ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

ESTUDIO Y DISEÑO PARA LA MIGRACIÓN DE UNA RED GIGABIT ETHERNET DE DATOS DE UNA EMPRESA PORTADORA DE SERVICIOS A LA TECNOLOGÍA MPLS (MULTIPROTOCOL LABEL SWITCHING)

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

JULIA SOLEDAD MARCHÁN MERINO

julliamarchan@hotmail.com

DANIEL ALFONSO YÁNEZ QUINTANA

dannpol@hotmail.com

DIRECTOR: ING. CARLOS HERRERA

cherrera@mailfie.epn.edu.ec

Quito, Abril de 2008

DECLARACIÓN

Nosotros, Julia Soledad Marchán Merino y Daniel Alfonso Yánez Quintana, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

_____ _____

Julia Soledad Marchán Merino Daniel Alfonso Yánez Quintana

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Julia Soledad Marchán Merino y Daniel Alfonso Yánez Quintana, bajo mi supervisión.

_____

Ing. Carlos Herrera

DIRECTOR DEL PROYECTO

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a mis padres, que con su comportamiento ejemplar, siempre me han inculcado que con responsabilidad, persistencia y sacrificio se logra conseguir los objetivos y metas propuestas en el ámbito personal y profesional. Culminar con esta etapa importante de mi vida, no hubiese sido posible sin contar con su apoyo incondicional acompañado de todo su cariño y comprensión, ya que gracias a aquello, he sabido superar las diferentes adversidades que se presentaron a lo largo de la carrera.

A mi abuelito, que aunque físicamente ya no se encuentra a mi lado, siempre lo llevo en mi corazón, y sé que desde donde que él está, me ha protegido y cuidado de mí.

A mi hermana y a mis tíos, gracias por su constante preocupación, sus consejos e incentivos fueron importantes, para poder superar los momentos difíciles de la carrera.

A Julita, que es la persona con la que he compartido momentos felices y tristes a lo largo de la carrera, su actitud positiva, acompañado de su constante empeño, fueron factores importantes al momento de finalizar el presente proyecto.

DANIEL YÁNEZ QUINTANA

DEDICATORIA

A mi madre por su apoyo incondicional, por darme el ejemplo para seguir adelante, a mis hermanos por siempre estar alado mío en los momentos más difíciles, a mi abuelito por siempre creer en mí y apoyarme cuando más lo necesite y a mi abuelita que a pesar de la distancia siempre está en mi corazón apoyándome para culminar la carrera y ayudándome a seguir adelante.

A Daniel por ser la persona con la que he compartido los buenos y malos momentos, quien con su apoyo, paciencia y empeño puesto para culminar con este trabajo.

JULIA MARCHÁN

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios, por iluminar nuestras vidas, encaminarnos por el sendero del bien y darnos paz espiritual, para poder culminar con uno de los principales objetivos planteados al inicio de nuestra formación profesional. A nuestros padres, por brindarnos todo su apoyo y cariño para seguir adelante en el transcurso de toda la carrera y en el desarrollo de éste trabajo final, a nuestros familiares y amigos por su constante preocupación y al Ingeniero Carlos Herrera por su paciencia, tiempo y valiosos consejos, en los momentos requeridos.

JULIA MARCHÁN

DANIEL YÁNEZ Q.

CONTENIDO

CAPÍTULO 1: ESTUDIO DE LA RED GIGABIT ETHERNET Y MPLS.....1

1.1 REDES ETHERNET.....1
1.1.1 Introducción.....1
1.1.2 Evolución de redes Ethernet.....2
1.1.3 Gigabit Ethernet.....4

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA RED DE LA EMPRESA PORTADORA.....7
1.2.1 Situación actual de Telconet.....9
1.2.2 Estructura del Backbone.....11
1.2.2.1 Elementos que conforman los nodos.....13
1.2.2.2 Fibra óptica.....14
1.2.2.2.1 Fibra óptica Multimodo.....15
1.2.2.2.2 Fibra óptica Monomodo.....17
1.2.2.2.3 Fibra oscura.....19
1.2.2.3 Descripción de la Fibra óptica de Telconet.....19
1.2.2.4 Componentes del Backbone.....25
1.2.2.5 Nodos Principales.....26
1.2.2.6 Funcionamiento del Backbone.....30
1.2.3 Ventajas y desventajas del servicio ofrecido por Telconet.....32

1.3 MULTIPROTOCOLO DE CONMUTACIÓN DE ETIQUETAS (MPLS).....33
1.3.1 Introducción.....33
1.3.2 Arquitectura.....35
1.3.3 Formato de etiqueta MPLS.....36
1.3.4 Elementos de MPLS.....37
1.3.4.1 Ruteador de conmutación de etiquetas (LSR).....38
1.3.4.2 Clase equivalente de enrutamiento (FEC).....38
1.3.4.3 Ruteador de conmutación de etiquetas de borde (LER).....39
1.3.4.4 Rutas conmutadas mediante etiquetas (LSP).....39
1.3.5 Funcionamiento de MPLS.....40
1.3.5.1 Componente de control.....41
1.3.5.1.1 Alternativas de distribución de etiqueta con control ordenado.42
1.3.5.2 Componente de envío..... 43
1.3.5.3 Funcionamiento general de MPLS.....44
1.3.5.4 Protocolo de distribución de etiquetas (LDP).....45

1.4 APLICACIONES DE MPLS.....45
1.4.1 Ingeniería de tráfico.....46
1.4.2 Calidad de Servicio.....48
1.4.3 Clases de servicio 49
1.4.4 Redes Privadas Virtuales (VPNs).....50

CAPÍTULO 2: MIGRACIÓN DE LA RED GIGABITH ETHERNET A MPLS....52

2.1 ASPECTOS IMPORTANTES.....52

2.2 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO……53
2.2.1 Requerimientos para la migración de la red actual……53

2.3 DISEÑO JERÁRQUICO EN TRES CAPAS……54

2.4 DISEÑO DE LA RED MPLS……55
2.4.1 Diseño de la capa Core……56
2.4.1.1 Criterios de diseño de la capa Core……56
2.4.1.2 Estudio del tráfico de los nodos de la red actual……58
2.4.1.3 Descripción topológica de los nodos……64
2.4.1.4 Elección de los nodos de la capa Core……65
2.4.2 Diseño de la capa Distribución……67
2.4.3 Diseño de la capa Acceso……68
2.4.4 Dimensionamiento del backbone MPLS……71

2.5 INGENIERIA DE TRÁFICO EN MPLS……72
2.5.1 Objetivos del funcionamiento de la Ingeniería de Tráfico……72
2.5.2 Principios básicos de la Ingeniería de Tráfico……73
2.5.3 Balance de carga en MPLS……74
2.5.4 Enrutamiento en MPLS……74
2.5.4.1 Protocolo IS-IS……74
2.5.4.2 Protocolo OSPF……75
2.5.5 Señalización en MPLS……77
2.5.5.1 Protocolo RSVP……77
2.5.5.2 Protocolo CR-LDP……81
2.5.6 Calidad de servicio……82

2.6 REDES PRIVADAS VIRTUALES CON MPLS……83
2.6.1 Componentes de una red MPLS con VPN……84
2.6.2 Especificaciones de una VPN de Nivel 3……85
2.6.3 Ventajas de implementar MPLS con VPNs……86

2.7 PROCESO DE MIGRACIÓN……87
2.7.1 Implementación de VLANs dentro de la red MPLS……88
2.7.2 Monitoreo de la red MPLS……88

2.8 VENTAJAS DE MIGRAR A MPLS ……89

CAPÍTULO 3: SELECCIÓN DE EQUIPOS Y ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA EL DISEÑO DE LA RED MPLS……90

3.1 EQUIPOS DE LA CAPA DE CORE ……90
3.1.1 Requerimientos de equipos para la capa Core……90
3.1.2 Selección de equipos para la capa Core……91
3.1.3 Requerimientos para la adquisición de equipos LER MPLS……93

