enlace” usado para compartir información de enrutamiento dentro de un sistema autónomo. El estado del enlace describe en detalle las redes involucradas en el proceso OSPF, indicando el origen de la red, métricas entre otras variables que identifican cada enlace. OSPF usa el concepto de áreas para crear una jerarquía de red y una segmentación que mejora el tiempo de convergencia. Los equipos que forman parte del proceso OSPF, conocen la información sobre la topología OSPF que involucra el área a la cual pertenecen, y utilizan el algoritmo de Dijkstra para el cálculo de un camino sin bucles, para cada router en el área. (Odom, 2016)

B. Funcionamiento

Los anuncios de estado de enlace, o LSAs, son mensajes que utilizan los routers para entregar información de las redes involucradas en el proceso OSPF. Cada router que forma parte del proceso OSPF crea diferentes tipos de LSAs, cada uno basado en el origen del segmento de red. Los LSAs se pueden clasificar en seis tipos (Odom, 2016):

- Tipo 1: Los genera cada router para cada área a la que pertenece y describen las redes directamente conectadas al router. Se distribuyen solo dentro de un área específica.
- Tipo 2: Son generados por routers DR/BDR. Describen todos los routers conectados a una red determinada. Son distribuidos dentro del área que contiene la red.
- Tipo 3 o 4: Son generados por los routers de borde de área (ABR). Describen los enlaces que provienen de otras áreas. El tipo 4 describe las rutas hacia el equipo router de borde de sistema autónomo (ASBR).
- Tipo 5: Originados por el equipo ASBR. Describen rutas a destinos fuera del Sistema Autónomo (AS). Se distribuyen completamente excepto bajo configuraciones específicas.

El costo es la métrica utilizada por OSPF para el cálculo de la mejor ruta de un paquete a través de una red. A menor costo, mayor preferencia tendrá la ruta.

Como se observa en la ecuación 1, el costo de una interfaz (valor por defecto) es calculado de la siguiente manera (Ariganello, 2014):

$$costo = \frac{100000000 \text{ bps}}{V} \quad (1)$$

Donde:

- V : Velocidad o Ancho de banda (BW) en la interfaz

El equipo DR se utiliza para administrar la cantidad de adyacencias y la saturación con LSA en una red de acceso múltiple. En estas redes, el protocolo OSPF elige el DR para que sirva como punto de recolección y distribución de los mensajes LSAs enviados y recibidos. Asimismo, se selecciona un equipo BDR en caso de que el DR falle. El BDR mantiene una relación pasiva con todos los routers. Si el equipo DR deja de enviar paquetes de saludo, el equipo BDR asumirá la función de DR. Todos los otros equipos routers a excepción de DR y BDR se convierten en DROthers. En la figura 2, se observa al equipo R1 como router designado de la LAN Ethernet que interconecta al equipo R2, el R3 y el R4, reduciendo el número de adyacencias a 3. En una red de acceso múltiple, los routers eligen un DR y un BDR. Los equipos DROthers solo crean adyacencias completas con el DR y el BDR de la red. En lugar de saturar todos los routers de la red con LSA, los DROthers solo envían mensajes LSA al DR y el BDR por medio de la dirección de multidifusión 224.0.0.6 que reciben todos los routers DR. (Odom, 2016)

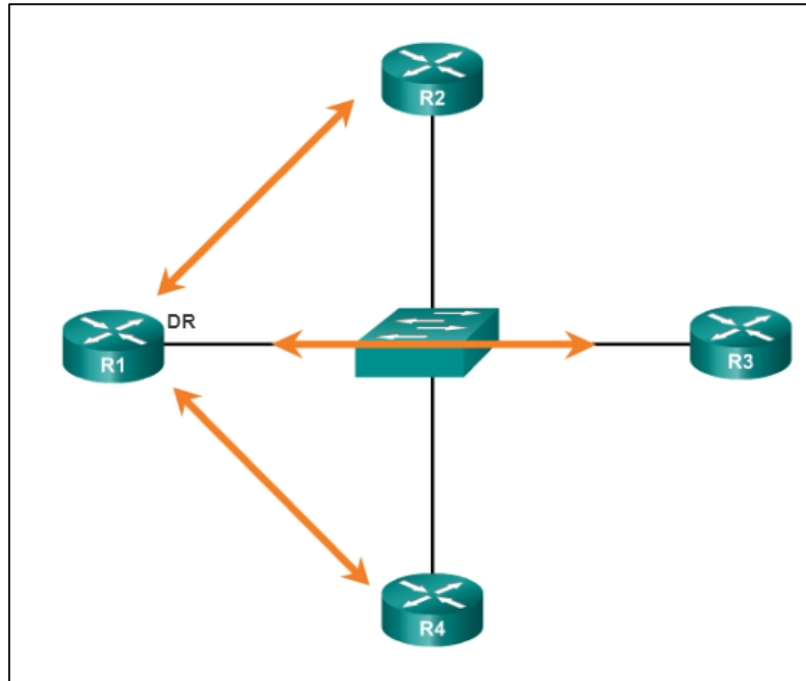


Figura 2. Establecimiento de adyacencias
Fuente: (Cisco Networking Academy Program, 2016)

2.2.3. Protocolo BGP

A. Descripción

Border Gateway Protocol (BGP) es un protocolo de enrutamiento dinámico usado entre sistemas autónomos. BGP es ampliamente utilizado por los proveedores de servicio de internet y actualmente se utiliza la versión BGP-4, la cual presenta las siguientes características (Paredes, 2021):

- Se centra en controlar y elegir la mejor ruta entre ASs, pero no en el descubrimiento o la convergencia de redes.
- El uso de TCP con puerto destino 179, que mejora la confiabilidad de BGP.
- Soporte para Classless Inter-Domain Routing (CIDR).
- Solo transmite rutas actualizadas, lo que reduce el consumo de ancho de banda al distribuir dicha información. Por lo tanto, BGP se puede aplicar al intercambio de rutas de Internet, donde se transmiten un gran número de rutas.

B. Modos de operación

En la figura 3, se presentan los dos modos de funcionamiento del protocolo BGP de acuerdo a la función en el Sistema Autónomo: iBGP cuando se emplea en un AS, y eBGP cuando se emplea entre ASs. (Paredes, 2021)

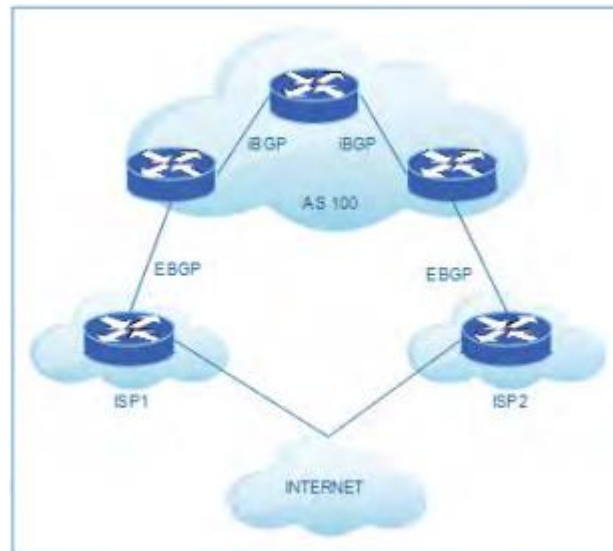


Figura 3. Despliegue de iBGP vs eBGP
Fuente: Paredes (2021)

C. Atributos

Los atributos BGP son un conjunto de variables que caracterizan una ruta BGP. Mediante estos atributos, pueden aplicarse filtros y selección de rutas. Estos atributos pueden clasificarse de la siguiente manera (Paredes, 2021):

- Well-known mandatory: Este tipo de atributos se identifican por todos los routers, y deben incluirse en los mensajes update.
- Well-known discretionary: Este tipo de atributos se identifican por todos los routers, pero se incluyen opcionalmente en los mensajes update.
- Optional transitive: Estos mensajes se intercambian entre sistemas autónomos. Un router BGP podría o no reconocer este atributo, pero lo acepta y lo reenvía hacia otros equipos vecinos.
- Optional non-transitive: Si el router BGP no reconoce este tipo de atributo, no lo advierte hacia otros equipos vecinos.

Los atributos más conocidos son (Paredes, 2021):

- AS-Path: Este atributo almacena de forma organizada todos los ASs atravesados por una determinada ruta.
- MED: Este atributo es transmitido únicamente entre 2 ASs conectados. El AS que recibe una ruta con MED no la envía a un tercero. Es utilizado para afectar el tráfico procedente de ASs vecinos.
- Local-Pref: Este atributo indica la prioridad que posee una ruta BGP, y está disponible dentro de una red iBGP, no siendo enviada a otros ASs. Se utiliza para afectar el tráfico de salida de un AS.

D. Route – Reflector

El protocolo BGP utiliza TCP para establecer sesiones. En una red iBGP, todos los elementos deben establecer sesiones entre todos los elementos. Este escenario afecta la escalabilidad de la red, puesto que cada elemento nuevo que ingrese a la red, deberá establecer sesiones con cada uno de los elementos ya desplegados como se muestra en la figura 4, donde se establecen 6 sesiones iBGP en una red de cuatro elementos. (Paredes, 2021)

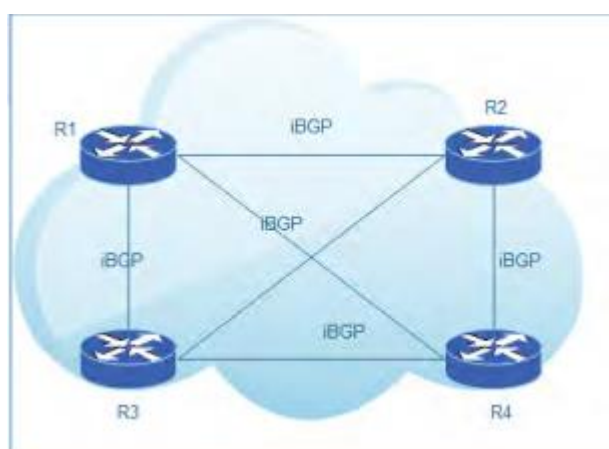


Figura 4. Despliegue de iBGP full – mesh
Fuente: Paredes (2021)

El uso de la técnica de Route-Reflectors puede solucionar el problema, como se observa en la figura 5. En un AS, un router funciona como RouteReflector (RR) y otro funciona como cliente. Los clientes establecen sesiones iBGP con los RRs y el RR reenvía las rutas hacia los clientes, por tal razón no es necesario establecer sesiones iBGP entre clientes. También se permite las sesiones con elementos que no sean clientes. (Paredes, 2021)

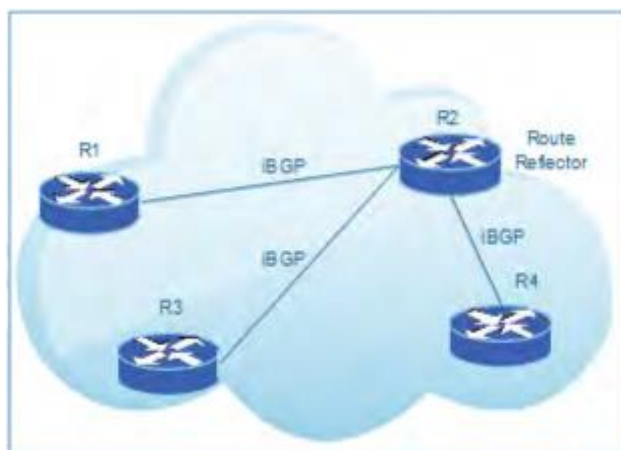


Figura 5. Despliegue iBGP con Route – Reflector
Fuente: Paredes (2021)

2.2.4. Protocolo MPLS

A. Descripción

MPLS (Multiprotocol Label Switching) es una arquitectura de red que asegura QoS mediante la conmutación por etiquetas simplificando, en gran medida, la conmutación de paquetes. Este modelo de red surgió del trabajo compartido entre la IETF y los fabricantes, como Cisco System, Toshiba, Ipsilon e IBM, para mejorar la conexión entre la capa de Enlace (ATM) y la capa de Red (IP), Frame Relay, PPP) del modelo OSI. (Velasquez, 2017)

Según el modelo OSI, MPLS se ubica entre las capas 2 y 3, es decir, opera entre la capa de enlace de datos y la capa de red del modelo OSI. Está diseñado para proporcionar servicios de transmisión de datos a redes basadas en circuitos y en paquetes. Además, se puede utilizar para transmitir varios tipos de tráfico, incluido el tráfico de voz y los paquetes IP. (Velasquez, 2017)

Al explicar las propiedades y la utilidad del protocolo MPLS, se puede presentar como un sustituto de la conocida arquitectura IP sobre ATM, conocido como un protocolo para hacer túneles (sustituyendo a las técnicas habituales de “tunneling”), o bien, como una técnica con el propósito de acelerar el encaminamiento de paquetes. El estándar MPLS se creó a partir de la necesidad de proporcionar a las redes IP nuevas capacidades, permitir mejoras y nuevas funcionalidades, destacando (Velasquez, 2017):

- Ingeniería de tráfico.
- Mecanismos de protección y recuperación frente a fallos.

- Redes privadas virtuales.
- QoS y CoS para servicios que requieren flujos de datos en tiempo real.
- Integración de las redes IP con distintas tecnologías de nivel 2.

Además presenta una serie de características fundamentales (Velasquez, 2017):

- Aplicable a cualquier protocolo de capa de red, e independiente de la capa de enlace empleada.
- El reenvío (forwarding) de los paquetes se realiza basándose en etiquetas con las que estos son marcados. Las etiquetas contienen información de encaminamiento y atributos de servicio.
- Desacoplamiento de la función de reenvío con la de encaminamiento (routing).
- Dos niveles funcionales en la red: frontera (edge) y núcleo (core).

B. Estructura

La estructura MPLS acelera el transporte de paquetes IP, reemplazando el enrutamiento basado en las direcciones de capa 3 por una conmutación basada en etiquetas. Para ello, se inserta entre las cabeceras de los protocolos de capa 2 y capa 3 como se observa en la figura 6. La cabecera MPLS presenta 32 bits de longitud, divididos en cuatro campos, cada uno con una función específica. (Velasquez, 2017)

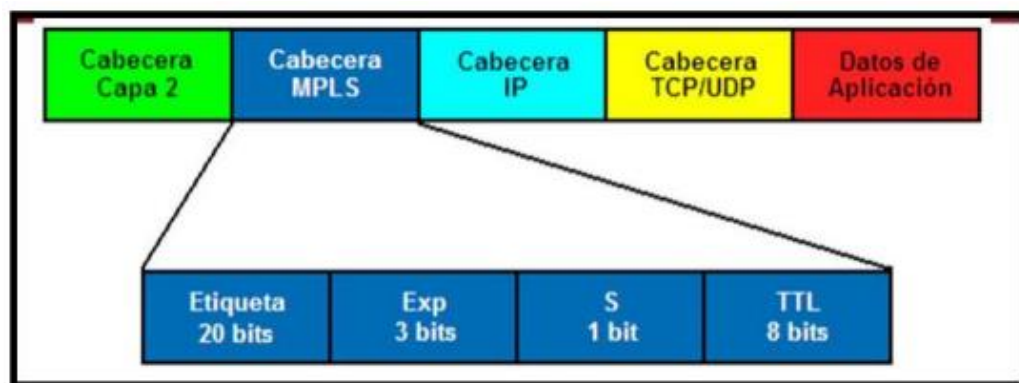


Figura 6. Encabezado de paquete MPLS
Fuente: Velasquez (2017)

Para comprender la tecnología MPLS es necesario conocer los siguientes términos (Luna, 2009):

- LSR (Label Switching Router): Admite los protocolos de intercambio de etiquetas empleando el protocolo de señalización de etiquetas apropiado, puesto que es un enrutador de alta velocidad en el centro de la red MPLS.

Permite reenvío de información a alta velocidad basado en las trayectorias establecidas. Además, los enrutadores LSR en MPLS se dividen según la dirección del flujo de datos, como enrutadores ascendentes (upstream, origen) o enrutamiento IP e interviene en el establecimiento de las trayectorias de enrutadores descendentes (downstream, destino).

- LER (Label Edge Router): Constituye el elemento de entrada y salida de la red MPLS como se muestra en la figura 7 y se encuentra en la frontera de esta. Se suele diferenciar entre el equipo de entrada (ingress) y el de salida (egress). La función que realiza en la entrada de la red es procesar los paquetes, seleccionarlos y aplicar la etiqueta que les corresponda, mientras que en la salida de la red se encarga de eliminar las etiquetas y reenviar los paquetes hacia el destino utilizando el reenvío de la capa 3.