3.1.4 Selección de equipos LER MPLS……..……..93

3.2 EQUIPOS DE LA CAPA DE DISTRIBUCIÓN……96
3.2.1 Requerimientos de los equipos de la Capa Distribución……96
3.3.2 Selección de equipos de la Capa Distribución……..…...96

3.3 EQUIPOS DE LA CAPA DE ACCESO……99
3.3.1 Requerimientos de los equipos de la Capa Acceso……99
3.3.2 Selección de equipos de la capa Acceso……..…...99
3.3.3 Selección de los equipos terminales……...102
3.3.4 Elección de transceivers……..…….....……..……..….104

3.4 DESCRIPCIÓN DE COSTOS……..….105

3.5 PROYECCIÓN FUTURA……...…107

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES……109

4.1 CONCLUSIONES……...……109

4.2 RECOMENDACIONES……..……111

BIBLIOGRAFÍA……112

ANEXOS……...……....115

ANEXO 1: Información proporcionada por Telconet
ANEXO 2: Características técnicas de los equipos utilizados
ANEXO 3: RFC 3031

RESUMEN

El presente proyecto titulado: “Estudio y diseño para la migración de una red Gigabit Ethernet de datos de una empresa portadora de servicios a la tecnología MPLS (Multiprotocol Label Switching)”, tiene como objetivo ser una solución para un mejor desempeño de las redes de datos de empresas portadoras de servicios de telecomunicaciones

Este proyecto se desarrolla en función de los siguientes capítulos:

El capítulo uno presenta información general de la tecnología Ethernet, seguidamente se realiza una descripción y un estudio de la red de la empresa portadora de servicios, en donde se indica su situación y estructura actual. Además se realiza el estudio de la tecnología MPLS, donde se describe su arquitectura, funcionamiento y aplicaciones.

En el segundo capítulo se presenta la descripción del diseño para la migración de la red Gigabit Ethernet de la empresa portadora de servicios, a la tecnología MPLS, en el Distrito Metropolitano de Quito, para lo cual se realiza un diseño jerárquico en tres capas. También contempla la Ingeniería de Tráfico, que MPLS puede realizar en las redes de backbone, mediante protocolos de enrutamiento y señalización, adicionalmente se describen métodos de seguridad para la red, a través de la implementación de Redes Privadas Virtuales (VPNs).

En el tercer capítulo se presenta la estimación de costos para el Proyecto, lo que muestra una idea del capital que se necesita para una futura implementación de la red.

En el cuarto capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones remitidas a los resultados obtenidos en el desarrollo del presente Proyecto

Finalmente se presentan anexos que contienen documentación que contemplan la comprensión del Proyecto.

PRESENTACIÓN

El crecimiento de las redes actuales de telecomunicaciones se hace evidente, y ante la cambiante tecnología que se ha desarrollado en el mundo, las empresas portadoras de servicios, se ven obligadas a actualizar la infraestructura existente y mejorar los servicios brindados a los clientes.

El presente Proyecto, propone una alternativa de diseño para la migración de la red Gigabit Ethernet de la empresa portadora a la tecnología MPLS (Multiprotocol Label Switching), para ayudar a resolver las necesidades que tienen los usuarios de dicha red, agilitando y mejorado los servicios.

Implementar la tecnología MPLS en la empresa portadora, implica adquirir servicios con los que actualmente no cuenta, como son principalmente la Clases de Servicio y Calidad de Servicio, para ofrecer prioridades a las diferentes aplicaciones que manejan los clientes, especialmente aquellas que se realizan en tiempo real.

La seguridad en la red de la empresa portadora, es un aspecto necesario e importante a considerar, para lo cual éste Proyecto propone el uso de VPNs asociado con la tecnología MPLS, haciendo que el transporte de datos dentro de toda la red tenga un alto grado de confiabilidad.

La solución tecnológica MPLS, se considera como una alternativa que puede permitir ahorro en la implementación de redes de telecomunicaciones, al posibilitar una arquitectura de red más optimizada, para manejar grandes volúmenes de tráfico que las redes actuales, además ofrece un transporte efectivo y optimiza la conmutación para un volumen de tráfico elevado.

Con las consideraciones mencionadas, el diseño de migración propuesto en éste Proyecto, pretende mejorar los servicios ofrecidos por Telconet, a través de la tecnología MPLS, para que la red actual adquiera una infraestructura moderna y con mejores funcionalidades.

GLOSARIO

ANSI Instituto Nacional Americano de Estándares (American National Standards Institute)

ATM Modo de transferencia asincrónica (Asyncrhronous Transfer Mode)

ARP Protocolo de resolución de direcciones (Address Resolution Protocol)

BGP Protocolo de gateway fronterizo (Border Gateway Protocol)

CSMA Acceso múltiple con detección de portadora (Carrier Sense Multiple Access)

CSMA/CD Acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection).

CBR Servicio de tasa de bits continua (Continuos Bit Rate Service)

CoS Clases de Servicio (Class of Service)

CR-LDP Protocolo de distribución de etiquetas con enrutamiento basado en restricciones (Constraint Based Routing Label Distribution Protocol)

DLCI Identificador de conexión de enlace de datos (Data Link Connection Identifier)

DTE Equipo terminal de datos, (Data Terminal Equipment)

FEC Clase equivalente de envío (Forward Equivalence Class)

HDCL Control de enlace de datos de alto nivel (High-level Data Link Control)

ICMP Protocolo de mensaje de control en Internet (Internet Control Message Protocol)

IEEE Instituto de Ingenieros Electrónicos y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronic Engineers)

IETF Fuerza de Tareas de Ingeniería de Internet (Internet Ingineering Task Force)

IP Protocolo Internet (Internet Protocol)

IGP Protocolo de gateway interior (Internet Gateway Protocol)

IS-IS Sistema intermedio a sistema intermedio (Intermediate System – Intermediate System)

ISO Organización Internacional de Estandarización (International Organization for Standardization)

ISP Proveedor de servicios de Internet **(**Internet Service Provide)

LER Ruteador de conmutación de etiquetas de borde (Label Edge Router).

LDP Protocolo de Distribución de Etiquetas (Label Distribution Protocol).

LAN Red de área local (Local Area Network).

LED Diodo emisor de luz (Light Emulating Diode).

LSR Ruteador de conmutación de etiquetas (Label Switched Router).

LSP Ruta conmutada de etiquetas (Label Switched Path).

MAN Red de área metropolitana (Metropolitan Area Network).

MPLS Multiprotocolo de Conmutación de Etiquetas (Multiprotocol Label Switching).

NOC Centro de monitoreo de red (Network Operation Center).

OSPF El Primero la ruta más corta (Open Shortest Path First).

OSI Modelo de Referencia de Sistemas Abiertos de Interconexión, (Open System Interconnection Reference Model).

QoS Calidad de Servicio (Quality of Service).

RC Control de enrutamiento (Routing Control)

RD Descriptor de ruta (Route Descriptor)

RFC Petición de comentarios (Request For Comment)

RSVP Protocolo de reservación de recursos (Resource Reservation Protocol).

SLA Acuerdo de nivel de servicio (Service Level Agreement).

SONET Red óptica sincrónica (Synchronous Optical Network).