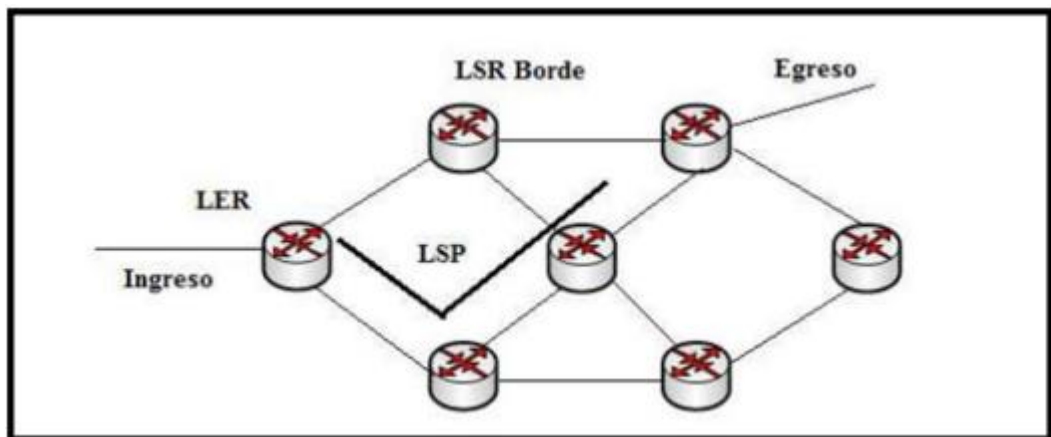


Figura 7. Componentes de una red MPLS
Fuente: Velasquez (2017)

- FEC (Forwarding Equivalent Class): Conjunto de paquetes que son tratados de igual manera en el proceso de reenvío, siguiendo la misma ruta con independencia de los destinos finales.
- NHLFE (Next Hop Label Forwarding Entry): Es una entrada a una tabla de envío en la que se señala la etiqueta del siguiente hop. Por ello, cuando un paquete entra a una red MPLS, se le fija un determinado FEC.
- Etiquetas MPLS: La etiqueta MPLS se utiliza para clasificar un paquete con respecto a la FEC a la que se asocia, puesto que es un identificador dentro de la cabecera de los paquetes. Esta asociación FEC-etiqueta puede no ser unívoca, dado que puede emplearse una misma etiqueta para diferentes FECs, o también pueden agruparse varias para la misma FEC (para realizar

reparto de carga, por ejemplo). La distribución de etiquetas se realiza mediante un protocolo de señalización o distribución de etiquetas, como LDP.

- LSP (Label Switched Path): Camino establecido entre los equipos PE de una red MPLS, con el fin de transmitir el tráfico de una misma FEC.
- LIB: Es parte del Plano de control cuya base de datos es usada por el LDP para división de etiquetas. Cuando esto ocurre los prefijos IP son agrupados con sus entradas de etiquetas locales y el próximo salto con la información adquirida anteriormente.

Según la definición de cada término, los equipos de entrada y salida denominados LSRs y LERs, respectivamente, son los de mayor importancia a la hora de definir la arquitectura MPLS. (Velasquez, 2017)

C. Protocolo LDP

La base del protocolo LDP es la RFC 5036. Todo LSR que admita el protocolo LDP debe mantener sesiones LDP con otros LSR o LER que operen de igual manera. En una sesión LDP se originan diversos tipos de mensajes con la finalidad de mostrar a otros enrutadores que el enrutador está activo, manteniendo actualizado dicho estado, anunciando prefijos nuevos y notificando eliminación de otros, solicitando etiquetas, entre otras funciones. Una de las funciones principales del protocolo LDP es encargarse de realizar el intercambio de etiquetas entre todos los elementos de red, además de mantener el dominio MPLS en coherencia. LDP utiliza el protocolo TCP y debe establecer una sesión con el vecino (o la dirección destino configurada manualmente), la cual al darse establece la conexión y se inicia una sesión LDP entre los LSR interesados. (Paredes, 2021)

D. MP-BGP y BGP/MPLS

La versión convencional de BGP-4 administra únicamente rutas del tipo IPv4 Unicast, y el intercambio de información de paquetes IPv6 y multicast es limitado. La IETF extendió las capacidades de BGP-4 a Multiprotol Extensions para BGP-4 (MP-BGP) y así tolerar múltiples protocolos de la capa de red, lo cual implica la extensión de los siguientes atributos opcionales no transitivos: MP_REACH_NLRI y MP_UNREACH_NLRI. (Paredes, 2021)

E. Modo de trabajo

Primero se establece un LSP entre los routers, los cuales van a transmitir el tráfico FEC. Luego, los LSPs hacen el papel de túneles de transporte e incorporan los parámetros QoS específicos del flujo, que sirven para indicar la cantidad de recursos a reservar para el LSP y las políticas de desecho y la cola de procesos en cada LSR. Para intercambiar información los router MPLS utilizan los protocolos LDP o TDP. Cada flujo de tráfico FEC es fijado a una etiqueta particular. La asignación de nombres y rutas se realiza manualmente o a través del protocolo empleado. (Velasquez, 2017)

Al ingresar al dominio MPLS, el Edge LSR establece los servicios de red que requiere. Luego, destina el paquete a una FEC y a un LSP particular, lo etiqueta y lo envía. En caso de no existir ningún LSP, el router de borde trabaja en conjunto con los demás LSRs para definirlo y cuando ya está en el dominio MPLS, en cada LSR que recibe el paquete se realizan los siguientes procesos (Velasquez, 2017):

- Se retira la etiqueta de entrada y se le añade la nueva etiqueta de salida al paquete.
- Se envía el paquete al siguiente LSR dentro del LSP.

Finalmente, el LSR de salida “abre” la etiqueta y lee el encabezado IP para enviarlo a su destino final, como se indica en la figura 8:

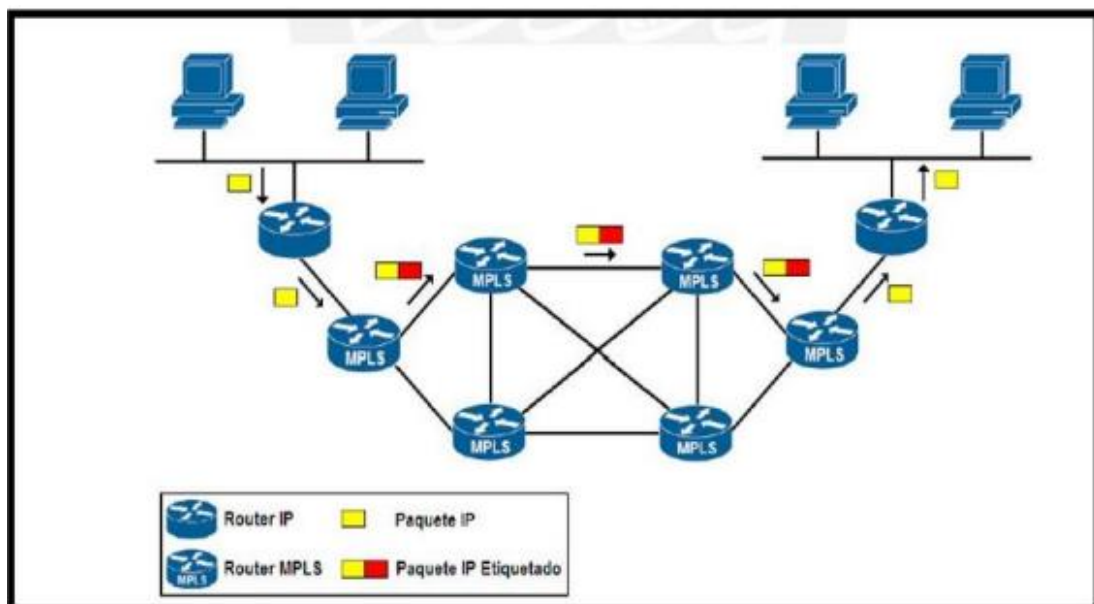


Figura 8. Operación del protocolo MPLS
Fuente. Velasquez (2017)

F. Aplicaciones de la red MPLS

La potencialidad de MPLS consiste en que ha generado una serie de aplicaciones desde la Ingeniería de Tráfico hasta Redes Privadas Virtuales (VPN), que hacen del concepto de convergencia una realidad. MPLS-VPN es un método flexible para transportar distintos tipos de tráfico de red utilizando una backbone MPLS. (Velasquez, 2017)

a. VPN – MPLS CAPA 3

Las VPN RFC 2547 basadas en capa 3, usan extensiones del protocolo BGP (Border Gateway Protocol), específicamente el multiprotocolo interno BGP (MP-iBGP); para la distribuir la información de ruteo dentro de la VPN o backbone proporcionado. Para el envío de tráfico sobre el backbone VPN, el estándar MPLS usa sus mecanismos (previamente discutidos). La arquitectura en redes virtuales MPLS de capa 3 consiste principalmente en un par de routers que son el PE (Provider Edge) y el CE (Customer edge), como se muestra en la figura 9. El router PE recibe información del router CE de los clientes que forman parte de la red privada que se encuentra detrás de este. En cambio, el router PE guarda información privada de ruteo, la cual es formulada mediante una tabla virtual de ruteo e información (Virtual Routing Forwarding table, VRF); cada VRF es esencialmente una red privada IP. El router PE mantiene y separa tablas VRFs por cada VPN, permitiendo así proveer un adecuado aislamiento y seguridad. Y a su vez cada usuario de una VPN tiene acceso únicamente a sitios o host que pertenecen a la misma VPN. Además de la tabla VRF, el router PE también guarda la información de ruteo normal que requiere para enviar tráfico a través de la red pública. (Cortés , 2005)

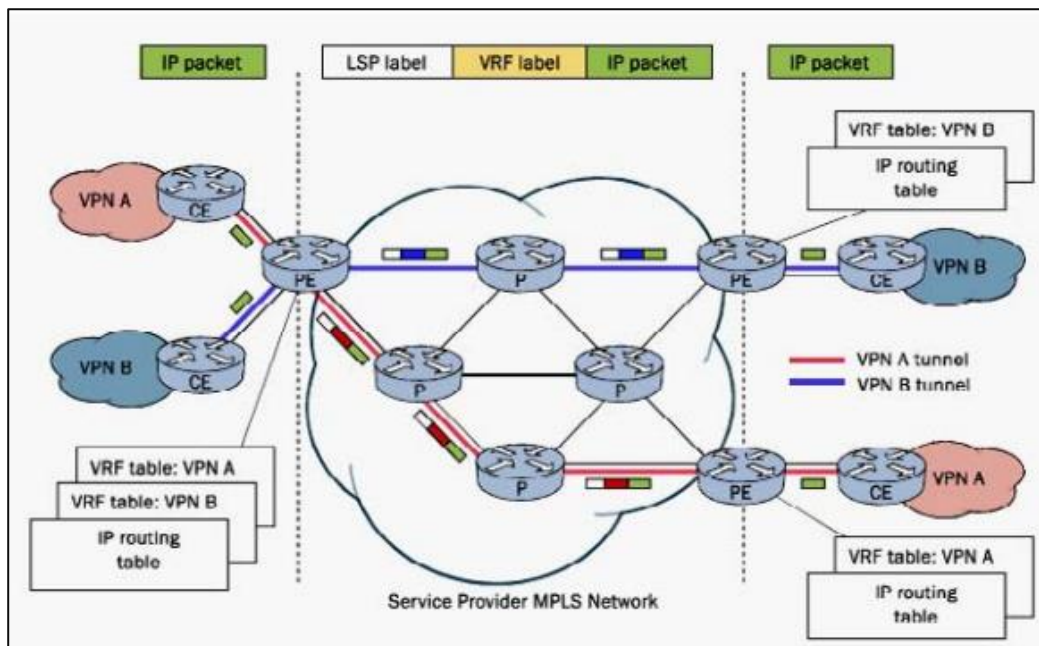


Figura 9. Red VPN – MPLS sobre capa 3

Fuente: Cortés (2005)

b. VPN – MPLS CAPA 2

En este tipo de redes, los routers PE y CE no requieren ruteo como las VPN de capa 3, pero sí necesitan que haya una conexión entre PE y CE para que así el router PE solo conmute el tráfico que ingresa hacia los túneles configurados de uno o más routers PE diferentes y pertenecientes a la misma red. (Cortés , 2005)

Actualmente el método Martini es el más desplegado en la industria y existen 2 tipos de VPN MPLS sobre capa 2 que se definen en tal metodología (Cortés , 2005):

- Punto a punto: Este tipo de servicio proporciona conectividad punto a punto entre dos sitios remotos. Se aplica el protocolo de señalización LDP.
- Multipunto: Acepta diferentes tipos de topologías. El servicio de LAN privada virtual (VPLS) emplea la capacidad de extender VLAN entre sitios. Se usa típicamente para conmutar tráfico de voz y video entre la sede principal y las sedes remotas. Se aplica el protocolo de señalización LDP.

2.2.5. Balanceo de carga

El Balanceo de Carga (Load Balancing), es una herramienta para mejorar el funcionamiento (en aspectos de delay, jitter y packet loss) y las prestaciones de la red. Así mismo, se emplea para asignar de forma adaptativa el tráfico a los enlaces de salida disponibles, comprendiendo regularmente un Divisor de Tráfico (Traffic Splitter) y múltiples enlaces de salida (Outgoing Links). (Black, 2001)

Se clasifican de forma aproximada en dos grupos principales (Bruce, 2008):

- Basados en conexión: Donde los flujos de datos se representan con un reducido número de parámetros, y se ven afectados totalmente según las decisiones de encaminamiento y reenvío de datos.
- Basados en paquetes: Se utiliza cuando la división de carga trabaja a nivel de paquete, la cual está bien ajustada a la naturaleza no orientada a conexión de las redes IP. Estos paquetes se envían de forma alternativa hacia los enlaces de salida disponibles.

Los requerimientos básicos que los esquemas de división de tráfico deben satisfacer para poder realizar balanceo de carga son (Bruce, 2008):

- Baja Sobrecarga: Deben contar con algoritmos de división de tráfico muy simples y de preferencia no tener estados o que estos sean mínimos, puesto que el procesamiento de cada paquete originaría demasiada sobrecarga.
- Alta Eficiencia: Una distribución de tráfico muy desigual, puede causar pérdida de ancho de banda y un uso poco uniforme del enlace.
- Conservar el orden de los paquetes en los flujos: Los paquetes mal ordenados en un flujo TCP pueden causar señales de congestión falsas y ocasionar una degradación del throughput.

Los algoritmos de balanceo de carga en MPLS se basan en que este es por naturaleza una tecnología de backbone para redes IP que conectará a varios ISP (Internet Service Provider). Debido a que entre los ISP's actuales hay múltiples trayectos con el propósito de asegurar un buen nivel de redundancia y tener un buen nivel de disponibilidad, los trayectos paralelos pueden aprovecharse para hacer una división adecuada del tráfico que ingresa en la red y dividirlo adecuadamente entre todos aquellos enlaces disponibles, como

se observa en la figura 10. (Bruce, 2008)

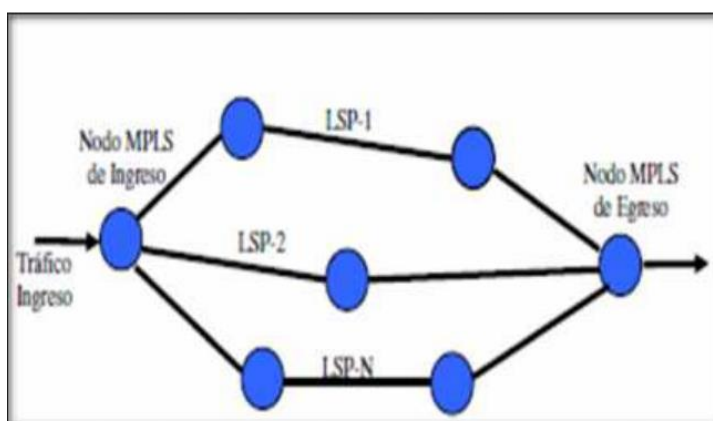


Figura 10. LSPs paralelos en una red MPLS
Fuente: Cortés (2005)

Los principales inconvenientes que dificultan lograr un adecuado balanceo de carga guardan relación con el algoritmo de encaminamiento que emplean, el cual fundamentalmente es el algoritmo del Camino más Corto (Shortest Path). Con este algoritmo, cada paquete buscara el camino con el menor números de saltos para alcanzar su destino, el cual es el mismo regularmente para todos los paquetes, así existan otros caminos con mayor número de saltos, pero de mayor velocidad. Esto degrada el funcionamiento de la red en aspectos como: la congestión producida en el enlace del camino más corto, disminución del valor del throughput efectivo de la red, entre otros. (Gray, 2001)

Respecto a las técnicas de balanceo de carga encontradas, destacan las siguientes:

- MPLS Adaptive Traffic Engineerin (MATE): Su objetivo principal es evitar la obstrucción en la red mediante el balanceo adaptativo de la carga entre múltiples trayectos, basado en medidas y análisis de la obstrucción. Algunas de sus características son (Castro, 2015):
 - Entre los nodos de ingreso y egreso habrá control extremo a extremo.
 - No es necesario nuevo hardware o protocolo en los nodos intermedios.
 - No se necesita conocer la demanda de tráfico.
 - Las decisiones de optimización se basan en la medida de congestión del trayecto.
 - Mínimo re-ordenamiento de paquetes.

La red MATE define Engineered Traffic como el tráfico que requiere ser balanceado y Cross Traffic como el tráfico que entra a la red mediante los nodos intermedios y sobre los cuales no se tiene ningún tipo de control, como se observa en la figura 11. (Castro, 2015)

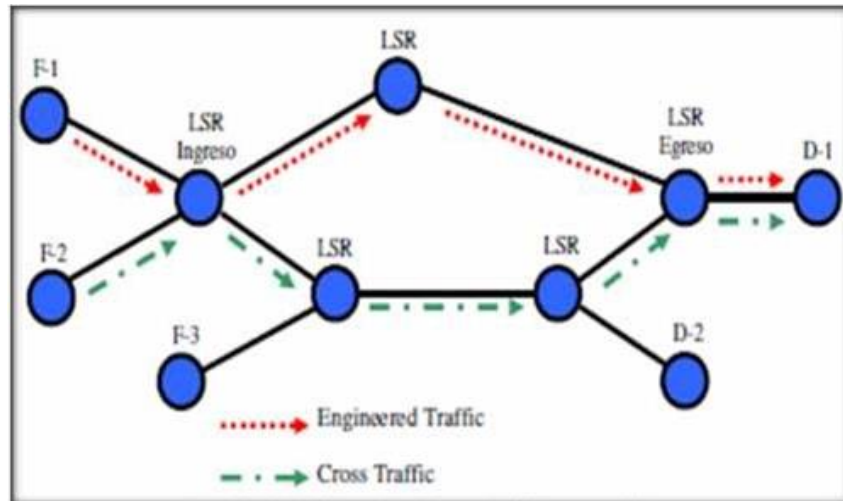


Figura 11. Clases de tráfico definidos en MATE
Fuente: Cortés (2005)

- Topology-based Static Load Balancing Algorithm (TSLB): En este algoritmo, primero se encauza un nuevo tráfico a través del camino más corto; el cual se establecerá solo si este camino tiene la capacidad suficiente para satisfacer el ancho de banda requerido por el nuevo tráfico. Si el primer camino no cumple con los requerimientos del tráfico entrante se buscará el siguiente trayecto hasta dar con un camino que satisfaga el requerimiento. Si no se encuentra un camino que cumpla con el requerimiento el algoritmo da error. El principal problema es la aleatoriedad de la transmisión de las fuentes de tráfico, debido a que un tráfico bajo tomará el camino más corto así éste tenga una capacidad superior a la requerida, distribuyendo el tráfico de forma poco razonable y reduciendo el empleo de los recursos de la red y el throughput. (Castro, 2015)
- Resource-based Static Load Balancing Algorithm (RSLB): En este algoritmo el tráfico nuevo selecciona la ruta cuando llega a la entrada, eligiendo el que tenga una mayor capacidad a la solicitada por el nuevo flujo. Es por eso que este algoritmo podrá reservar las rutas de mayor capacidad para tráficos futuros que la soliciten. Sin embargo, el

inconveniente se presenta cuando aparecen fuentes de tráfico que tiene una tasa de envío inestable, puesto que estas fluctúan en un rango especial. Esta fluctuación en el tráfico puede llevar a pérdida de paquetes, sobre todo cuando la tasa de ráfagas de la fuente sobrepasa la capacidad del enlace. (Castro, 2015)

2.2.6. Protocolo IS-IS

En este protocolo de enrutamiento la información se reparte para elaborar un mapa de conectividad en los equipos routers. Esta información es usada para calcular la mejor ruta hacia el destino. IS-IS es multiprotocolo, puesto que soporta tecnología IPv4 e IPv6, lo cual permite que la red sea escalable. (Jácome, 2019)

ISIS divide un dominio en varios subdominios de enrutamiento, en donde cada subdominio se le asigna un identificador de área. Según el criterio de áreas, se tienen los siguientes niveles donde un router opera (Jácome, 2019):

- IS nivel 1 (L1): El router recibe y envía información de enrutamiento con dispositivos de nivel 1 en la misma.
- IS nivel 2 (L2): El router recibe y envía información de enrutamiento con otros dispositivos de nivel 2 que pueden estar en distintas áreas nivel 1, siendo el conjunto de dispositivos nivel 2 un Subdominio Nivel 2, el cual no debe ser dividido para trabajar en óptimas condiciones.
- IS nivel 1-2 (L1/L2): El router intercambia información de enrutamiento hacia fuera y dentro de un área.

2.3. Definición de términos básicos

En esta sección se definen algunos términos importantes involucrados en la temática del proyecto.

- **BACKBONE:** Se refiere a las principales conexiones troncales de Internet. Se compone de enrutadores de alta capacidad interconectados para transmitir datos a grandes distancias a través de países y continentes por medio de cables de fibra óptica. (Paredes, 2021)

- **ETHERNET:** Estándar de redes de área local para computadores con acceso al medio por detección de la portadora con detección de colisiones. (Paredes, 2021)
- **Full-Mesh** (en español: malla completa). Tipo de topología que pueden seguir las redes de datos, en la cual cada nodo tiene una conexión que lo conecta a otro nodo de red. (Velasquez, 2017)
- **Interior Gateway Protocol (IGP):** Hace referencia al grupo de protocolos de enrutamiento usados dentro de un sistema autónomo. (Velasquez, 2017)
- **NEXT-HOP** (en español: siguiente salto): Término usado relativo al próximo punto donde debe enviarse la información. (Paredes, 2021)
- **Quality of Service (QoS):** Es el rendimiento promedio de una red de telecomunicaciones, referido al rendimiento percibido por los usuarios finales de la red. (Velasquez, 2017)
- **ROUTER:** Es un dispositivo que brinda conectividad a nivel de red en el modelo OSI y su principal función es dirigir los paquetes de datos de una red a otra. (Ariganello, 2014)
- **SWITCH:** Dispositivo digital lógico que se utiliza para interconectar equipos en una red LAN, y que opera en la capa de enlace de datos del modelo OSI. (Ariganello, 2014)
- **Wide Area Network (WAN):** Red informática que une varias redes locales. (Velasquez, 2017)
- **Classless Inter-Domain Routing (CIDR):** Mejora en la nomenclatura de redes IP introducida por la IETF, para otorgar una mayor flexibilidad al dividir rangos de direcciones IP. (Velasquez, 2017)
- **Virtual Routing and Forwarding (VRF):** Tecnología que permite tener múltiples tablas de enrutamiento separadas las cuales pueden coexistir simultáneamente en un mismo equipo router. (Velasquez, 2017)
- **Local Area Network (LAN):** Hace referencia a red informática en un espacio pequeño como una oficina o edificio, en la cual se vincula un grupo reducido de dispositivos electrónicos. (Ariganello, 2014)
- **Virtual Local Area Network (VLAN):** Método utilizado para crear un grupo de redes lógicas independientes dentro de una red física (LAN), con el

objetivo de agrupar lógicamente distintos usuarios en una red LAN.
(Ariganello, 2014)

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

3.1. Determinación y análisis del problema

En esta sección se describe la problemática y necesidades que se requieren resolver o mejorar en el proyecto.

3.1.1. Definición del problema

La red regional de Lima, se puede dividir en dos partes: Red de transporte y acceso. La red de acceso permite principalmente brindar servicio Móvil 4G e Internet, siendo muy importante el acceso continuo y escalable del mismo. Así mismo, la red de transporte permite direccionar el tráfico de la información hacia las distintas capitales de las provincias de Lima siendo un medio de transmisión hacia el centro de datos (datacenter) de la red de acceso, en donde se encuentran los equipos de la red core.

Actualmente la red regional de acceso de Lima no presenta confiabilidad en la continuidad de los servicios que brinda, debido a que solo presenta una salida hacia sus equipos de red core mediante la RDNFO, por tanto en caso de fallar la conexión a dicha red externa, el servicio se interrumpe.

Por otra parte, la configuración actual no aprovecha la capacidad total de la red, al usar un solo equipo de red core de acceso para llegar a los distintos servicios que se ofrecen, causando a largo plazo problemas de saturación al dirigir todo el tráfico de la información hacia solo un equipo de red core. Asimismo, la red presenta inconvenientes como:

- Generación de sesiones LDP no planeadas entre distintos equipos de acceso, causando desperdicio de recursos del equipo.
- Generación de sesiones OSPF no planeadas entre distintos equipos de acceso, causando desperdicio de recursos del equipo.
- Generación de alarmas no planificadas en los equipos de acceso.

3.2. Modelo de solución propuesto

En esta sección, se describe el desarrollo de la solución propuesta. En la figura 12, se observa un mapa conceptual, el cual indica las principales fases del modelo de solución propuesto.

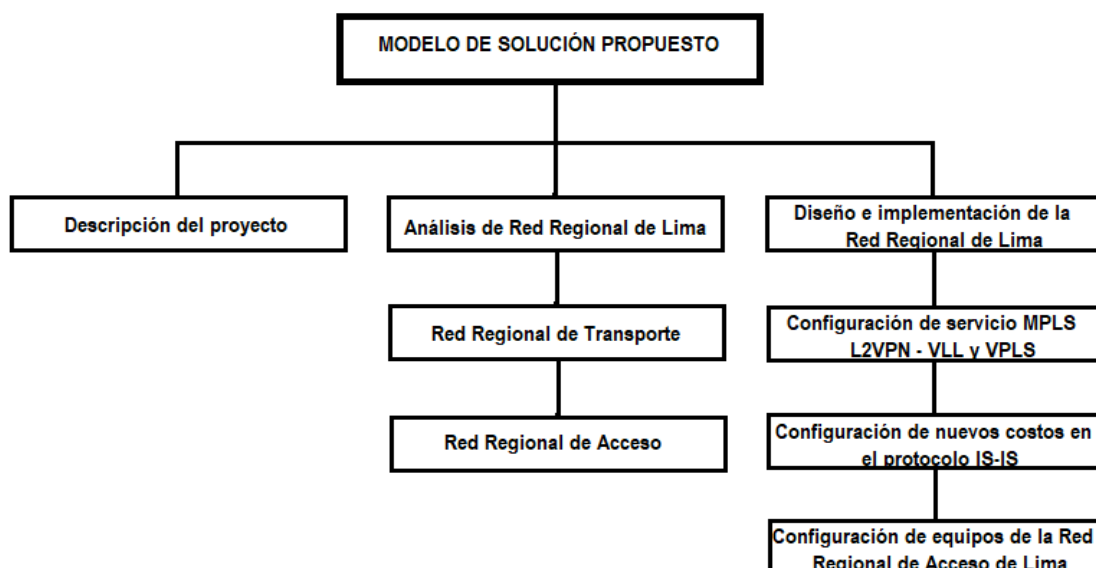


Figura 12. Diagrama del modelo de solución propuesto
Fuente: Elaboración propia

3.2.1. Descripción del proyecto

El desarrollo del presente proyecto, consiste en el diseño e implementación de una arquitectura de red redundante que permita transmitir la información de la red de acceso regional de Lima hacia el centro de datos (datacenter), ubicado en el distrito de San Juan de Miraflores, mediante una ruta principal y otra secundaria que se debe mantener como reserva. Así mismo, emplear un balanceo de carga usando los protocolos OSPF y BGP para transmitir la información hacia ambos equipos de red core simultáneamente, de esta manera optimizar el uso de los recursos actuales de la red.

3.2.2. Análisis de Red Regional de Lima

En esta sección del informe, se analiza las principales consideraciones en el diseño de la red regional de Lima, anterior a los cambios propuestos.

A. Red Regional de Transporte

La red regional de transporte se conforma principalmente con los siguientes nodos de red, como se observa en la figura 12:

- **Nodo Core:** Se ubica en Huacho. Considerado el centro de datos (datacenter) y nodo principal de la red de transporte de Lima. Está compuesto por servidores y equipos routers y switches core (enrutadores y conmutadores central)
- **Nodos de Agregación:** Se ubican en la capital de provincia y se conectan por medio de la RDNFO hacia otros nodos de Agregación externos y nodos core, por medio de interfaces de 1Gbps, simulando una conexión directa.
- **Nodos de Distribución:** Se ubican en las capitales de distrito y tiene conexiones hacia otros equipos de distribución y Agregación, formando una topología de red en anillo por medio de 2 interfaces de 10Gbps, obteniendo una capacidad total de 20Gbps.
- **Nodos de Conexión:** Se ubican en las localidades de mayor cobertura y tienen conexiones a los equipos de distribución.

Así mismo, la red regional de transporte está conformada por 4 grupos o sistemas de equipos interconectados mediante una topología de anillo según su ubicación geográfica, como se observa en la figura 13:

- **Grupo Barranca – Huaral – Canta:** Está compuesto por 1 nodo core, 3 nodos de agregación, 28 nodos de distribución y 3 nodos de conexión. Este grupo de dispositivos, se conectan de manera directa al nodo core ubicado en Huacho.
- **Grupo Matucana:** Está compuesto por 2 nodos de agregación, 31 nodos de distribución.
- **Grupo Yauyos – San Vicente de Cañete:** Está compuesto por 2 nodos de agregación, 47 nodos de distribución y 1 nodos de conexión.
- **Grupo Cajatambo – Oyón:** Está compuesto por 2 nodos de agregación y 13 nodos de distribución.

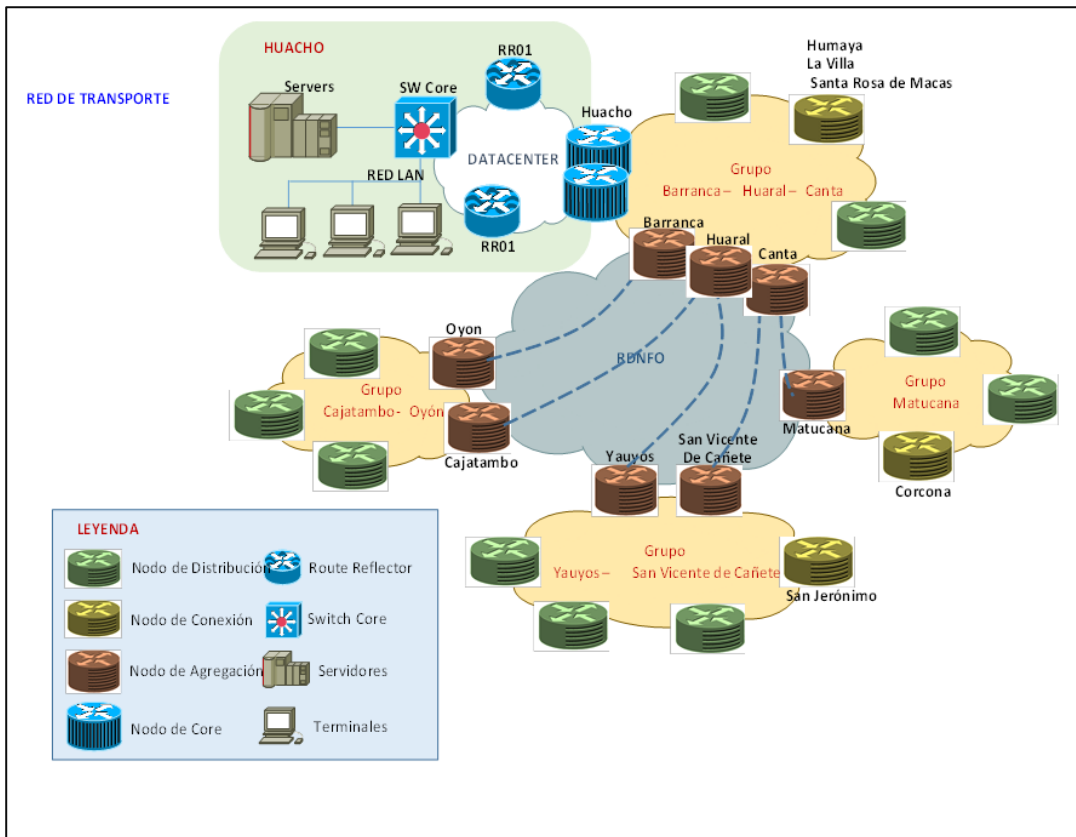


Figura 13. Topología lógica de red regional de transporte
Fuente: Elaboración propia

El protocolo utilizado para el enrutamiento dinámico en la red de transporte es IS-IS. Se maneja una sola área para toda la red y un mismo nivel de jerarquía (Level 2). La función principal del protocolo, es de permitir la conectividad entre los equipos de la red de transporte.