STP	Par trenzado blindado (Shielded Twisted Pair).
SDH	Jerarquía Digital Sincróna (Synchronous Oprical Network).
TTL	Tiempo de vida (Time to live).
TE	Ingeniería de Tráfico (Traffic Engineering).
UTP	Par trenzado sin blindaje (Unshielded Twisted Pair cable).
VRF	Tabla de ruteo virtual (Virtual Routing and Forwarding).
VPI	Identificador de ruta virtual (Virtual Path Identifier).
VCI	Identificador de canal virtual (Virtual Channel Identifier).
VLAN	Red de área local virtual (Virtual Local Area Network).
VPN	Red privada virtual (Virtual Private Network).
WAN	Red de área amplia (Wide Area Network**).**

CAPÍTULO 1: ESTUDIO DE LA RED GIGABIT ETHERNET Y MPLS

1.1 REDES ETHERNET

1.1.1 INTRODUCCIÓN

Ethernet, nació en la década de 1970, y surgió por la necesidad de transportar datos entre estaciones de trabajo.

Es una tecnología de redes de computadoras de área local (LAN), que está especificada por el estándar 802.3 del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), que define la forma en que los dispositivos de red envían y reciben datos sobre un medio físico compartido, que se comporta como un bus lógico, independientemente de su configuración física. [1]

Como método de acceso al medio de transmisión usa el protocolo CSMA/CD (Carrier Sense Múltiple Access / Collision Detect; Acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones) y trabaja en los modos de transmisión Half - Duplex y Full - Duplex.
Generalmente los medios de transmisión utilizados por Ethernet son: cables de cobre, cables de par trenzado blindado (STP) y no blindado (UTP) y cables de fibra óptica.[2]

Ethernet al utilizar varios medios de transmisión, es adecuada para transportar pequeñas y grandes cantidades de tráfico con altas velocidades de transmisión.
El estándar IEEE 802.3 define las características de cableado, señalización de nivel físico y los formatos de trama del nivel de enlace de datos del modelo de referencia OSI (Open Systems Interconnection; Interconexión de sistemas abiertos), propuesto por la ISO (Internacional Standard Organization;

[1]TANENBAUM, Andrew, “Redes de Computadoras” , 4ta Edición, Prentice Hall, págs. 16-17 México,2003
[2] HIDALGO, Pablo, “Folleto de Telemática”,págs. 30-31 EPN, marzo 2005

Organización Internacional de Estándares), como una norma o modelo para explicar como debe trabajar una red y enlazar sistemas abiertos.

Ethernet actualmente es una tecnología dominante en el mundo, ofrece bajos costos de implementación sobre redes LAN, y es compatible con otras tecnologías existentes en el mercado, por lo que es muy utilizada.

1.1.2 EVOLUCIÓN DE REDES ETHERNET

La idea original de Ethernet nació por la necesidad de permitir que dos o más estaciones de trabajo utilizaran el mismo medio de transmisión y evitar que las señales interfirieran entre sí. El problema de acceso por varios usuarios a un medio compartido se estudió a principios de los años 70 en una universidad de Hawai.

Se desarrolló un sistema llamado Alohanet, para permitir que varias estaciones de trabajo de las Islas de Hawai tuvieran acceso estructurado a la banda de radiofrecuencia compartida en la atmósfera. Más tarde, este trabajo sentó las bases para el método de acceso a Ethernet conocido como CSMA/CD.

La primera LAN del mundo fue la versión original de Ethernet. Robert Metcalfe, experto en Telecomunicaciones y sus compañeros de Xerox, diseñaron la red hace más de treinta años. El primer estándar de Ethernet fue publicado por un consorcio formado por Digital Equipment Company, Intel y Xerox (DIX).
Metcalfe quería que Ethernet fuera un estándar compartido a partir del cual todos se podían beneficiar, de modo que se lanzó como estándar abierto.

Las redes Ethernet fueron evolucionando y variando ciertas características como velocidades y medios de transmisión, Los tipos más comunes de cableado Ethernet son los siguientes:[3]

[3] TANENBAUM, Andrew, Redes de computadoras, 4ta. Edición , Prentice Hall, págs. 65-66, México, 2003

a) 10Base 5
b) 10Base 2
c) 10Base-T
d) 10Base-F

a) 10Base 5: utiliza como medio de transmisión cable coaxial de 50 ohmios no flexible, alcanza velocidades de hasta 10 Mbps, se basa en una topología lineal tipo bus y la transmisión se realiza en banda base. Permite una máxima longitud de segmento de 500 m.

b) 10Base 2: utiliza como medio de transmisión cable coaxial, pero más fino que el usado en 10Base 5, con conectores adaptados para acoplar las señales digitales al medio de transmisión, llamados transceivers. Con estos conectores se puede unir varias estaciones de trabajo, tiene una longitud máxima de hasta 185 metros por segmento.

c) 10Base T: emplea cables con pares trenzados (UTP) categoría 3 con conectores RJ45, y usa dispositivos como los hubs para que todas las estaciones de trabajo se conecten con una configuración física en estrella.

d) 10Base-F: utiliza como medio de transmisión fibra óptica, tiene excelente inmunidad contra el ruido, es el medio a usarse entre concentradores muy separados y cuya distancia máxima es de hasta 2000 m.

Luego, el desarrollo de Ethernet comienza a trabajar con velocidades de transmisión de 100 Mbps, manteniendo el protocolo CSMA/CD como método de acceso al medio. A esta nueva especificación de Ethernet se la conoce como 100Base-T o Fast Ethernet y en la práctica cuenta con los siguientes estándares en función del tipo de cable[4]:

[4] HIDALGO, Pablo. Folleto de Telemática, , págs. 133-135, marzo del 2005popo

- 100Base-TX: hace uso de 2 pares de cable de par trenzado, uno para transmisión y otro para recepción. Utiliza cable UTP categoría 5.
- 100Base-FX: utiliza 2 hilos de fibra óptica uno para transmisión y otro para recepción.
- 100BASE-T4**:** el medio de transmisión usado es el cable UTP categoría 3.Opcionalmente permite el uso de cable UTP categoría 5.

Surge luego Gigabit Ethernet, que es una ampliación del estándar Ethernet, que consigue una velocidad de transmisión de un Gigabit por segundo.

Las especificaciones de Ethernet se fueron desarrollando, ya que además de usar el cable de cobre se comenzó a utilizar fibra óptica, medio de transmisión, que permite que los factores atenuantes de la señal como la interferencia electromagnética ya no la afectan, debido a que se cambia la transmisión de ondas electromagnéticos a pulsos ópticos que viajan a la velocidad de la luz.

Gigabit Ethernet pueden alcanzar velocidades de hasta unidades de Gbps entre los equipos terminales. En general las redes Ethernet son las más utilizadas en la actualidad, por su fácil implementación y adaptabilidad a las nuevas tecnologías.

1.1.3. GIGABIT ETHERNET

Gigabit Ethernet es una tecnología muy difundida en el mercado de las telecomunicaciones, está siendo desplegada en un gran número de corporaciones y redes de información públicas, comenzado a trasladar la conexión Ethernet de las redes locales (LAN), hasta las redes de área metropolitana (MAN).

Gigabit Ethernet sobre fibra óptica está definido por la IEEE con el estándar 802.3z, estipula velocidades de hasta 1000Mpbs o 1Gbps. La fibra óptica sobre la que especifica éste estándar puede ser de dos tipos: multimodo o monomodo.
Gigabit Ethernet define las siguientes alternativas para la capa física[5]:

[5]HIDALGO, Pablo, “Folleto de Telemática”, págs. 137-138 ,EPN, 2006.

- 1000BASE-LX: Utiliza fibra óptica multimodo y monomodo, con longitudes de onda en la ventada de 1300nm. Las distancias varían entre los valores mínimos de 550 metros y máximo de 10 km a 20 km, de acuerdo al tipo de fibra óptica.

  En la Tabla No. 1.1 se mencionan las especificaciones de cable para el estándar 1000Base- LX.