El sistema de costos actual del protocolo IS-IS entre los equipos agregadores y core, tiene como función mantener las conexiones directas que hay entre estos equipos como reserva, al mantener un costo de 65000 en dichas interfaces, prefiriendo la transmisión de la información que tiene como destino tanto grupos externos como equipos ubicados en el datacenter, mediante interfaces que conectan a equipos agregadores de grupos externos. Los enlaces entre los equipos agregadores tienen un costo de 100, con el objetivo de priorizar la transmisión de la información por estas conexiones

En la figura 14, se observa la imagen de las conexiones entre los equipos agregadores y core (topología lógica). Los enlaces de color celeste, representan conexiones directas entre los equipos que se dan por medio de la RDNFO y los de

color verde, representan conexiones que incluyen equipos distritales intermedios, con el costo del protocolo IS-IS asignado a cada uno.

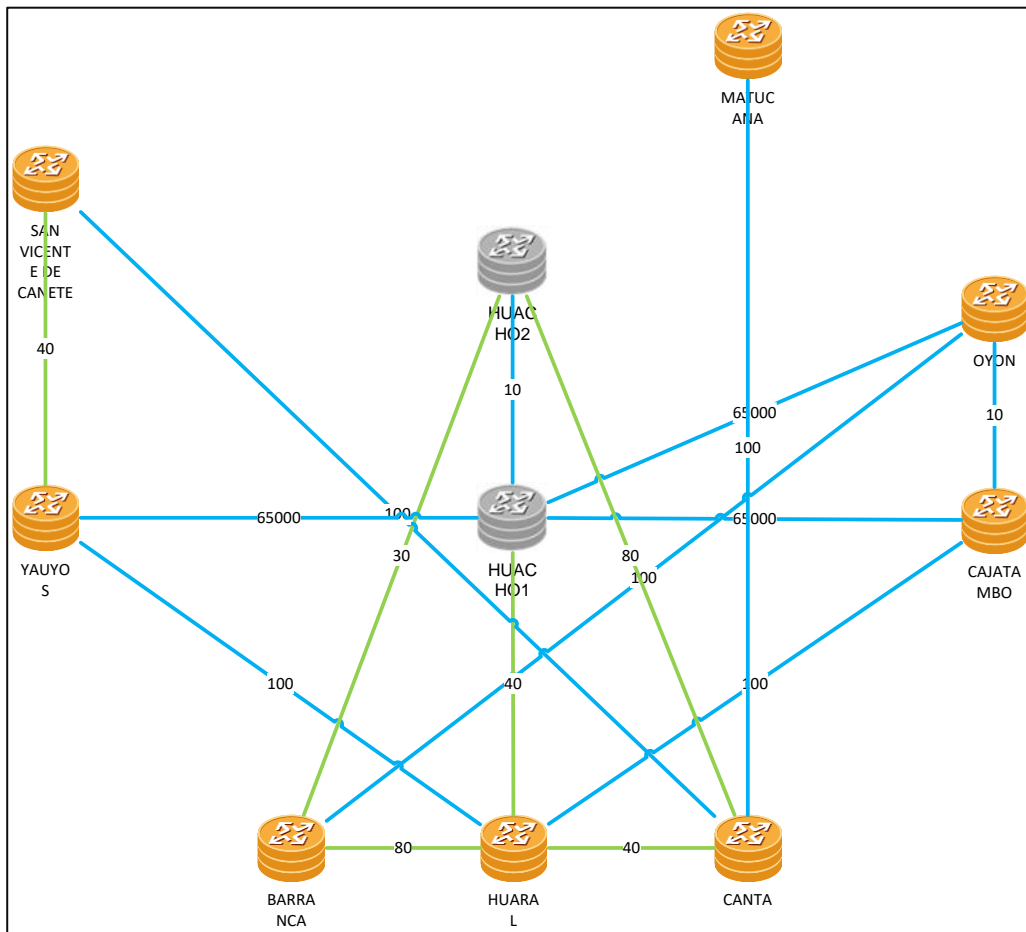


Figura 14. Topología lógica actual de la red regional de transporte
Fuente: Elaboración propia

B. Red Regional de Acceso

La red regional de acceso se conforma principalmente por aproximadamente 300 equipos routers distritales distribuidos en la región de Lima y 2 routers core ubicados en el datacenter de Claro de la Sede Segundo Polo (POLO 2) en el distrito de San Juan de Miraflores. Los routers distritales, se integran a la red regional de transporte por medio de una conexión de 1Gbps hacia los equipos de distribución de la misma para usar la red como medio de transporte hacia los equipos routers core ubicado en el datacenter.

En los equipos de acceso, se tiene dos subinterfaces configuradas con una VLAN A y B, integradas con el protocolo MPLS usando el protocolo de señalización LDP para el intercambio de etiquetas, que permiten añadir las etiquetas MPLS a los paquetes para transmitir la información por la red IP MPLS. En la red de transporte

se ha configurado un servicio VPLS entre los equipos de agregación y distribución, encargados de recibir el flujo de información de ambas VLAN para luego transmitir el mismo al punto más cercano de la RDNFO y descargar la información hacia el PE ubicado en Villa el salvador (PE VES) y direccionar el mismo por medio de un servicio VLL, entre los equipos PE de VES y POLO 2, hacia los routers core de Segundo Polo, como se observa en la figura 15.

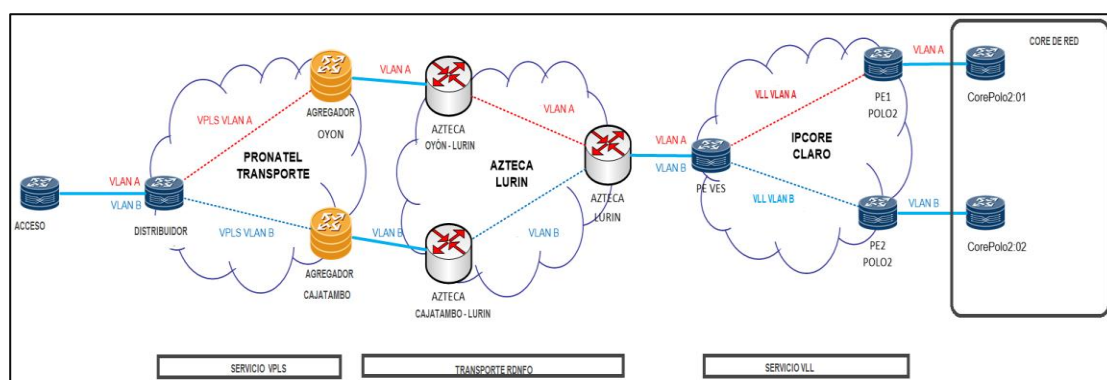


Figura 15. Topología lógica de red regional de acceso
Fuente: Elaboración propia

La VLAN A, se usa para transmitir la información hacia el router core principal y la VLAN B, para transmitir la información hacia el router core de reserva. Sin embargo, la información solo se transmite por medio de la VLAN A y la otra se mantiene como reserva en caso haya un fallo en el router core principal.

El protocolo de enrutamiento dinámico usado para la interconectividad entre los equipos distritales y core de la red de acceso es OSPF versión 2, el cual es usado con direcciones IPv4. Los equipos core funcionan como enrutadores designados (DR) y los equipos distritales como DROthers, formando adyacencias solo entre DR y DROther. Todos los equipos están incluidos en el area 0 y emplean el proceso número 1 del protocolo OSPF.

3.2.3. Diseño e implementación de la Red Regional de Lima

En esta sección, se describe las principales consideraciones del diseño propuesto y el proceso de implementación para la red regional de Lima, con el objetivo de solucionar las problemáticas ya mencionadas. Durante la implementación, primero se realizó la configuración de los equipos para habilitar la ruta principal y luego la ruta secundaria, comprendiendo las siguientes fases:

A. Configuración de servicio MPLS L2VPN - VLL y VPLS

Para el diseño del nuevo sistema de interconexión entre los equipos routers de acceso y core, se utiliza el servicio VPLS con el protocolo de señalización LDP entre los equipos core situados en Huacho y distribuidores, de esta manera ambos equipos core tienen una sesión LDP remota con los equipos distribuidores de cada grupo geográfico y 4 servicios VPLS que emplean la VLAN 1100 y 1101 para la ruta principal y la VLAN 1030 y 1086 para la ruta secundaria. El tráfico de la información que se dirige hacia los equipos core Huacho, tienen una dirección distinta según la ruta que le corresponda (principal o secundaria), como se observa en la figura 16.

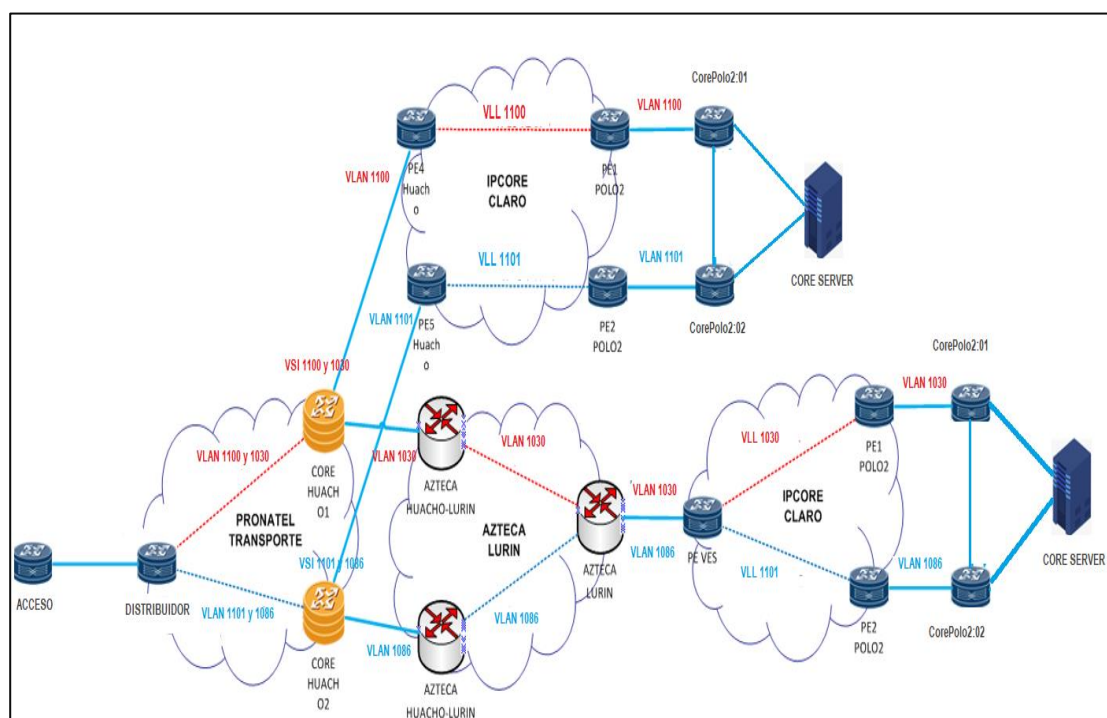


Figura 16. Topología lógica principal y secundaria

Fuente: Elaboración propia

- **Ruta principal:** Los equipos core Huacho 1 y 2 transmiten la información de la red de acceso hacia la red comercial de Claro, por las interfaces que conectan hacia los equipos PE Huacho 4 y 5, mediante las subinterfaces creadas en ambos equipos core utilizando las VLANs 1100 y 1101, en donde la VLAN 1100 se asigna al equipo core Huacho 1 y la VLAN 1101 al equipo core Huacho 2. De esta manera, cada equipo core utiliza una VLAN distinta, como se observa en la figura 17.

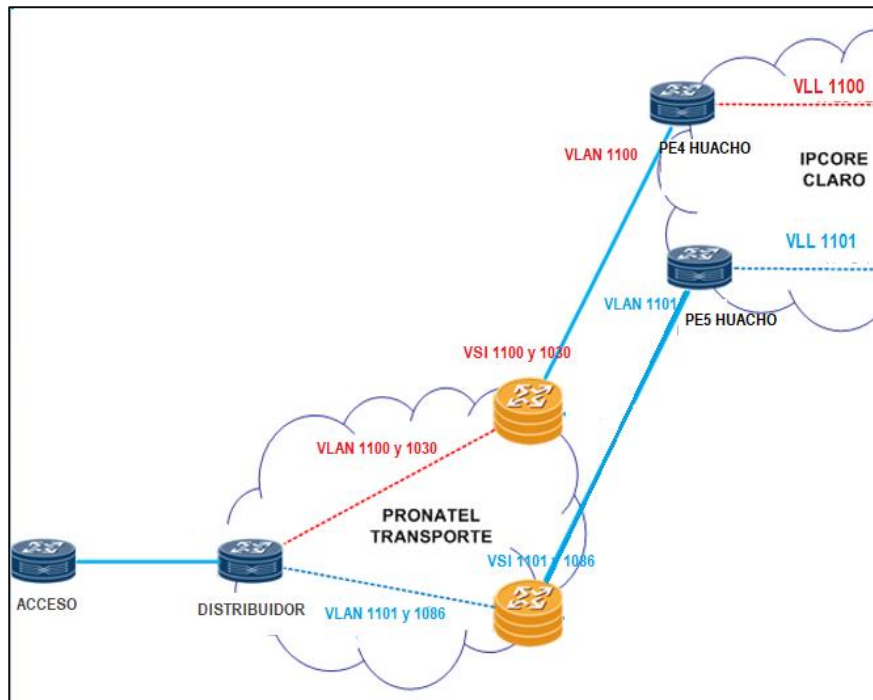


Figura 17. Conexión entre red de transporte y red comercial Claro
Fuente: Elaboración propia

Los equipos PE Huacho 4 y 5 de la red comercial de Claro, transmiten la información mediante un servicio unidireccional VLL hacia los equipos PE POLO 2, habilitando una sesión remota LDP entre estos. En los equipos PE de Huacho 4 y 5, el servicio VLL fue configurado en las interfaces que conectan a los equipos core Huacho y en los equipos PE POLO 2 se configuraron las interfaces que conectan a los equipos core de POLO2, con el fin de simular una conexión directa entre los equipos de core Huacho y POLO2 mediante la red IP MPLS de Claro, como se observa en la figura 18.

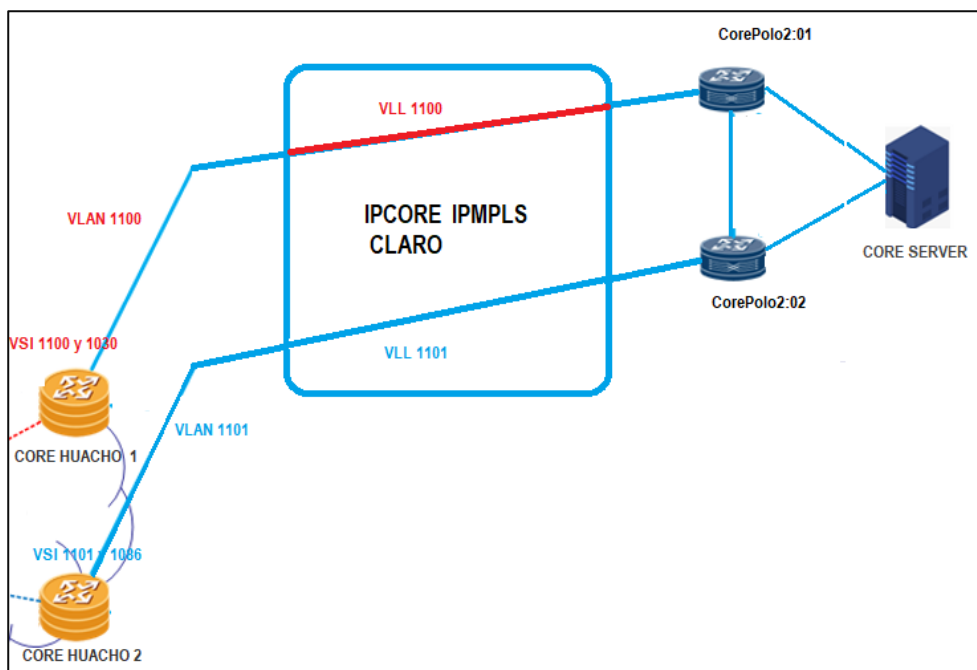


Figura 18. Conexión principal entre equipos core Huacho y POLO 2
Fuente: Elaboración propia

Al realizar la configuración de los servicios VLL y VPLS (**VER ANEXO 1**), se habilitó el túnel necesario para brindar conectividad WAN punto a punto entre los equipos distritales y core de la red regional de acceso de Lima por la ruta principal.

- **Ruta secundaria:** Los equipos core Huacho 1 y 2 transmiten la información de la red de acceso hacia la RDNFO, mediante las subinterfaces creadas en ambos equipos core utilizando las VLANs 1030 y 1086, en donde la VLAN 1030 se asigna al equipo core Huacho 1 y la VLAN 1086 al equipo core Huacho 2. De esta manera, cada equipo core utiliza una VLAN distinta. La información se recibe en el equipo PE ubicado en Villa el Salvador (PE VES), de la red comercial de Claro, para transmitirse mediante un servicio unidireccional VLL hacia los equipos PE POLO 2, habilitando una sesión remota LDP entre estos. En el equipo PE VES, el servicio VLL se configuró en las interfaces que conectan a la RDNFO y en los equipos PE POLO 2 se configuraron las interfaces que conectan a los equipos core de POLO2, con el fin de simular una conexión directa entre los equipos de core Huacho y POLO2 mediante la red IP MPLS de Claro y RDNFO, como se observa en la figura 19.

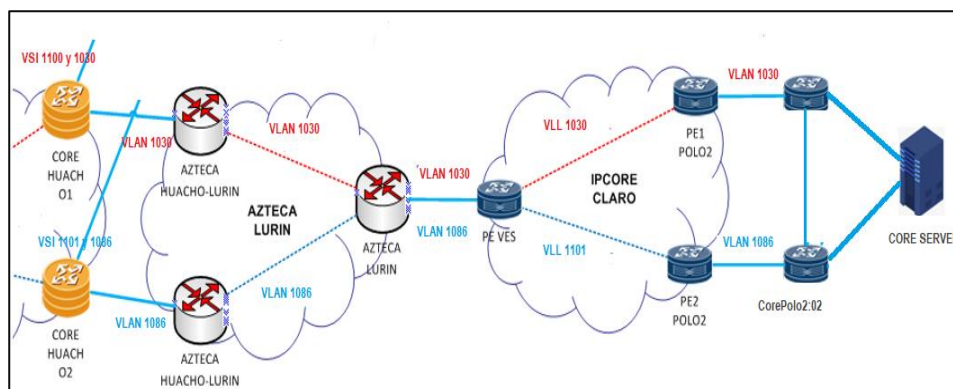


Figura 19. Conexión secundaria entre equipos core Huacho y POLO 2
Fuente: Elaboración propia

Al realizar la configuración de los servicios VLL y VPLS (**VER ANEXO 2**), se habilitó el túnel necesario para la conectividad WAN punto a punto entre los equipos distritales y core de la red regional de acceso de Lima por la ruta secundaria.

B. Configuración de nuevos costos en el protocolo IS-IS

Para direccionar el tráfico de información en la red regional de transporte de Lima hacia los equipos core situados en Huacho, se propuso habilitar nuevas conexiones físicas en los equipos agregadores Matucana, San Vicente de Cañete, Oyón y Yauyos hacia el equipo core Huacho 1 y 2. Estos cambios, fueron realizados por el cliente antes de iniciar la implementación propuesta. A sí mismo, se diseñó un nuevo sistema de costos del protocolo IS-IS considerando lo siguiente:

- Los enlaces entre los equipos routers core y de agregación deben tener un costo de 100.
- Los enlaces entre los equipos routers de agregación pertenecientes a diferentes grupos, deben tener un costo de 300.

Considerando los valores descritos, se realizó la configuración en las subinterfaces de los equipos agregadores y core de la red regional de transporte de Lima, aplicando los comandos “isis cost 100 level-2” y “isis cost 300 level-2” según lo detallado anteriormente.

En la figura 20, se observa la imagen de las conexiones entre los equipos agregadores y core (topología lógica) después de realizar los cambios en la

configuración de los equipos y las nuevas conexiones entre los equipos agregadores Matucana, San Vicente de Cañete, Oyón y Yauyos resaltadas en rojo.

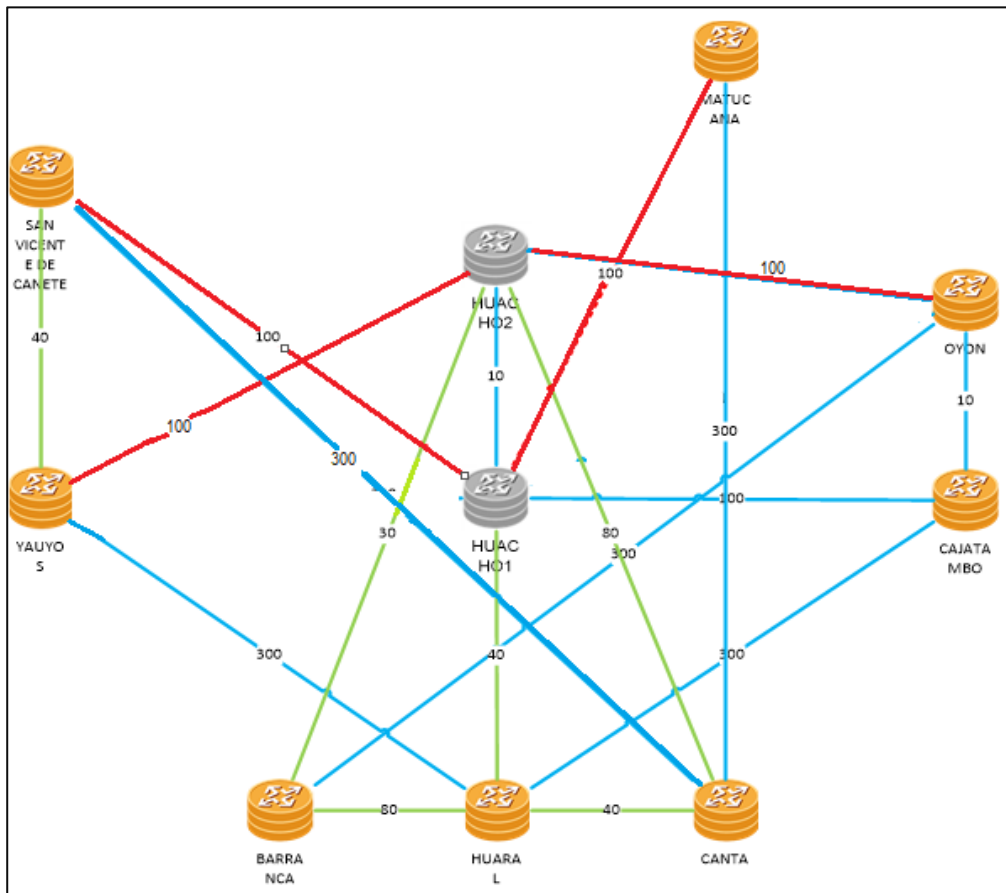


Figura 20. Topología lógica propuesta de la red regional de transporte
Fuente: Elaboración propia

Los equipos agregadores de los grupos de San Vicente de Cañete – Yauyos y Cajatambo – Oyón, se conectan hacia los routers core formando una topología de red de anillo, como se observa en la figura 21.

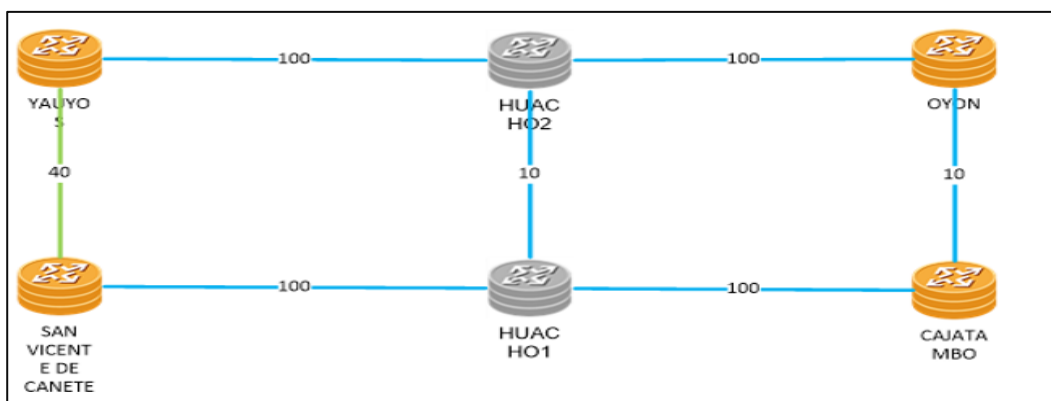


Figura 21. Topología lógica de grupo Cañete - Yauyos y Cajatambo - Oyón.
Fuente: Elaboración propia.

C. Configuración de equipos de la Red Regional de Acceso de Lima

Para dirigir el tráfico por una ruta principal y secundaria mediante la red comercial de Claro y la RDNFO, se configuraron 4 nuevas subinterfaces en los equipos de acceso con 4 VLANs distintas. Las VLANs 1100 y 1101 se usan para la transmisión de la información por la ruta principal, entre los equipos core Huacho y la red comercial de Claro y las VLANs 1030 y 1086 se usan para la transmisión por la ruta secundaria, mediante la RDNFO. Cada VLAN usa un segmento IP máscara 24, en el cual la primera IP se usa como gateway configurado en el equipo core de acceso y las 253 IPs disponibles se distribuyen en los equipos distritales. Las subinterfaces en los equipos distritales y core, están integradas con el protocolo MPLS usando el protocolo de señalización LDP para el intercambio de etiquetas. Según la ubicación geográfica de los equipos distribuidores a los que se conectan, los equipos distritales se clasifican en 4 grupos:

- Grupo Cajatambo – Oyón: En este grupo se configuraron 27 equipos distritales, considerando las primeras 63 direcciones IPs disponibles.
- Grupo Barranca – Huaral – Canta: En este grupo se configuraron 14 equipos distritales, considerando las direcciones IPs entre la 64° y 127°.
- Grupo Matucana: En este grupo se configuraron 23 equipos distritales, considerando las direcciones IPs entre la 128° y 191°.
- Grupo Yauyos – San Vicente de Cañete: En este grupo se configuraron 42 equipos distritales, considerando las direcciones IPs a partir de la 192°.

a. Protocolo OSPF

El protocolo OSPF versión 2, se utiliza como protocolo de enrutamiento dinámico para la interconectividad entre los equipos distritales y core, de la siguiente manera:

- Los equipos core funcionan como enrutadores designados (DR), con un valor de prioridad de 200 en la ruta principal y un valor de prioridad de 100 en la ruta secundaria. Así mismo, los equipos distritales funcionan como DROthers con un valor de prioridad de 0.
- Se configuró un costo de 65000 en las subinterfaces de la antigua solución.

- Todos los equipos están incluidos en el área con número ID de 0 y emplean el proceso número 100 del protocolo OSPF.
- Se utiliza el modo de autenticación MD5 en las subinterfaces incluidas en el proceso número 100 del protocolo OSPF.
- La sincronización entre el protocolo OSPF Y LDP está activa en las subinterfaces WAN con el objetivo de desactivar el enrutamiento del protocolo OSPF en caso la sesión LDP no este activa en la subinterfaz.

b. Protocolo BGP

Para habilitar el balanceo de carga en los equipos distritales, se ingresó el comando “maximum load-balancing ibgp 2” en las VRFs de servicio 10090,10091, 10093 y 250 , las cuales están habilitadas en el protocolo BGP, con el objetivo de que el protocolo permita aprender 2 rutas distintas de igual costo hacia un mismo destino de red. La configuración aplicada en los equipos distritales y core de acceso, se observa en el **ANEXO 3**.

3.3. Resultados

En esta sección se detallarán los resultados obtenidos, al concluir la implementación de la configuración en la red regional de Lima.

AAI implementar la solución propuesta, se mejoró el funcionamiento de la red regional de Lima, optimizando la transmisión de la información entre los equipos core POLO2 hacia los equipos distritales distribuidos geográficamente en las provincias de Barranca, Cajatambo, Canta, Cañete, Huaral, Huarochirí, Huaura, Oyón y Yauyos, de manera que ambos equipos core transmiten la información simultáneamente hacia los equipos core de acceso por una ruta principal y mantienen una ruta secundaria de reserva, cumpliendo con los requisitos solicitados por la empresa América Móvil.

3.3.1. Trayectoria del tráfico de la información en la red regional de transporte de Lima

Con el objetivo de determinar la trayectoria que toma el tráfico enviado hacia el equipo core Huacho 1 con dirección IP 10.140.2.35 y core Huacho 2 con dirección IP 10.140.2.36, se realizaron pruebas con el comando tracert desde los equipos

agregadores situados en Yauyos, San Vicente de Cañete, Cajatambo , Oyón y Matucana.

En la figura 22, se observa que el recorrido de los paquetes desde el equipo agregador San Vicente de Cañete hacia el equipo core Huacho 1 no incluye un equipo de tránsito (transit device), no obstante el recorrido de los paquetes enviados hacia el equipo core Huacho 2 incluye un equipo de tránsito que reenvía el paquete recibido por la interfaz con dirección IP 10.140.10.101 hacia la interfaz del equipo destino con dirección IP 10.140.16.10.

```
<LIM_SN-VICENTE-CANETE_AGR_NE40E-X8A:01>tracert lsp -a 10.140.2.161 ip 10.140.2.35 32
LSP Trace Route FEC: IPV4 PREFIX 10.140.2.35/32 , press CTRL_C to break.
TTL  Replier          Time  Type      Downstream
0           Ingress  10.140.10.101/[3 ]
1  10.140.2.35      11 ms Egress
<LIM_SN-VICENTE-CANETE_AGR_NE40E-X8A:01>tracert lsp -a 10.140.2.161 ip 10.140.2.36 32
LSP Trace Route FEC: IPV4 PREFIX 10.140.2.36/32 , press CTRL_C to break.
TTL  Replier          Time  Type      Downstream
0           Ingress  10.140.10.101/[48691 ]
1  10.140.10.101   8 ms  Transit  10.140.16.10/[3 ]
2  10.140.2.36     10 ms Egress
```

Figura 22. Prueba desde equipo agregador San Vicente de Cañete
Fuente: Elaboración propia

En la figura 23, se observa que el recorrido de los paquetes desde el equipo agregador Yauyos hacia el equipo core Huacho 2 no incluye un equipo de tránsito (transit device), no obstante, el recorrido de los paquetes enviados hacia el equipo core Huacho 1 incluye un equipo de tránsito que reenvía el paquete recibido por la interfaz con dirección IP 10.140.11.113 hacia la interfaz del equipo destino con dirección IP 10.140.16.9.

```
<LIM_YAUYOS_AGR_NE40E-X8A:01>tracert lsp -a 10.140.2.164 ip 10.140.2.35 32
LSP Trace Route FEC: IPV4 PREFIX 10.140.2.35/32 , press CTRL_C to break.
TTL  Replier          Time  Type      Downstream
0           Ingress  10.140.11.113/[48650 ]
1  10.140.11.113   18 ms Transit  10.140.16.9/[3 ]
2  10.140.2.35     21 ms Egress
<LIM_YAUYOS_AGR_NE40E-X8A:01>
<LIM_YAUYOS_AGR_NE40E-X8A:01>
<LIM_YAUYOS_AGR_NE40E-X8A:01>
<LIM_YAUYOS_AGR_NE40E-X8A:01>tracert lsp -a 10.140.2.164 ip 10.140.2.36 32
LSP Trace Route FEC: IPV4 PREFIX 10.140.2.36/32 , press CTRL_C to break.
TTL  Replier          Time  Type      Downstream
0           Ingress  10.140.11.113/[3 ]
1  10.140.2.36     11 ms Egress
```

Figura 23. Prueba desde equipo agregador Yauyos
Fuente: Elaboración propia

En la figura 24, se observa que el recorrido de los paquetes desde el equipo agregador Cajatambo hacia el equipo core Huacho 1 no incluye un equipo de tránsito (transit device), por otro lado, el recorrido de los paquetes enviados hacia el equipo core Huacho 2 incluye un equipo de tránsito que reenvía el paquete recibido por la interfaz con dirección IP 10.140.8.1 hacia la interfaz del equipo destino con dirección IP 10.140.16.10.

```

LIM_CAJATAMBO_AGR_NE40E-X8A:01>tracert lsp -a 10.140.2.1 ip 10.140.2.35 32
LSP Trace Route FEC: IPV4 PREFIX 10.140.2.35/32 , press CTRL_C to break.
TTL  Replier          Time  Type      Downstream
0           Ingress  10.140.8.1/[3 ]
1    10.140.2.35      21 ms Egress
LIM_CAJATAMBO_AGR_NE40E-X8A:01>tracert lsp -a 10.140.2.1 ip 10.140.2.36 32
LSP Trace Route FEC: IPV4 PREFIX 10.140.2.36/32 , press CTRL_C to break.
TTL  Replier          Time  Type      Downstream
0           Ingress  10.140.8.1/[48691 ]
1    10.140.8.1      13 ms Transit  10.140.16.10/[3 ]
2    10.140.2.36     17 ms Egress
LIM_CAJATAMBO_AGR_NE40E-X8A:01>