Tipo de Cable	Diámetro del núcleo	Ancho de Banda	Longitud máxima del enlace
Multimodo	9 micras	N/D	5000 metros
Multimodo	50 micras	400 MHz/km	550 metros
Multimodo	50 micras	500 MHz/km	550 metros
Multimodo	62.5 micras	500 MHz/km	440 metros

Tabla No. 1.1 Especificaciones de cable para 1000Base-LX

- 1000BASE-SX: para fibra óptica multimodo de 62.5 µm y 50 µm con longitudes de onda en la ventana de 850 nm. Las distancias varían entre 220 y 550 metros de acuerdo al tipo de fibra óptica.

  En la Tabla No. 1.2 se mencionan las especificaciones de cable para el estándar 1000Base –SX.

Tipo de Cable	Diámetro del núcleo	Ancho de Banda	Longitud máxima del enlace
Monomodo	50 micras	400 MHz/km	500 metros
Multimodo	50 micras	500 MHz/km	550 metros
Multimodo	52.5 micras	160 MHz/km	220 metros
Multimodo	62.5 micras	200 MHz/km	275 metros

Tabla No.1.2 Especificaciones de cable para 1000Base-SX

- 1000BASE-CX: utiliza 2 pares de cable STP

- 1000 BAESE-T: está definido en el estándar IEEE 802.3ab, en el que se utiliza los 4 pares del cable UTP y su modo de operación es Full – Duplex.

Las diferentes tecnologías Ethernet se diferencian entre sí, a partir de los siguientes parámetros:[6]

- Velocidad de transmisión: velocidad a la que transmite la tecnología.
- Tipo de cable: tecnología del nivel físico que utiliza.
- Longitud máxima: distancia máxima que puede haber entre dos nodos adyacentes (sin estaciones repetidoras).
- Topología: determina la forma de actuar de los puntos de enlace centrales. Éstos pueden ser conectores T (usados con las tecnologías más antiguas), hubs (con la topología de estrella de difusión) o switches (con la topología de estrella conmutada).

En la Tabla No. 1.3 se presentan diferentes tecnologías Ethernet con sus principales características:

TECNOLOGÍAS ETHERNET				
Tecnología	**Velocidad de Transmisión [Mbps]**	**Tipo de Cable**	**Distancia Máxima [m]**	**Topología**
10Base 2	10	Coaxial	185	Conector T
10Base T	10	Par trenzado	100	Hub o Switch
10Base F	10	Fibra óptica	2000	Hub o Switch
100Base T4	100	Par trenzado (cat 3 UTP)	100	Half Duplex(hub) y Full Duplex(switch)
100Base Tx	100	Par trenzado (cat 5 UTP)	100	Half Duplex(hub) y Full Duplex(switch)
100BaseFX	100	Fibra óptica	2000	No permite el uso de hubs
1000Base T	100	4 pares trenzados (cat5 UTP)	100	Full Duplex(switch)
1000Base SX	1000	Fibra óptica (multimodo)	550	Full Duplex(switch)
1000Base LX	1000	Fibra óptica (monomodo)	2000	Full Duplex(switch)

Tabla No. 1.3 Tecnologías Ethernet

[6] TANENBAUM, Andrew, “Redes de Computadoras” , 4ta Edición, Prentice Hall, págs. 271-273, México,2003

Gigabit Ethernet, al ser una tecnología escalable, permite la implementación sobre redes operativas existentes, conservando el método de acceso al medio que es CSMDA/CD. Y dependiendo de los requerimientos de la red puede operar en modo Full – Duplex o Half – Duplex.

Gigabit Ethernet tiene ventajas como son: bajos costos en su implementación y altas velocidades de transmisión.

Esta ventaja que presenta Gigabit Ethernet es muy aprovechada por las empresas portadoras, ya que es una inversión relativamente baja, sencilla y eficaz. Es una tecnología con la que se puede conseguir grandes velocidades en la transmisión de datos, sin tener que realizar mayores cambios en la infraestructura de las redes.

Se adaptó el estándar IEEE 802.3ae para incluir la transmisión full-duplex de 10 Gbps en cable de fibra óptica. Ethernet de 10-Gigabit (10GbE) está evolucionando no sólo para las redes LAN, sino también para las MAN y las WAN.

Por tradición se conoce a Ethernet como una tecnología LAN, pero en su proceso de evolución ha tenido grandes cambios como 10 GbE, que permite llegar hasta distancias 40 km a través de una fibra óptica monomodo, siendo está compatible con las redes SONET/SDH.[7]

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA RED DE LA EMPRESA PORTADORA

Telconet es una empresa portadora, que proporciona servicios de Internet y transmisión de datos, a todo tipo de organizaciones, como: empresas corporativas, universidades, bancos, etc.; dependiendo de los requerimientos que los diferentes establecimientos demanden.

[7] Cisco Systems, “Academia de Networking de Cisco Systems, Guía del primero año”, CCNA 1 y 2 Tercera edición.

Entre los servicios ofrecidos por la empresa portadora se mencionan los siguientes:

- Internet mediante conexión telefónica (Dial Up).
- Internet a través de fibra óptica (banda ancha).
- Transporte de datos a través de radio enlaces y fibra óptica.

En la Figura No. 1.1, se puede observar los diferentes tipos de clientes de Telconet

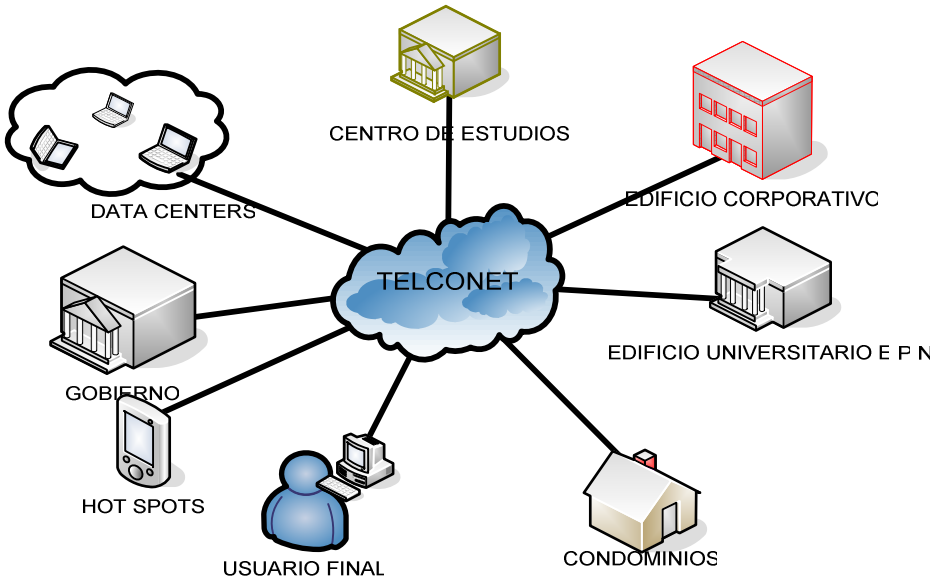

FIGURA No. 1.1: Esquema de Clientes a los que brinda servicio Telconet

Telconet es una empresa que cuenta con tecnología avanzada de telecomunicaciones en el país, tiene como objetivo principal convertirse en una empresa portadora líder en el mercado para integrar a las principales ciudades del Ecuador.

Telconet es una de las primeras Portadoras en implementar una Red Gigabit Ethernet, la misma que permite escalar a velocidades de backbone de hasta decenas de Gbps en la ciudad de Quito, cambiando únicamente los dispositivos del Backbone.