```

Figura 24. Prueba desde equipo agregador Cajatambo
Fuente: Elaboración propia

En la figura 25, se observa que el recorrido de los paquetes desde el equipo agregador Oyón hacia el equipo core Huacho 2 no incluye un equipo de tránsito (transit device), por otro lado, el recorrido de los paquetes enviados hacia el equipo core Huacho 1 incluye un equipo de tránsito que reenvía el paquete recibido por la interfaz con dirección IP 10.140.8.9 hacia la interfaz del equipo destino con dirección dirección IP 10.140.8.1.

```

LIM_OYON_AGR_NE40E-X8A:01>tracert lsp -a 10.140.2.2 ip 10.140.2.35 32
LSP Trace Route FEC: IPV4 PREFIX 10.140.2.35/32 , press CTRL_C to break.
TTL  Replier          Time  Type      Downstream
0           Ingress  10.140.8.9/[48375 ]
1    10.140.8.9      11 ms Transit  10.140.8.1/[3 ]
2    10.140.2.35     16 ms Egress
LIM_OYON_AGR_NE40E-X8A:01>tracert lsp -a 10.140.2.2 ip 10.140.2.36 32
LSP Trace Route FEC: IPV4 PREFIX 10.140.2.36/32 , press CTRL_C to break.
TTL  Replier          Time  Type      Downstream
0           Ingress  10.140.8.21/[3 ]
1    10.140.2.36     14 ms Egress

```

Figura 25. Prueba desde equipo agregador Oyón
Fuente: Elaboración propia

En la figura 26, se observa que el recorrido de los paquetes desde el equipo agregador Matucana hacia el equipo core Huacho 1 no incluye un equipo de tránsito (transit device), por otro lado, el recorrido de los paquetes enviados hacia el equipo core Huacho 2 incluye un equipo de tránsito que reenvía el paquete recibido por la interfaz con dirección IP 10.140.10.97 hacia la interfaz del equipo destino con dirección dirección IP 10.140.16.10.

```
LIM_MATUCANA_AGR_NE40E-X8A:01>tracert lsp -a 10.140.2.97 ip 10.140.2.36 32
LSP Trace Route FEC: IPV4 PREFIX 10.140.2.36/32 , press CTRL_C to break.
TTL  Replier          Time  Type      Downstream
0      10.140.10.97      13 ms Transit  10.140.16.10/[3 ]
1      10.140.2.36      12 ms Egress
LIM_MATUCANA_AGR_NE40E-X8A:01>tracert lsp -a 10.140.2.97 ip 10.140.2.35 32
LSP Trace Route FEC: IPV4 PREFIX 10.140.2.35/32 , press CTRL_C to break.
TTL  Replier          Time  Type      Downstream
0      10.140.10.97      8 ms  Ingress  10.140.10.97/[3 ]
1      10.140.2.35      8 ms  Egress
```

Figura 26. Prueba desde equipo agregador Matucana
Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Balanceo de carga

En la tabla 1, se observan los valores de la velocidad de entrada y salida promedio en bps (bits por segundo), de todas las subinterfases de servicio del equipo distrital LIM-PACCHO-DIST-ATN910C, además de las subinterfases que conectan a los equipos distribuidores de la red regional de transporte, en donde la mayor parte de la información que proviene del datacenter es recibida por la subinterfaz con VLAN 1101, usada para la conexión lógica con el segundo equipo core POLO2, a una velocidad promedio de 4.473344 Mbps. La mayor parte de la información se transmite por la VRF 10091 en la subinterfaz GE0/2/21.601 con una velocidad de salida promedio de 4.463616 Mbps, siendo este en promedio el 99 % de la información que ingresa al equipo.

Tabla 1
Consumo de ancho de banda de equipo LIM-PACCHO

LIM-PACCHO-DIST-ATN910C					
VRF	Interface	Inbound	Outbound	% Inbound	% Outbound
10090	GE0/2/21.600	11616	1144	0.0011616	0.0001144
10091	GE0/2/21.601	622984	4463616	0.0622984	0.4463616
10093	GE0/2/21.602	512	416	0.0000512	0
250	GE0/2/24	866	6388	0.0000866	0.0006388
250	GE0/2/25	694	5430	0.0000694	0.000543
250	GE0/2/26	99	1143	0.0000099	0.0001143
	GE0/2/4.1100	54328	10072	0.0054328	0.0010072
	GE0/2/4.1101	4473344	639168	0.4473344	0.0639168

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2, se observan los valores de la velocidad de entrada y salida promedio en bps (bits por segundo), de todas las subinterfaces de servicio del equipo distrital LIM-CORCONA-DIST-ATN910C, además de las subinterfaces que conectan a los equipos distribuidores de la red regional de transporte, en donde la mayor parte de la información que proviene del datacenter es recibida por la subinterfaz con VLAN 1101, usada para la conexión lógica con el primer equipo core POLO2, a una velocidad promedio de 809.896 bps. La mayor parte de la información se transmite por la VRF 10091 en la subinterfaz GE0/2/21.601 con una velocidad de salida promedio de 805.184 Kbps, siendo este en promedio el 99 % de la información que ingresa al equipo.

Tabla 2
Consumo de ancho de banda de equipo LIM-CORCONA

LIM-CORCONA-DIST-ATN910C					
VRF	Interface	Inbound	Outbound	% Inbound	% Outbound
10090	GE0/2/21.600	880	880	0.01	0.01
10091	GE0/2/21.601	128832	805184	0.01	0.08
10093	GE0/2/21.602	9720	0	0.01	0
250	GE0/2/24	726	4825	0.01	0.01
250	GE0/2/25	698	4088	0.01	0.01
250	GE0/2/26	238	980	0.01	0.01
	GE0/2/4.1100	809896	107696	0.08	0.01
	GE0/2/4.1101	2336	24112	0.01	0.01

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3, se observan los valores de la velocidad de entrada y salida promedio en bps (bits por segundo), de todas las subinterfaces de servicio del equipo distrital LIM-CHOCOS-DIST-ATN910C, además de las subinterfaces que conectan a los equipos distribuidores de la red regional de transporte, en donde la mayor parte de la información que proviene del datacenter es recibida por la subinterfaz con VLAN 1101, usada para la conexión lógica con el segundo equipo core POLO2, a una velocidad promedio de 19.050696 Mbps. La mayor parte de la información se transmite por la VRF 10091 en la subinterfaz GE0/2/21.601 con una velocidad de salida promedio de 17.826536 Mbps, siendo este en promedio el 93 % de la información que ingresa al equipo.

Tabla 3
Consumo de ancho de banda de equipo LIM-CHOCOS

LIM-CHOCOS-DIST-ATN910C					
VRF	Interface	Inbound	Outbound	% Inbound	% Outbound
10090	GE0/2/21.600	2832	1184	0.01	0.01
10091	GE0/2/21.601	963536	17826536	0.09	1.78
10093	GE0/2/21.602	344	408	0.01	0.01
250	GE0/2/24	1509	5337	0.01	0.01
250	GE0/2/25	711	3851	0.01	0.01
250	GE0/2/26	368	173	0.01	0.01
	GE0/2/4.1100	78248	573696	0.01	0.05
	GE0/2/4.1101	19050696	493280	1.9	0.04

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4, se observan los valores de la velocidad de entrada y salida promedio en bps (bits por segundo), de todas las subinterfaces de servicio del equipo distrital LIM-LACHAQUI-DIST-ATN910C, además de las subinterfaces que conectan a los equipos distribuidores de la red regional de transporte, en donde la mayor parte de la información que proviene del datacenter es recibida por la subinterfaz con VLAN 1101, usada para la conexión lógica con el segundo equipo core POLO2, a una velocidad promedio de 844.232 Kbps. La mayor parte de la información se transmite por la VRF 10091 en la subinterfaz GE0/2/21.601 con una velocidad de salida promedio de 843.912 Kbps, siendo este en promedio el 99.8 % de la información que ingresa al equipo.

Tabla 4
Consumo de ancho de banda de equipo LIM-LACHAQUI

LIM-LACHAQUI-DIST-ATN910C					
VRF	Interface	Inbound	Outbound	% Inbound	% Outbound
10090	GE0/2/21.600	552	552	0.01	0.01
10091	GE0/2/21.601	39416	843912	0.01	0.08
10093	GE0/2/21.602	0	0	0	0
250	GE0/2/24	14648	35936	0.01	0.01
	GE0/2/4.1100	844232	4496	0.08	0.01
	GE0/2/4.1101	552	552	0.01	0.01

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5, se observan los valores de la velocidad de entrada y salida promedio de las subinterfaces que conectan a los equipos distribuidores del grupo Cajatambo – Oyón de la red regional de transporte, en donde la mayor parte de la información que proviene del datacenter es recibida por la subinterfaz con VLAN 1100 usada para la conexión lógica con el primer equipo core POLO2, a una velocidad promedio de 4.155992 Mbps.

Tabla 5
Consumo de ancho de banda de equipo LIM- ANDAJES

LIM- ANDAJES-DIST-ATN910C				
Interface	Inbound (Mbps)	Outbound (Mbps)	% Inbound	% Outbound
GE0/2/4.1100	4.155992	8.127088	0.41	0.81
GE0/2/4.1101	2.094992	0.005264	0.2	0.01

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6, se observan los valores de la velocidad de entrada y salida promedio de las subinterfaces que conectan a los equipos distribuidores del grupo San Vicente de Cañete - Yauyos de la red regional de transporte, en donde la mayor parte de la información que proviene del datacenter es recibida por la subinterfaz con VLAN 1101 usada para la conexión lógica con el primer equipo core POLO2, a una velocidad de entrada promedio de 1.137056 Mbps.

Tabla 6
Consumo de ancho de banda de equipo LIM-ZUNIGA

LIM-ZUNIGA-DIST-ATN910C				
Interface	Inbound (Mbps)	Outbound (Mbps)	% Inbound	% Outbound
GE0/2/4.1100	0.02948	0.088192	0.29	0.88
GE0/2/4.1101	1.137056	0.111288	11.37	1.11

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7, se observan los valores de la velocidad de entrada y salida promedio de las subinterfaces que conectan a los equipos distribuidores del grupo Matucana de la red regional de transporte, en donde la mayor parte de la información que proviene del datacenter es recibida por la subinterfaz con VLAN 1101 usada para la conexión lógica con el primer equipo core POLO2, a una velocidad promedio de 2.92592 Mbps.

Tabla 7
Consumo de ancho de banda de equipo LIM-SURCO

LIM-SURCO-DIST-ATN910C				
Interface	Inbound (Mbps)	Outbound (Mbps)	% Inbound	% Outbound
GE0/2/4.1100	0.018568	0.144664	0.19	1.45
GE0/2/4.1101	2.92592	0.01088	29.26	0.11

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8, se observan los valores de la velocidad de entrada y salida promedio de las subinterfaces que conectan a los equipos distribuidores del grupo Barranca – Huaral - Canta de la red regional de transporte, en donde la mayor parte de la información que proviene del datacenter es recibida por la subinterfaz con VLAN 1100 usada para la conexión lógica con el primer equipo core POLO2, a una velocidad promedio de 24.4 Kbps.

Tabla 8
Consumo de ancho de banda de equipo LIM-SUPE

LIM-SUPE-DIST-ATN910C				
Interface	Inbound (Mbps)	Outbound (Mbps)	% Inbound	% Outbound
GE0/2/4.1100	0.0244	0.032984	0.24	0.33
GE0/2/4.1101	0.017464	0.000352	0.17	0.00

Fuente: Elaboración propia

En la figura 27, se observa que el segmento de red IP 10.141.0.1/32 tiene como siguiente salto la subinterfaz que usa la VLAN 1100 y el segmento de red 10.141.0.2/32 ,tiene como siguiente salto la subinterfaz que usa la VLAN 1101. Ambos segmentos destino son procesados por el protocolo OSPF.

```

<LIM-APAS-DIST-ATN910C>DIS ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib, T - to vpn-instance, B - black hole route
-----
Routing Table : _public_
Destinations : 795      Routes : 1545

```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	Flags	NextHop	Interface
10.134.101.67/32	OSPF	110	2000	D	10.141.106.130	GigabitEthernet0/2/4.1101
	OSPF	110	2000	D	10.141.105.130	GigabitEthernet0/2/4.1100
10.141.0.1/32	OSPF	110	1000	D	10.141.105.1	GigabitEthernet0/2/4.1100
10.141.0.2/32	OSPF	110	1000	D	10.141.106.1	GigabitEthernet0/2/4.1101
10.141.0.3/32	OSPF	110	2000	D	10.141.106.140	GigabitEthernet0/2/4.1101
	OSPF	110	2000	D	10.141.105.140	GigabitEthernet0/2/4.1100

Figura 27. Tabla de enrutamiento de equipo LIM-APAS-DIST-ATN910C
Fuente: Elaboración propia

En la figura 28, se observa que la mayoría de los segmentos de red destino que se procesan mediante el protocolo iBGP por la VRF 10090, tienen 2 rutas por destino, con un siguiente salto a la dirección IP 10.140.0.1 y 10.140.0.2 por la interfaz que usa la VLAN 1100 y 1101, así mismo se observa que el número de destinos procesados es de 171 y el número de rutas es de 330.

```

<LIM-APAS-DIST-ATN910C>dis ip routing-table vpn-instance 10090
Route Flags: R - relay, D - download to fib, T - to vpn-instance, B - black hole route
-----
Routing Table : 10090
Destinations : 171      Routes : 330

```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	Flags	NextHop	Interface
10.95.227.36/30	IBGP	200	0	RD	10.141.0.1	GigabitEthernet0/2/4.1100
10.95.227.40/30	IBGP	200	0	RD	10.141.0.2	GigabitEthernet0/2/4.1101
10.96.244.240/30	IBGP	200	0	RD	10.141.0.1	GigabitEthernet0/2/4.1100
10.96.244.244/30	IBGP	200	0	RD	10.141.0.2	GigabitEthernet0/2/4.1101
10.96.245.16/29	IBGP	200	0	RD	10.141.0.1	GigabitEthernet0/2/4.1100
	IBGP	200	0	RD	10.141.0.2	GigabitEthernet0/2/4.1101
10.96.245.24/29	IBGP	200	0	RD	10.141.0.1	GigabitEthernet0/2/4.1100
	IBGP	200	0	RD	10.141.0.2	GigabitEthernet0/2/4.1101
10.96.245.226/32	IBGP	200	1	RD	10.141.0.1	GigabitEthernet0/2/4.1100
	IBGP	200	1	RD	10.141.0.2	GigabitEthernet0/2/4.1101
10.96.245.227/32	IBGP	200	1	RD	10.141.0.1	GigabitEthernet0/2/4.1100
	IBGP	200	1	RD	10.141.0.2	GigabitEthernet0/2/4.1101
10.224.8.48/30	Direct	0	0	D	10.224.8.49	GigabitEthernet0/2/21.600
10.224.8.49/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	GigabitEthernet0/2/21.600
10.224.8.51/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	GigabitEthernet0/2/21.600
10.224.8.76/30	IBGP	200	0	RD	10.141.0.2	GigabitEthernet0/2/4.1101

Figura 28. Enrutamiento en VRF 10090 de LIM-APAS-DIST-ATN910C
Fuente: Elaboración propia

En la figura 29, se observa que la mayoría de los segmentos de red destino que se procesan mediante el protocolo iBGP por la VRF 10091, tienen 2 rutas por destino, con un siguiente salto a la dirección IP 10.140.0.1 y 10.140.0.2 por la interfaz que usa la VLAN 1100 y 1101, así mismo se observa que el número de destinos procesados es de 171 y el número de rutas es de 330.

```

<LIM-APAS-DIST-ATN910C>dis ip routing-table vpn-instance 10091
Route Flags: R - relay, D - download to fib, T - to vpn-instance, B - black hole route
-----
Routing Table : 10091
Destinations : 171      Routes : 330
Destination/Mask      Proto  Pre  Cost    Flags NextHop          Interface
10.95.227.44/30      IBGP   200  0        RD  10.141.0.1        GigabitEthernet0/2/4.1100
10.95.227.48/30      IBGP   200  0        RD  10.141.0.2        GigabitEthernet0/2/4.1101
10.96.244.248/30     IBGP   200  0        RD  10.141.0.1        GigabitEthernet0/2/4.1100
10.96.244.252/30     IBGP   200  0        RD  10.141.0.2        GigabitEthernet0/2/4.1101
10.96.245.112/29     IBGP   200  0        RD  10.141.0.1        GigabitEthernet0/2/4.1100
10.96.245.120/29     IBGP   200  0        RD  10.141.0.2        GigabitEthernet0/2/4.1101
10.96.245.120/29     IBGP   200  0        RD  10.141.0.1        GigabitEthernet0/2/4.1100
10.96.245.236/32     IBGP   200  1        RD  10.141.0.1        GigabitEthernet0/2/4.1100
10.96.245.236/32     IBGP   200  1        RD  10.141.0.2        GigabitEthernet0/2/4.1101
10.96.245.243/32     IBGP   200  1        RD  10.141.0.1        GigabitEthernet0/2/4.1100
10.96.245.243/32     IBGP   200  1        RD  10.141.0.2        GigabitEthernet0/2/4.1101
10.224.2.0/30        IBGP   200  0        RD  10.141.0.1        GigabitEthernet0/2/4.1100
10.224.2.4/30        IBGP   200  0        RD  10.141.0.2        GigabitEthernet0/2/4.1101
10.224.2.8/30        IBGP   200  0        RD  10.141.0.1        GigabitEthernet0/2/4.1100
10.224.2.8/30        IBGP   200  0        RD  10.141.0.2        GigabitEthernet0/2/4.1101
10.224.2.12/30       IBGP   200  0        RD  10.141.0.1        GigabitEthernet0/2/4.1100
10.224.2.12/30       IBGP   200  0        RD  10.141.0.2        GigabitEthernet0/2/4.1101
10.224.2.16/30       IBGP   200  0        RD  10.141.0.1        GigabitEthernet0/2/4.1100
10.224.2.16/30       IBGP   200  0        RD  10.141.0.2        GigabitEthernet0/2/4.1101
10.224.2.28/30       IBGP   200  0        RD  10.141.0.1        GigabitEthernet0/2/4.1100
10.224.2.28/30       IBGP   200  0        RD  10.141.0.2        GigabitEthernet0/2/4.1101

```

Figura 29. Enrutamiento en VRF 10091 de LIM-APAS-DIST-ATN910C
Fuente: Elaboración propia

En la figura 30, se observa que la mayoría de los segmentos de red destino que se procesan mediante el protocolo iBGP por la VRF 10093, tienen 2 rutas por destino, con un siguiente salto a la dirección IP 10.140.0.1 y 10.140.0.2 por la interfaz que usa la VLAN 1100 y 1101, así mismo se observa que el número de destinos procesados es de 63 y el número de rutas es de 111.

```

<LIM-APAS-DIST-ATN910C>dis ip routing-table vpn-instance 10093
Route Flags: R - relay, D - download to fib, T - to vpn-instance, B - black hole route
-----
Routing Table : 10093
Destinations : 63      Routes : 111
Destination/Mask      Proto  Pre  Cost    Flags NextHop          Interface
10.95.227.52/30      IBGP   200  0        RD  10.141.0.1        GigabitEthernet0/2/4.1100
10.95.227.52/30      IBGP   200  0        RD  10.141.0.2        GigabitEthernet0/2/4.1101
10.95.227.56/30      IBGP   200  0        RD  10.141.0.1        GigabitEthernet0/2/4.1100
10.95.227.56/30      IBGP   200  0        RD  10.141.0.2        GigabitEthernet0/2/4.1101
10.141.16.44/30      IBGP   200  0        RD  10.141.0.1        GigabitEthernet0/2/4.1100
10.141.16.48/30      IBGP   200  0        RD  10.141.0.2        GigabitEthernet0/2/4.1101
10.141.64.0/20       IBGP   200  0        RD  10.141.0.1        GigabitEthernet0/2/4.1100
10.141.64.0/20       IBGP   200  0        RD  10.141.0.2        GigabitEthernet0/2/4.1101
10.141.68.0/24       IBGP   200  0        RD  10.141.0.1        GigabitEthernet0/2/4.1100
10.141.68.0/24       IBGP   200  0        RD  10.141.0.2        GigabitEthernet0/2/4.1101
10.141.80.0/22       IBGP   200  0        RD  10.141.0.1        GigabitEthernet0/2/4.1100
10.141.80.0/22       IBGP   200  0        RD  10.141.0.2        GigabitEthernet0/2/4.1101
10.141.84.0/23       IBGP   200  0        RD  10.141.0.1        GigabitEthernet0/2/4.1100
10.141.84.0/23       IBGP   200  0        RD  10.141.0.2        GigabitEthernet0/2/4.1101
10.141.96.0/20       IBGP   200  0        RD  10.141.0.1        GigabitEthernet0/2/4.1100
10.141.96.0/20       IBGP   200  0        RD  10.141.0.2        GigabitEthernet0/2/4.1101

```

Figura 30. Enrutamiento en VRF 10093 de LIM-APAS-DIST-ATN910C
Fuente: Elaboración propia

En la figura 31, se observa que la mayoría de los segmentos de red destino que se procesan mediante el protocolo iBGP por la VRF 10093, tienen 2 rutas por destino, con un siguiente salto a la dirección IP 10.140.0.1 y 10.140.0.2 por la interfaz que usa la VLAN 1100 y 1101, así mismo se observa que el número de destinos procesados es de 63 y el número de rutas es de 111.

```
<LIM-APAS-DIST-ATN910C>dis ip routing-table vpn-instance 250
Route Flags: R - relay, D - download to fib, T - to vpn-instance, B - black hole route
-----
Routing Table : 250
Destinations : 630      Routes : 1235

Destination/Mask    Proto  Pre  Cost    Flags NextHop          Interface
-----
 10.95.252.92/30    IBGP   255  0       RD  10.141.0.1          GigabitEthernet0/2/4.1100
 10.95.252.96/30    IBGP   255  0       RD  10.141.0.2          GigabitEthernet0/2/4.1101
 10.95.252.124/30   IBGP   255  0       RD  10.141.0.1          GigabitEthernet0/2/4.1100
 10.95.255.28/30    IBGP   255  0       RD  10.141.0.2          GigabitEthernet0/2/4.1101
 10.96.125.0/27     IBGP   255  0       RD  10.141.0.1          GigabitEthernet0/2/4.1100
 10.96.125.0/27     IBGP   255  0       RD  10.141.0.2          GigabitEthernet0/2/4.1101
 10.96.244.0/25     IBGP   255  0       RD  10.141.0.1          GigabitEthernet0/2/4.1100
 10.96.244.0/25     IBGP   255  0       RD  10.141.0.2          GigabitEthernet0/2/4.1101
 10.96.244.128/27   IBGP   255  0       RD  10.141.0.1          GigabitEthernet0/2/4.1100
 10.96.244.128/27   IBGP   255  0       RD  10.141.0.2          GigabitEthernet0/2/4.1101
 10.96.244.160/29   IBGP   255  0       RD  10.141.0.1          GigabitEthernet0/2/4.1100
 10.96.244.160/29   IBGP   255  0       RD  10.141.0.2          GigabitEthernet0/2/4.1101
 10.96.244.168/29   IBGP   255  0       RD  10.141.0.1          GigabitEthernet0/2/4.1100
 10.96.244.168/29   IBGP   255  0       RD  10.141.0.2          GigabitEthernet0/2/4.1101
```

Figura 31. Enrutamiento en VRF 250 de LIM-APAS-DIST-ATN910C
Fuente: Elaboración propia

En las figuras 32 y 33, se observa que la velocidad de entrada promedio en la subinterfaz que usa la VLAN 1030 en el equipo core Huacho 1, es de 50.536 kbps y en la subinterfaz configurada con VLAN 1086 en el equipo core Huacho 2, es de 65.568 kbps, así mismo se observa que la velocidad de salida promedio tiende a ser 0.

```
<LIM_SPO_COR_NE40-X2-M8A:01>dis interface GigabitEthernet0/3/3.1030
GigabitEthernet0/3/3.1030 current state : UP (ifindex: 151)
Line protocol current state : UP
Last line protocol up time : 2021-11-18 02:27:29-05:00
Link quality grade : GOOD
Description: HACIA ROUTER ATN DISTRITALES - Azteca Lurin
Route Port,The Maximum Transmit Unit is 8882
Internet Address is 10.141.107.1/24
IP Sending Frames' Format is PKTFMT_ETHNT_2, Hardware address is cccb-fedf-2f47
Encapsulation dot1q Virtual LAN, The number of Vlan is 1, Vlan ID 1030
Current system time: 2021-11-20 20:07:06-05:00
  Last 30 seconds input rate 50536 bits/sec, 54 packets/sec
  Last 30 seconds output rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
Input: 781128782 packets,111798551386 bytes
```

Figura 32. Velocidad promedio en equipo core usando VLAN 1030
Fuente: Elaboración propia

```

<LIM_SPO_COR_NE40-X2-M8A:02>dis interface GigabitEthernet0/3/3.1086
GigabitEthernet0/3/3.1086 current state : UP (ifindex: 146)
Line protocol current state : UP
Last line protocol up time : 2021-11-18 01:32:31-05:00
Link quality grade : GOOD
Description: HACIA ROUTER ATN DISTRITALES - Azteca Lurin
Route Port,The Maximum Transmit Unit is 8882
Internet Address is 10.141.108.1/24
IP Sending Frames' Format is PKTFMT_ETHNT_2, Hardware address is ccbb-fedf-2e0f
Encapsulation dot1q Virtual LAN, The number of Vlan is 1, Vlan ID 1086
Current system time: 2021-11-20 20:08:59-05:00
  Last 30 seconds input rate 65568 bits/sec, 55 packets/sec
  Last 30 seconds output rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
Input: 777331357 packets,112027035379 bytes

```

Figura 33. Velocidad promedio en equipo core usando VLAN 1086
Fuente: Elaboración propia

En las figuras 34 y 35, se observa que la velocidad de salida promedio en la subinterfaz que usa la VLAN 1100 en el primer equipo core POLO2, es de 445.853568 Mbps y en la subinterfaz configurada con VLAN 1101 en el segundo equipo core POLO2, es de 439.628480 Mbps. Así mismo, se observa una velocidad de entrada promedio de 73.843072 Mbps en el primer equipo core POLO2 y de 34.075312 Mbps en el segundo equipo core POLO2.

```

<LIM_SPO_COR_NE40-X2-M8A:01>dis interface GigabitEthernet0/3/3.1100
GigabitEthernet0/3/3.1100 current state : UP (ifindex: 149)
Line protocol current state : UP
Last line protocol up time : 2021-11-18 02:27:29-05:00
Link quality grade : GOOD
Description: HACIA ROUTER ATN DISTRITALES
Route Port,The Maximum Transmit Unit is 8882
Internet Address is 10.141.105.1/24
IP Sending Frames' Format is PKTFMT_ETHNT_2, Hardware address is ccbb-fedf-2f47
Encapsulation dot1q Virtual LAN, The number of Vlan is 1, Vlan ID 1100
Current system time: 2021-11-20 20:07:01-05:00
  Last 30 seconds input rate 73846072 bits/sec, 36764 packets/sec
  Last 30 seconds output rate 445853568 bits/sec, 63618 packets/sec

```

Figura 34. Velocidad promedio en equipo core usando VLAN 1100
Fuente: Elaboración propia

```

<LIM_SPO_COR_NE40-X2-M8A:02>dis interface GigabitEthernet0/3/3.1101
GigabitEthernet0/3/3.1101 current state : UP (ifindex: 144)
Line protocol current state : UP
Last line protocol up time : 2021-11-18 01:32:31-05:00
Link quality grade : GOOD
Description: HACIA ROUTER ATN DISTRITALES
Route Port,The Maximum Transmit Unit is 8882
Internet Address is 10.141.106.1/24
IP Sending Frames' Format is PKTFMT_ETHNT_2, Hardware address is ccbb-fedf-2e0f
Encapsulation dot1q Virtual LAN, The number of Vlan is 1, Vlan ID 1101
Current system time: 2021-11-20 20:08:56-05:00
  Last 30 seconds input rate 34075312 bits/sec, 16875 packets/sec
  Last 30 seconds output rate 439628480 bits/sec, 56255 packets/sec
Input: 105604392466 packets,28212611948122 bytes
      104189958143 unicast,607308849 broadcast,807125474 multicast

```

Figura 35. Velocidad promedio en equipo core usando VLAN 1101
Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. Con las pruebas realizadas, se observó que cada equipo agregador prioriza la transmisión de información hacia uno de los equipos core situados en Huacho, por la interfaz conectada directamente a estos por medio de la RDNFO.
2. Con las pruebas realizadas, se observó que cada equipo agregador tiene un enlace secundario con 1 solo equipo de tránsito para transmitir la información hacia el datacenter situado en Huacho.
3. Se identificó que en promedio el 98.8% de la información que se recibe en el equipo LIM-PACCHO-DIST-ATN910C, es transmitida desde el segundo equipo core POLO2 y dirigida hacia el servicio con VRF 10091.
4. Se identificó que en promedio el 99.7% de la información que se recibe en el equipo LIM-CORCONA-DIST-ATN910C, es transmitida desde el primer equipo core POLO2 y dirigida hacia el servicio con VRF 10091.
5. Se identificó que más del 90% de la información recibida en los equipos distritales analizados, pertenece a un solo flujo de datos del servicio con VRF 10091, causando gran desigualdad en el consumo de ancho de banda en las subinterfaces con VLAN 1100 y 1101.
6. Con los datos obtenidos, se observó que el primer equipo core POLO2 transmite aproximadamente el 50.35% de toda la información transmitida hacia los equipos distritales.
7. Con los datos obtenidos, se observó que el primer equipo core POLO2 recibe aproximadamente el 68.4% de toda la información transmitida desde los equipos distritales.
8. Con relación a los valores de velocidad promedio observados en las subinterfaces que usan las VLAN 1030 y 1086 de los equipos core POLO2, se identificó que se mantienen como reserva y no transmiten información.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda analizar los atributos del protocolo BGP para la aplicación de balanceo de carga, dado que estos deben tener el mismo valor para que el costo de las diferentes rutas, sea homogéneo y se puedan procesar en la tabla de enrutamiento BGP.
2. Es recomendable realizar las operaciones en la infraestructura de red, a primeras horas del día (entre las 00:00 a 06:00 am), puesto que en caso de presentarse una avería en la misma, se disminuiría considerablemente el nivel de afectación al usuario final.
3. Para cambios masivos en la red, se recomienda realizar las operaciones de manera gradual y planificada, corroborando el funcionamiento de cada fase del proyecto realizado y monitoreando los parámetros al día siguiente de su ejecución.

BIBLIOGRAFÍA

- Ariganello, E. (2014). *Guía de estudio para la certificación CCNA Routing y Switching*. México, México: RA-MA.
- Black, U. D. (2001). *MPLS and Label Switching Networks*. Michigan: Prentice Hall.
- Bruce S. Davie, A. F. (2008). *MPLS: Next Steps*. Morgan Kaufmann.
- Catro, E. S. (2015). Diseño y simulación de una red MPLS para interconectar estaciones remotas utilizando el emulador GNS3. (*Trabajo de titulación*). Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador.
- Choque, M. D., & Jallo, T. P. (2020). Balanceo de carga y calidad de servicio sobre dispositivos MIKROTIK para el acceso a INTERNET en la Municipalidad Provincial de Puno - 2019. (*Tesis de pregrado*). Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Puno, Perú.
- Cisco Networking Academy Program. (2016). *Módulo 3: Escalamiento de Redes v5.0*. Obtenido de <https://www.itesa.edu.mx/netacad/scaling/index.html>
- Cortés, L. M. (2005). *Redes MPLS: Fundamentos, aplicación y gestión de recursos*. (*Trabajo de titulación*). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Davie, B., & Farrel, A. (2008). *MPLS: Next Steps*. Morgan Kaufmann.
- Gray, E. W. (2001). *MPLS: Implementing the Technology*. Michigan: Addison-Wesley.
- Jácome, R. X. (2019). Propuesta de una solución IP-RAN para la ampliación de la red de transmisión de cuarta generación para mejorar el servicio de datos móviles de una operadora de telefonía celular en la ciudad de Riobamba. (*Trabajo de titulación*). Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Luna, J. (2009). Medición y análisis de tráfico en redes MPLS. (*Tesis de pregrado*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

- Muñoz, J. O. (2017). Implementación de balanceo de carga de internet con MIKROTIK en la dirección de Red de Salud Conchucos Sur – Huari. (*Tesis de pregrado*). Universidad Católica los Ángeles de Chimbote, Chimbote, Perú.
- Odom, W. (2016). *CCNA Routing and Switching 200-125 Official Cert Guide Library*. Cisco Press.
- Orozco, F. (2014). Diseño de una red privada virtual con tecnología MPLS para la Carrera de Ingeniería de Networking de la Universidad de Guayaquil. (*Tesis de posgrado*). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Paredes, L. H. (2021). Diseño de una red de proveedor de servicios de telecomunicaciones basado en Arquitectura SR-MPLS. (*Tesis de postgrado*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Peru.
- Ramos, W. D. (2019). Modelo de red con tecnología MPLS para la mejora de la calidad de servicio en la red WAN de la Universidad Nacional de Huancavelica. (*Tesis de posgrado*). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.
- Velasquez, G. A. (2017). Diseño e implementación de un servicio de seguridad administrada e interconexión de datos utilizando tecnología MPLS para el Instituto del Mar del Perú. (*Trabajo de titulación*). Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima, Perú.