1.2.1 SITUACIÓN ACTUAL DE TELCONET

Telconet, ha implementado sobre su backbone tecnología de punta como fibra óptica, permitiendo tener ventajas sobre otros medios de transmisión, como reducir el tiempo de latencia en el transporte de datos. Al poseer una infraestructura propia, proporciona a los clientes estabilidad en los servicios ofrecidos, los mismos que se diferencian de acuerdo al medio de transmisión requerido y al ancho de banda solicitado.

Telconet dispone de servicios que pueden brindar confiabilidad y seguridad a clientes de pequeñas, medianas y grandes empresas que desean obtener un alto rendimiento en comunicación de datos e Internet. Para ello cuenta con:

- Servicio de Internet dedicado
- Servicio de enlaces de transmisión de datos
- Nodos ópticos Cisco switches Catalyst principales
- Nodos ópticos Cisco switches Catalyst secundarios
- Diversidad de rutas en una red full mesh
- Canales de acceso directo hasta el NAP de las Américas
- Latencia: 112 milisegundos hacia portales como Yahoo ó Google

La red de Telconet maneja tecnología IP, que en general es una de las más comunes y utilizadas por las empresas proveedoras de servicios, trabaja con una topología de respuesta a fallas, a través de enlaces de radio. Permite realizar aplicaciones remotas de buen rendimiento como son: transmisión de datos, Internet, e Internet 2.

Provee una conexión SDH entre Quito-Guayaquil a través de un enlace microondas con una capacidad de 1STM-1 (155Mbps), lo que le ha permitido abarcar un portafolio de servicios amplios a través de esta conexión.

Maneja Acuerdos de Nivel de Servicio (SLA), establecidos con los clientes, teniendo un respaldo de soporte técnico a través de su Centro de Operaciones (NOC) las 24 horas del día los 365 días del año.

Telconet cuenta con un gran número de clientes corporativos, que tienen sucursales en varias ciudades del país, es decir es una red en constante crecimiento, por lo que se ha visto en la necesidad de ampliar su área de cobertura y de elegir una tecnología que permita mejorar su desempeño, pero tratando de conservar la mayoría de elementos de la infraestructura actual, comprometida con el mejoramiento continuo, para alcanzar la excelencia orientada a la Calidad de Servicio y cumplir con los requerimientos de los clientes.

El servicio ofrecido por Telconet es a nivel nacional, para ello tiene enlaces con varias ciudades del país, utilizando la tecnología SDH, como se indica en la Figura No.1.2, cuya matriz es la ciudad de Guayaquil, pero el estudio de la situación actual descrita en este Proyecto, es realizado a nivel local, es decir en el Distrito Metropolitano de Quito.

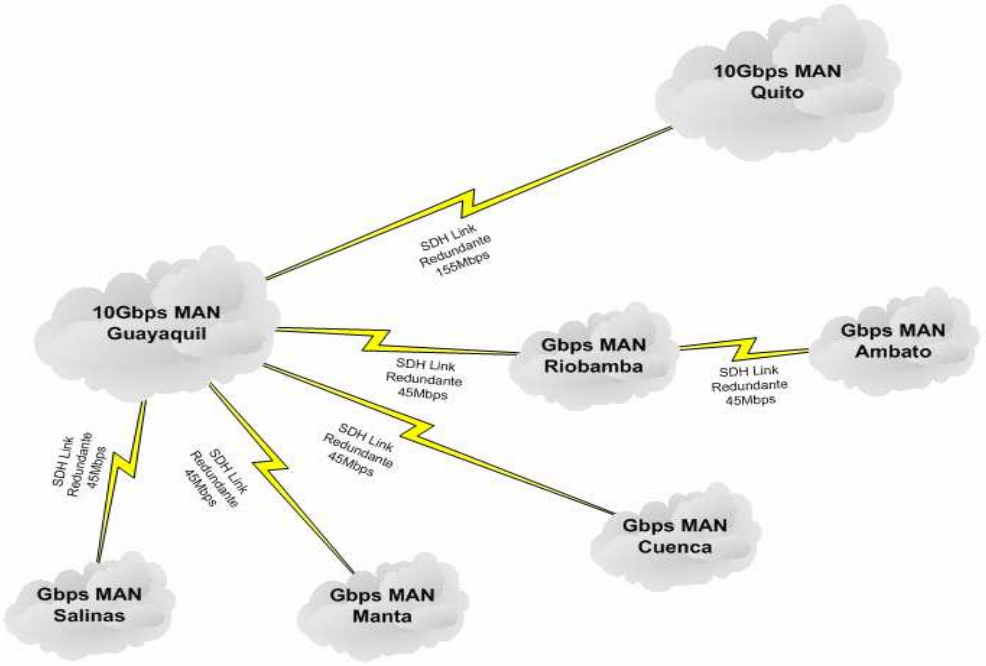

FIGURA No. 1.2 Conexión nacional de Telconet

1.2.2. ESTRUCTURA DEL BACKBONE[8]

La presente descripción del backbone de Telconet se la realiza en base a la actualización presentada el 5 de Enero del 2008.

El backbone de Telconet es una red Gigabit Ethernet, que está constituida por un conjunto de equipos de conmutación (switches), conectados en cascada y que usan como medio de transmisión principalmente fibra óptica y radio enlaces. Además el backbone tiene tres equipos de enrutamiento (ruteadores) que cumplen con aplicaciones específicas.

Posee una topología física full mesh, tratando en su mayoría de formar anillos, los cuales sirven de respaldo para que la transmisión de datos se redireccione por otras rutas y no se interrumpa, convirtiéndose en una red robusta y redundante, tanto en enlaces de fibra óptica como en enlaces de radio.
La red actual de Telconet, no está descrita en niveles jerárquicos, debido a que todos los nodos cumplen con funciones similares, es decir, distribuyen la última milla que por lo general es a través de fibra óptica y permiten la interconexión de la red Gigabit Ethernet con los usuarios. Cuenta con un nodo principal, en el que se encuentra el centro de monitoreo (NOC) y se realizan funciones administrativas de la red.

En el backbone de Telconet se manejan velocidades de transmisión de 1000 Mbps, en sus enlaces principales, 100 Mbps en los enlaces secundarios y en los backup (que son radio enlaces) se manejan velocidades desde 3Mbps hasta 10 Mbps, velocidades limitadas por la capacidad de los equipos.

En la Figura No. 1.3 se puede observar como se encuentra distribuido el backbone de Telconet.

---

[8] PROAÑO Hugo, “Descripción y Generalidades Backbone de Telconet” Instructivo INS UIO BACK, 2007

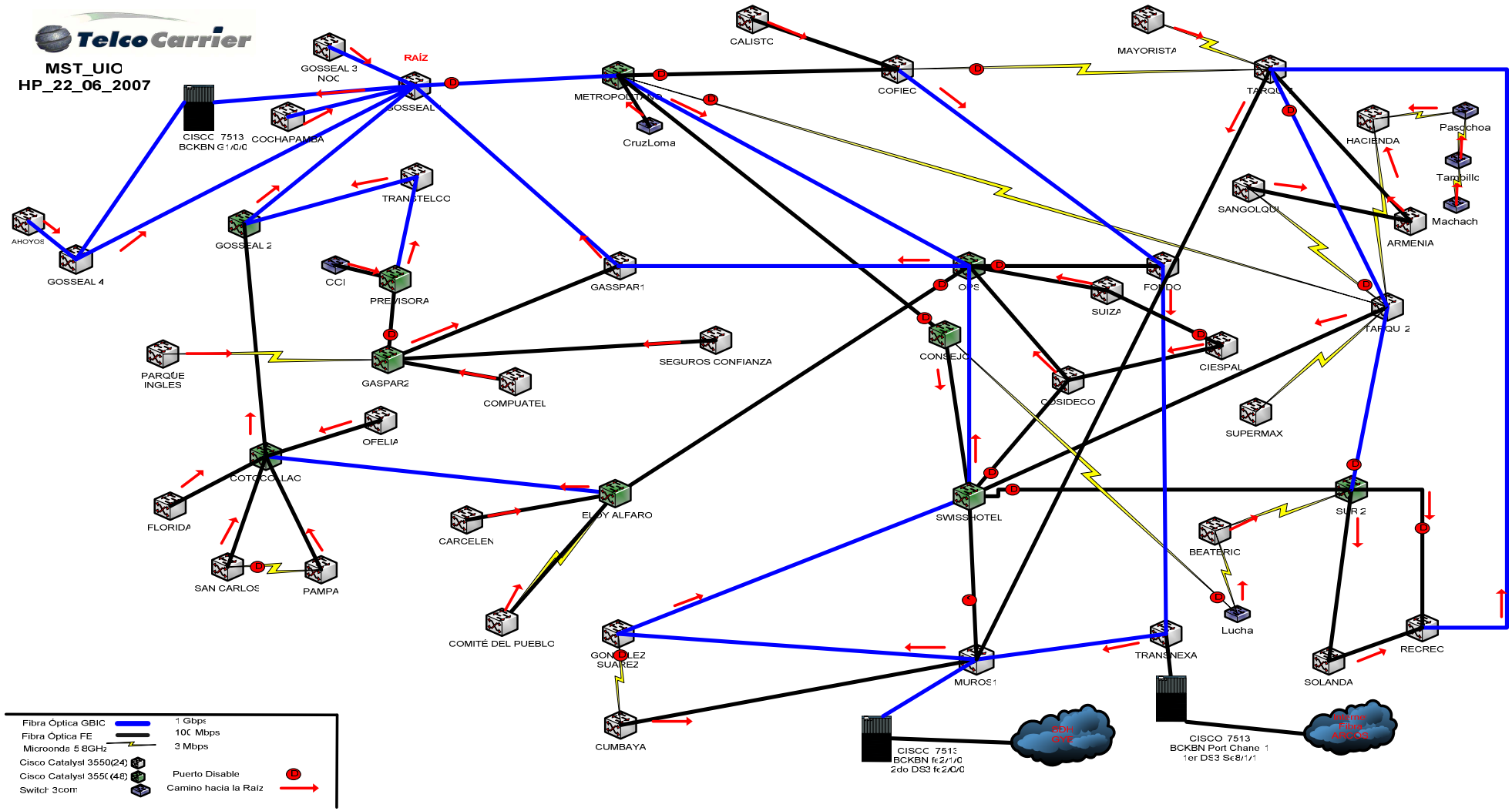

FIGURA No. 1.3 Backbone de Telconet

1.2.2.1 Elementos que conforman los nodos

Los nodos están constituidos por los siguientes elementos:

a) Swtiches Cisco Catalyst 3550 o 2950
b) Racks
c) Transceivers de fibra óptica
d) Bancos de baterías
e) Patch cords de fibra óptica y cable UTP
f) Ventiladores
g) Sistema de alimentación interrumpida (UPS, Uninterruptible Power Supply, UPS)

Los switches Cisco Catalyst 3550 y Cisco Catalyst 2950 se utilizan para la conexión de los clientes y también para conexión entre nodos.

En los racks se colocan todos los equipos que conforman el nodo, incluyendo ventiladores, para evitar un excesivo calentamiento en los mismos.

Los transceivers se utilizan para acoplar la fibra óptica con el cable UTP, de tal manera que se asigne un puerto del switch para cada cliente.

Los bancos de baterías y los UPS, son situados en cada nodo como una medida preventiva de seguridad, en caso de presentarse fallas en la energía eléctrica, así se tendrá la certeza de que el nodo siempre estará operativo.

En la Figura No. 1.4, se puede observar un nodo con todos sus elementos constitutivos

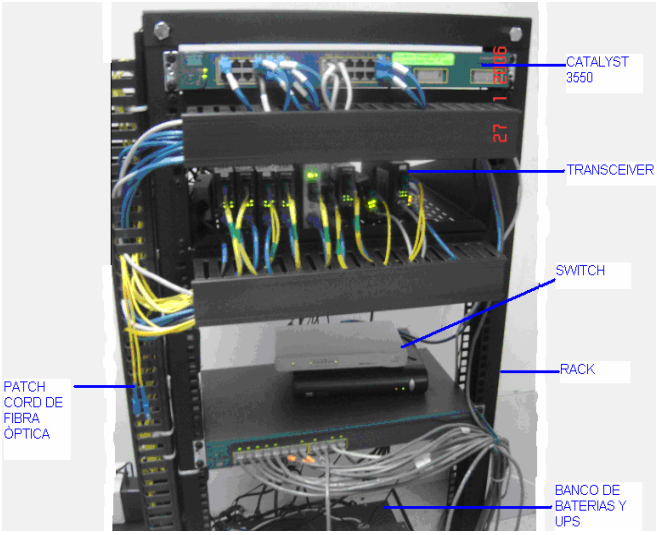

FIGURA No. 1.4: Representación de elementos que conforma un nodo

1.2.2.2 Fibra óptica[9]

La fibra óptica es un conductor en forma de filamento, generalmente de vidrio, aunque también puede ser de materiales plásticos que transporta señales luminosas. La fibra óptica es capaz de dirigir la luz a lo largo de su longitud usando la reflexión interna, normalmente la luz es emitida por un láser o un LED.

Hoy en día la fibra óptica es el medio más confiable para soluciones de backbone. Este medio de transmisión, seleccionado e instalado adecuadamente garantiza rapidez en el tráfico de datos.

La capacidad de manejar un ancho de banda muy superior al cableado convencional, permite transportar aplicaciones de nivel crítico como voz y video además de datos, constituyéndose como el medio físico más usado a nivel de backbone.

[9] Cisco Systems, " Academia de Networking de Cisco Systems, Guía del primero año", CCNA 1 y 2 Tercera Edición, págs. 68-69,Madrid 2004

Existen dos tipos de fibra óptica: multimodo y monomodo. La fibra óptica multimodo es adecuada para distancias cortas, como por ejemplo redes LAN, mientras que la fibra óptica monomodo está diseñada para sistemas de comunicaciones ópticas de larga distancia.[10]

1.2.2.2.1 Fibra Óptica Multimodo

Este tipo de fibra fue el primero en fabricarse y comercializarse. Su nombre proviene del hecho de que transporta múltiples modos de propagación de luz en forma simultánea.

La sección de una fibra óptica por la que viajan los rayos de luz recibe el nombre de núcleo de la fibra.

En la Figura No. 1.5 se indica las partes constitutivas de una fibra óptica multimodo

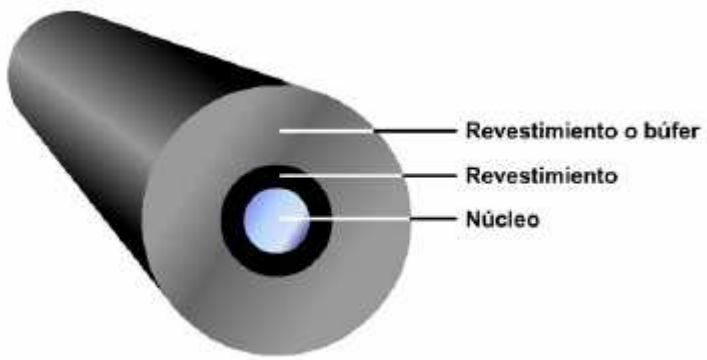

Figura No. 1.5 Partes que conforman una fibra óptica

Una vez que los rayos de luz han ingresado al núcleo de la fibra, hay un número limitado de recorridos ópticos que puede seguir a través de la misma. Estos recorridos ópticos, como se indica en la Figura No. 1.6, reciben el nombre de modos. Si el diámetro del núcleo de la fibra es lo suficientemente grande como

[10]RAMOS, Francisco, "Radiocomunicaciones y Fibra Óptica" , enero 2004,www.radioptica.com

para permitir varios trayectos que la luz pueda recorrer a lo largo de la fibra, esta fibra recibe el nombre de fibra multimodo[11].