ANEXOS

ANEXO 1: Configuración VLL y VPLS – Ruta primaria

#EQUIPO DISTRIBUIDOR	#EQUIPO CORE HUACHO 1
# HABILITACION SESION LDP	# HABILITACION SESION LDP
<pre> mpls ldp remote-peer HUACHO_01 remote-ip IP_CORE.HUACHO1 # mpls ldp remote-peer HUACHO_02 remote-ip IP_CORE.HUACHO2 # </pre>	<pre> mpls ldp remote-peer DISTRIBUIDOR remote-ip DISTRIBUIDOR # </pre>
CONFIGURACIÓN VPLS	CONFIGURACIÓN VPLS
<pre> vsi 20001100 pwsignal ldp vsi-id 20001100 peer IP_CORE.HUACHO1 mtu 2022 encapsulation ethernet # vsi 20001101 pwsignal ldp vsi-id 20001101 peer IP_CORE.HUACHO2 mtu 2022 encapsulation ethernet # </pre>	<pre> vsi 20001100 pwsignal ldp vsi-id 20001100 peer IP_DISTRIBUIDOR mtu 2022 encapsulation ethernet # interface GigabitEthernet2/0/Y.1100 vlan-type dot1q 1100 mtu 2022 description Integracion PRINCIPAL to PE_HUACHO4 l2 binding vsi 20001100 </pre>
	#EQUIPO CORE HUACHO 2
	# HABILITACION SESION LDP
<pre> interface GigabitEthernet2/0/Y.1100 vlan-type dot1q 1100 mtu 2022 description Integracion PRINCIPAL - DISTRIBUIDOR l2 binding vsi 20001100 # interface GigabitEthernet2/0/Y.1101 vlan-type dot1q 1101 mtu 2022 description Integracion PRINCIPAL - DISTRIBUIDOR l2 binding vsi 20001101 </pre>	<pre> mpls ldp remote-peer DISTRIBUIDOR remote-ip DISTRIBUIDOR # </pre>
	CONFIGURACIÓN VPLS
	<pre> vsi 20001101 pwsignal ldp vsi-id 20001101 peer IP_DISTRIBUIDOR mtu 2022 encapsulation ethernet # interface GigabitEthernet2/0/Y.1101 vlan-type dot1q 1101 mtu 2022 description Integracion PRINCIPAL to PE_HUACHO5 l2 binding vsi 20001101 </pre>

PE POLO2_01	PE POLO2_02
# HABILITACIÓN SESION LDP	# HABILITACIÓN SESION LDP
<pre> mpls ldp remote-peer to_PE_HUACHO4 remote-ip IP_PE_HUACHO4 # pw-template L2ModoVLAN_PRONATEL control-word # </pre>	<pre> mpls ldp remote-peer to_PE_HUACHO5 remote-ip IP_PE_HUACHO5 # pw-template L2ModoVLAN_PRONATEL control-word # </pre>
CONFIGURACIÓN DE INTERFAZ	CONFIGURACIÓN DE INTERFAZ
<pre> interface GigabitEthernet7/0/2.1100 vlan-type dot1q 1100 mtu 1552 description INTX Red de Acceso Fitel - IP Core 01 statistic enable mpls l2vc IP_PE_HUACHO4 pw-template L2ModoVLAN_PRONATEL 1100 # </pre>	<pre> interface GigabitEthernet7/0/2.1101 vlan-type dot1q 1101 mtu 1552 description INTX Red de Acceso Fitel - IP Core 02 statistic enable mpls l2vc IP_PE_HUACHO5 pw-template L2ModoVLAN_PRONATEL 1101 # </pre>
PE HUACHO 4	PE HUACHO 5
# HABILITACION SESION LDP	# HABILITACION SESION LDP
<pre> mpls ldp remote-peer to_PE_POLO2_1 remote-ip IP_PE_POLO2_1 # pw-template L2ModoVLAN_PRONATEL control-word # </pre>	<pre> mpls ldp remote-peer to_PE_POLO2_2 remote-ip IP_PE_POLO2_2 # pw-template L2ModoVLAN_PRONATEL control-word # </pre>
CONFIGURACIÓN DE INTERFAZ	CONFIGURACIÓN DE INTERFAZ
<pre> interface GigabitEthernet2/1/3.1100 vlan-type dot1q 1100 mtu 1552 description INTX CORE_HUACHO 01 statistic enable mpls l2vc IP_PE_POLO2_1 pw-template L2ModoVLAN_PRONATEL 1100 # </pre>	<pre> interface GigabitEthernet2/1/3.1101 vlan-type dot1q 1101 mtu 1552 description INTX CORE_HUACHO 02 statistic enable mpls l2vc IP_PE_POLO2_2 pw-template L2ModoVLAN_PRONATEL 1101 # </pre>

ANEXO 2: Configuración VLL y VPLS – Ruta secundaria

#EQUIPO DISTRIBUIDOR	#EQUIPO CORE HUACHO 1
# HABILITACION SESION LDP	# HABILITACION SESION LDP
<pre> mpls ldp remote-peer HUACHO_01 remote-ip IP_CORE.HUACHO1 # mpls ldp remote-peer HUACHO_02 remote-ip IP_CORE.HUACHO2 # </pre>	<pre> mpls ldp remote-peer DISTRIBUIDOR remote-ip DISTRIBUIDOR # </pre>
CONFIGURACIÓN VPLS	CONFIGURACIÓN VPLS
<pre> vsi 20001030 pwsignal ldp vsi-id 20001030 peer IP_CORE.HUACHO1 mtu 2022 encapsulation ethernet # vsi 20001086 pwsignal ldp vsi-id 20001086 peer IP_CORE.HUACHO2 mtu 2022 encapsulation ethernet # </pre>	<pre> vsi 20001030 pwsignal ldp vsi-id 20001030 peer IP_DISTRIBUIDOR mtu 2022 encapsulation ethernet # interface GigabitEthernet2/0/Y.1030 vlan-type dot1q 1030 mtu 2022 description Integracion SECUNDARIO to RDNFO l2 binding vsi 20001030 </pre>
<pre> interface GigabitEthernet2/0/Y.1030 vlan-type dot1q 1030 mtu 2022 description Integracion SECUNDARIO - DISTRIBUIDOR l2 binding vsi 20001030 </pre>	#EQUIPO CORE HUACHO 2
	# HABILITACION SESION LDP
	<pre> mpls ldp remote-peer DISTRIBUIDOR remote-ip DISTRIBUIDOR # </pre>
	CONFIGURACIÓN VPLS
	<pre> vsi 20001086 pwsignal ldp vsi-id 20001086 peer IP_DISTRIBUIDOR mtu 2022 encapsulation ethernet # </pre>
<pre> # interface GigabitEthernet2/0/Y.1086 vlan-type dot1q 1086 mtu 2022 description Integracion SECUNDARIO - DISTRIBUIDOR l2 binding vsi 20001086 </pre>	<pre> interface GigabitEthernet2/0/Y.1086 vlan-type dot1q1086 mtu 2022 description Integracion SECUNDARIO to RDNFO l2 binding vsi 20001086 </pre>

PE VES	PE POLO2_01
# HABILITACION SESION LDP	# HABILITACIÓN SESION LDP
mpls ldp remote-peer to_PE_POLO2_1 remote-ip IP_PE_POLO2_1 # pw-template L2ModoVLAN_PRONATEL control-word # mpls ldp remote-peer to_PE_POLO2_2 remote-ip IP_PE_POLO2_2	mpls ldp remote-peer to_PE_VILLA remote-ip IP_PE_VILLA # pw-template L2ModoVLAN_PRONATEL control-word #
CONFIGURACIÓN DE INTERFAZ	CONFIGURACIÓN DE INTERFAZ
interface GigabitEthernet2/1/X.1030 vlan-type dot1q 1030 mtu 1552 description INTX CORE_PE_POLO2_1 statistic enable mpls l2vc IP_PE_POLO2_1 pw-template L2ModoVLAN_PRONATEL 1030	interface GigabitEthernet7/0/X.1030 vlan-type dot1q 1030 mtu 1552 description INTX Red de Acceso Fitel - IP Core 01 statistic enable mpls l2vc IP_PE_VILLA pw-template L2ModoVLAN_PRONATEL 1030 #
	PE POLO2_02
CONFIGURACIÓN DE INTERFAZ	# HABILITACIÓN SESION LDP
interface GigabitEthernet2/1/X.1086 vlan-type dot1q 1086 mtu 1552 description INTX CORE_PE_POLO2_2 statistic enable mpls l2vc IP_PE_POLO2_2 pw-template L2ModoVLAN_PRONATEL 1030	mpls ldp remote-peer to_PE_VILLA remote-ip IP_PE_VILLA # pw-template L2ModoVLAN_PRONATEL control-word #
	CONFIGURACIÓN DE INTERFAZ
	interface GigabitEthernet7/0/X.1086 vlan-type dot1q 1086 mtu 1552 description INTX Red de Acceso Fitel - IP Core 02 statistic enable mpls l2vc IP_PE_VILLA pw-template L2ModoVLAN_PRONATEL 1086 #

ANEXO 3: Configuración de equipos distritales y core de acceso

CORE POLO2_01	CORE POLO2_02
RUTA PRINCIPAL	
CONFIGURACIÓN DE INTERFAZ	CONFIGURACIÓN DE INTERFAZ
<pre>interface GigabitEthernet0/3/X.1100 vlan-type dot1q 1100 mtu 8882 description HACIA ROUTER ATN DISTRITALES set flow-stat interval 30 ip address X.X.X.1 255.255.255.0 statistic enable ospf authentication-mode md5 1 cipher CLAVE_MD5 ospf cost 5 ospf dr-priority 200 ospf ldp-sync ospf timer ldp-sync hold-max-cost infinite mpls mpls ldp mpls ldp timer hello-send 3 # ospf 100 area 0 net X.X.X.1 0.0.0.0 description WAN VLAN 1100 #</pre>	<pre>interface GigabitEthernet0/3/X.1101 vlan-type dot1q 1101 mtu 8882 description HACIA ROUTER ATN DISTRITALES set flow-stat interval 30 ip address Y.Y.Y.1 255.255.255.0 statistic enable ospf authentication-mode md5 1 cipher CLAVE_MD5 ospf cost 5 ospf dr-priority 100 ospf ldp-sync ospf timer ldp-sync hold-max-cost infinite mpls mpls ldp mpls ldp timer hello-send 3 # ospf 100 area 0 net Y.Y.Y.1 0.0.0.0 description WAN VLAN 1101 #</pre>
RUTA SECUNDARIA	
CONFIGURACIÓN DE INTERFAZ	CONFIGURACIÓN DE INTERFAZ
<pre>interface GigabitEthernet0/3/X.1030 vlan-type dot1q 1100 mtu 8882 description HACIA ROUTER ATN DISTRITALES set flow-stat interval 30 ip address Z.Z.Z.1 255.255.255.0 statistic enable ospf authentication-mode md5 1 cipher CLAVE_MD5 ospf cost 5 ospf dr-priority 200 ospf ldp-sync ospf timer ldp-sync hold-max-cost infinite mpls mpls ldp mpls ldp timer hello-send 3 # ospf 100 area 0 net Z.Z.Z.1 0.0.0.0 description WAN VLAN 1030 #</pre>	<pre>interface GigabitEthernet0/3/X.1086 vlan-type dot1q 1101 mtu 8882 description HACIA ROUTER ATN DISTRITALES set flow-stat interval 30 ip address W.W.W.1 255.255.255.0 statistic enable ospf authentication-mode md5 1 cipher CLAVE_MD5 ospf cost 5 ospf dr-priority 100 ospf ldp-sync ospf timer ldp-sync hold-max-cost infinite mpls mpls ldp mpls ldp timer hello-send 3 # ospf 100 area 0 net W.W.W.1 0.0.0.0 description WAN VLAN 1086 #</pre>

EQUIPO DISTRITAL	
CONFIGURACIÓN DE INTERFAZ - RUTA PRINCIPAL	CONFIGURACIÓN DE INTERFAZ - RUTA SECUNDARIA
<pre>interface GigabitEthernet0/2/X.1100 vlan-type dot1q 1100 mtu 8882 description Hacia CORE POLO2:01 set flow-stat interval 30 control-flap ip address X.X.X.2 255.255.255.0 statistic enable ospf authentication-mode md5 1 cipher <i>PASSWORD</i> ospf cost 1000 ospf dr-priority 0 ospf ldp-sync ospf timer ldp-sync hold-max-cost infinite mpls mpls ldp mpls ldp timer hello-send 3 # interface GigabitEthernet0/2/X.1101 vlan-type dot1q 1101 mtu 8882 description Hacia CORE POLO2:02 set flow-stat interval 30 control-flap ip address Y.Y.Y.2 255.255.255.0 statistic enable ospf authentication-mode md5 1 cipher <i>PASSWORD</i> ospf cost 1000 ospf dr-priority 0 ospf ldp-sync ospf timer ldp-sync hold-max-cost infinite mpls mpls ldp mpls ldp timer hello-send 3 #</pre>	<pre>interface GigabitEthernet0/2/X.1030 vlan-type dot1q 1030 mtu 8882 description Hacia CORE POLO2:01 set flow-stat interval 30 control-flap ip address Z.Z.Z.2 255.255.255.0 statistic enable ospf authentication-mode md5 1 cipher <i>PASSWORD</i> ospf cost 65000 ospf dr-priority 0 ospf ldp-sync ospf timer ldp-sync hold-max-cost infinite mpls mpls ldp mpls ldp timer hello-send 3 # interface GigabitEthernet0/2/X.1086 vlan-type dot1q 1086 mtu 8882 description Hacia CORE POLO2:02 set flow-stat interval 30 control-flap ip address W.W.W.2 255.255.255.0 statistic enable ospf authentication-mode md5 1 cipher <i>PASSWORD</i> ospf cost 65000 ospf dr-priority 0 ospf ldp-sync ospf timer ldp-sync hold-max-cost infinite mpls mpls ldp mpls ldp timer hello-send 3 #</pre>
CONFIGURACIÓN OSPF	CONFIGURACIÓN OSPF
<pre>ospf 100 area 0 network X.X.X.2 0.0.0.0 description WAN VLAN 1100 network Y.Y.Y.2 0.0.0.0 description WAN VLAN 1101</pre>	<pre>ospf 100 area 0 network Z.Z.Z.2 0.0.0.0 description WAN VLAN 1030 network W.W.W.2 0.0.0.0 description WAN VLAN 1086</pre>
CONFIGURACIÓN BGP	CONFIGURACIÓN BGP
<pre>bgp 65100 ipv4-family vpn-instance 10090 maximum load-balancing ibgp 2 # ipv4-family vpn-instance 10091 maximum load-balancing ibgp 2 # ipv4-family vpn-instance 10093 maximum load-balancing ibgp 2 # ipv4-family vpn-instance 250 maximum load-balancing ibgp 2 #</pre>	<pre>bgp 65100 ipv4-family vpn-instance 10090 maximum load-balancing ibgp 2 # ipv4-family vpn-instance 10091 maximum load-balancing ibgp 2 # ipv4-family vpn-instance 10093 maximum load-balancing ibgp 2 # ipv4-family vpn-instance 250 maximum load-balancing ibgp 2 #</pre>
CONFIGURACIÓN DE INTERFAZ - ANTIGUA SOLUCIÓN	CONFIGURACIÓN DE INTERFAZ - ANTIGUA SOLUCIÓN
<pre>interface GigabitEthernetG0/2/Y.VLAN.A ospf cost 65000 # interface GigabitEthernetG0/2/Y.VLAN.B ospf cost 65000 #</pre>	<pre>interface GigabitEthernetG0/2/Y.VLAN.A ospf cost 65000 # interface GigabitEthernetG0/2/Y.VLAN.B ospf cost 65000 #</pre>