La fibra multimodo presenta las siguientes características:

- Tiene un núcleo mayor que la fibra monomodo (50, 62,5 micrones o mayor).
- Permite mayor dispersión.
- Se usa para aplicaciones de hasta 2 Km. (menor que fibra monomodo).
- Usa un LED como fuente de luz

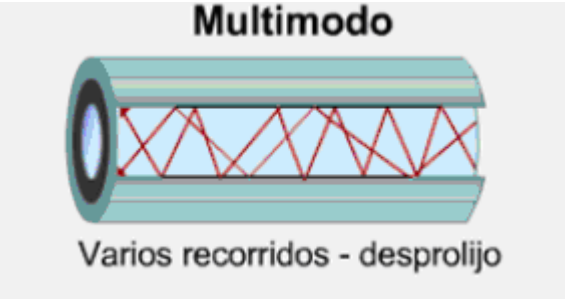

Figura No. 1.6 Recorridos ópticos de una fibra multimodo

Por lo general, cada cable de fibra óptica que se usa en networking está compuesto de dos fibras de vidrio envueltas en revestimientos separados. Una fibra transporta los datos transmitidos desde un dispositivo A a un dispositivo B. La otra transporta los datos desde el dispositivo B hacia el dispositivo A. Las fibras son similares a dos calles de un solo sentido que corren en sentido opuesto. Esto proporciona una comunicación full-duplex.

El par trenzado de cobre utiliza un par de hilos para transmitir y un par de hilos para recibir. La fibra óptica usa un hilo de fibra para transmitir y otro para recibir. En general, estos dos hilos de fibra se encuentran en un solo revestimiento exterior, hasta que llegan al punto en el que se colocan los conectores.

[11] Cisco Systems, Inc, Academia de Networking de Cisco Systems, Guía del primero año. CCNA 1 y 2 Tercera Edición , págs. 70-72, Madrid 2004

No hay problemas de diafonía con la fibra óptica, porque se manejan señales luminosas. Es común ver varios pares de fibras envueltos en un mismo cable. Esto permite que un solo cable se extienda entre armarios de datos, pisos o edificios. Un solo cable puede contener de 2 a 48 o más fibras separadas. En el caso del cobre, sería necesario tender un cable UTP para cada circuito. La fibra puede transportar muchos más bits por segundo y llevarlos a distancias mayores que el cobre.

En general, un cable de fibra óptica se compone de cinco partes. Estas partes son: el núcleo, el revestimiento, un amortiguador, un material resistente y un revestimiento exterior.

1.2.2.2.2Fibra Óptica Monomodo

La fibra monomodo consta de las mismas partes que una multimodo. La Figura No. 1.7 indica las partes constitutivas de una fibra monomodo.

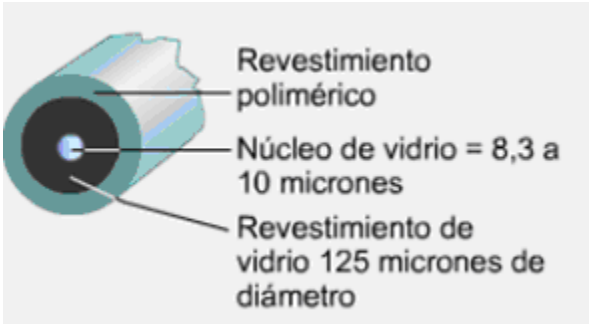

Figura No. 1.7 Fibra monomodo.

La fibra monomodo presenta las siguientes características[12]:

- Núcleo pequeño
- Menor dispersión
- Apropiado para aplicaciones de larga distancia hasta 3 km
- Usa lásers como fuentes de luz a menudo en backbones de campus para distancias de varios miles de metros

[12] Cisco Systems, " Academia de Networking de Cisco Systems, Guía del primero año". CCNA 1 y 2 Tercera Edición ,págs. 73-74 Madrid 2004

La mayor diferencia entre la fibra monomodo y la multimodo es que la monomodo permite que un solo modo de luz se propague a través del núcleo de menor diámetro, como se indica en la Figura No. 1.8. El núcleo de una fibra monomodo tiene de ocho a diez micrones de diámetro. Los más comunes son los núcleos de nueve micrones[13].

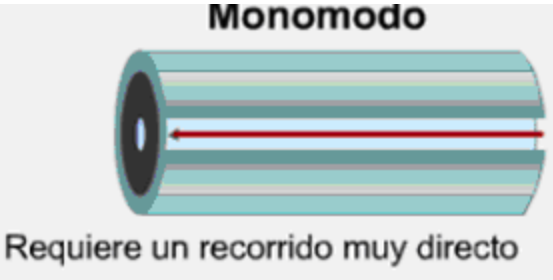

Figura No. 1.8 Fibra monomodo: un solo modo de propagación

Usualmente en el revestimiento de la fibra monomodo aparecen marcas como por ejemplo: 9/125, la cual indica que el núcleo de la fibra tiene un diámetro de 9 micrones y que el revestimiento que lo envuelve tiene 125 micrones de diámetro.

En una fibra monomodo se utiliza un láser infrarrojo como fuente de luz. El rayo de luz que el láser genera, ingresa al núcleo en un ángulo de 90 grados.
Como consecuencia, los rayos de luz que transportan datos en una fibra monomodo son transmitidos en línea recta directamente por el centro del núcleo.

Esto aumenta, en gran medida, tanto la velocidad como la distancia a la que se pueden transmitir los datos.

La luz de láser que se utiliza con la fibra monomodo tiene una longitud de onda mayor que la de la luz visible. El láser es tan poderoso que puede causar graves

[13] Cisco Systems, " Academia de Networking de Cisco Systems, Guía del primero año". CCNA 1 y 2 Tercera Edición ,págs. 75-76 Madrid 2004

daños a la vista, por lo que es recomendable no mirar directamente al interior del extremo de una fibra conectada a un dispositivo en su otro extremo.

En la Figura No. 1.9 se compara los tamaños relativos del núcleo y el revestimiento para ambos tipos de fibra óptica en distintos cortes transversales. Como la fibra monomodo tiene un núcleo más refinado y de diámetro mucho menor, tiene mayor ancho de banda y distancia de tendido de cable que la fibra multimodo. Sin embargo, tiene mayores costos de fabricación.

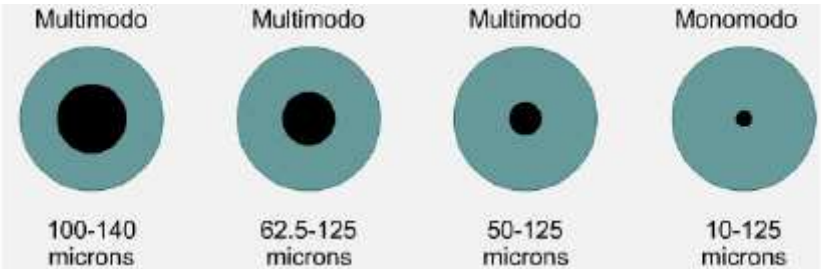

Figura No. 1.9 Tamaños relativos del núcleo y el revestimiento de la fibra óptica.

1.2.2.2.3 Fibra Oscura

Los cables de fibra óptica pueden estar formados por diferentes números de hilos: 6 pares, 12 pares, etc. No todos los pares se emplean, ya que algunos están destinados para usarse a futuro conforme vaya creciendo la red, los pares de fibra que están sin utilizarse se los denomina fibra oscura. Es decir la fibra oscura, es el nombre que se da inicialmente a la fibra óptica sin equipamiento electrónico en ningún lugar de su recorrido.

1.2.2.3 Descripción de la Fibra Óptica de Telconet

Actualmente el cable de fibra óptica que se encuentra tendida en el Distrito Metropolitano de Quito, es de tipo aéreo, utiliza como infraestructura los postes de alumbrado público de la Empresa Eléctrica y consta de 12 hilos, se utiliza un

solo hilo para la conexión entre nodos, y el resto de hilos para la conexión de clientes.

La fibra óptica utilizada por Telconet trabaja en las ventanas de λ_1= 1300 nm para recepción y λ_2=1550 nm para transmisión, de esta manera cada cliente utiliza únicamente un solo hilo de fibra óptica.

Telconet utiliza una fibra óptica monomodo, cuyo estándar es G.652, cuyo tipo de cable es flexible y permite transmitir la información sin que la velocidad o la calidad se vean afectadas en lo más mínimo, llamada Fibra Corning.

Para el proceso de tendido la fibra óptica Telconet establece como políticas de la empresa, los siguientes criterios[14]:

1. Se deben colocan herrajes en los postes de alumbrado público a una altura mayor 5.5 metros con respecto al piso y a una distancia de 30 centímetros de las líneas de alta tensión eléctrica.

2. Ajustar los herrajes y colocar las abrazaderas hacia el lado externo del poste.

En la figura No. 1.10 se muestran los herrajes que fijan la fibra óptica a los postes de alumbrado público:

Figura No. 1.10 Herrajes que sostienen la fibra óptica

[14] PROAÑO, Hugo "Manual de Procedimiento para Tendido de Fibra Óptica " 2007

El tendido de fibra se lo realiza en herrajes que pueden ser de dos tipos A y B como se indica en la Figura No. 1.11 y en la Figura No. 1.12

Figura No. 1.11 Tendido de fibra óptica sobre herrajes tipo A

Figura No. 1.12 Tendido de fibra óptica sobre herrajes tipo B

Dependiendo de la zona del Distrito Metropolitano de Quito, el tendido de fibra óptica se lo realiza con dos tipos diferentes de fibra óptica[15]:

- Fibra óptica urbana
- Fibra óptica interurbana

[15] PROAÑO, Hugo "Manual de Procedimiento para Tendido de Fibra Óptica " 2007

Fibra óptica urbana: se caracteriza por tener en el interior de su estructura cerca de la chaqueta final, dos cables de acero de 1,5 milímetros de espesor (Steel Wire), los mismos que le dan resistencia y sirven para poder ser fijadas de forma aérea, es decir anclada en los postes de energía eléctrica. En el interior, el centro del cable está protegido por una doble chaqueta de neopreno y PVC, con un tubo plástico de 4 milímetros de espesor; el interior está lleno de “gel” que recubre a los hilos de fibra óptica. El diámetro total del cable de fibra óptica depende de la chaqueta de protección exterior y varía entre 10 y 15 milímetros diámetro total.
En la Figura No. 1.13, se muestra la estructura interior de una fibra óptica

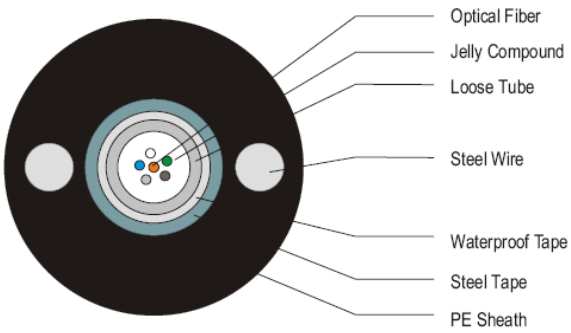

Figura No.1.13 Estructura interior de una fibra óptica

Fibra Óptica Interurbana: se diferencia de la urbana porque está posee una guía metálica que brinda una mayor rigidez al tendido, haciendo que la distancia entre los postes pueda ser más grande.

En la Figura No. 1.14 se puede observar un patch cord de fibra óptica, el mismo que se usa para acoplar un hilo de fibra óptica con un transceiver.

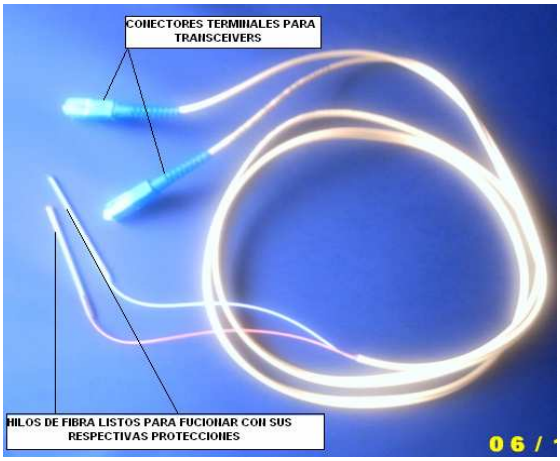

Figura No. 1.14: Ejemplo de un patch cord de fibra óptica

La unión de dos o más cables de fibra se denominan mangas, la fusión de dos hilos de fibra no debe exceder los 0.1 dB de atenuación, ya que si se excede este valor se tendrá atenuación dentro del hilo de fibra y provocará retardos y pérdidas al momento de ponerlas en funcionamiento. El no exceder el valor antes mencionado, implica obtener una mayor área de cobertura, sin necesidad de implementar repetidoras.

Una manga no puede tener más de 5 cables de fibra óptica, como se indica en la Figura No. 1.15, debido a las limitaciones que presentan las acometidas aéreas.

Figura No. 1.15 Interior de una manga.

En tendidos antiguos se tiene canaletas que simulan las mangas, estas se han ido cambiando debido a que no se presenta una protección segura a los hilos de fibra óptica.

En la Figura No. 1.16 se puede observar una manga de fibra óptica con canaleta sin protección

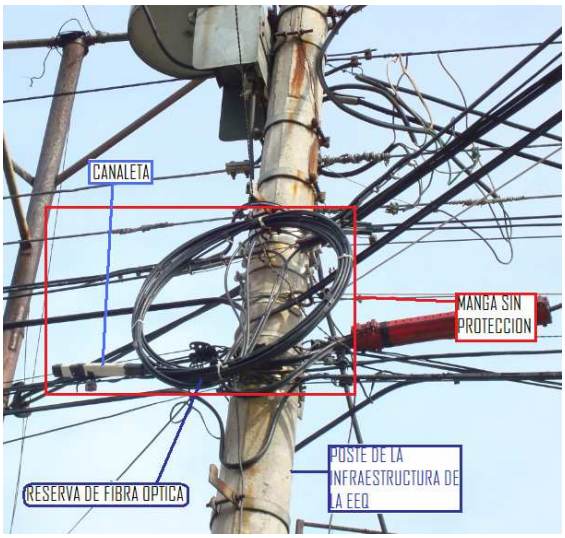

Figura No. 1.16: Manga de fibra sin protección

En la Figura No. 1.17 se puede observar una manga con doble protección, la canaleta interna y la caja externa.

FIGURA No. 1.17: Manga de fibra óptica con protección

Para finalizar con el tendido de la fibra, en los puntos terminales, al llegar donde el cliente, se instalan unas cajas, en donde se realizan las fusiones entre el cable de fibra óptica y el patch cord (Figura No. 1.18), que permitirá la conexión a los equipos activos.

FIGURA No. 1.18 Caja terminal de fibra óptica.

1.2.2.4 Componentes del Backbone[16]

Los principales componentes son:

- 48 nodos distribuidos estratégicamente por todo el Distrito Metropolitano de Quito.
- 1 nodo principal conocido como Gosseal.
- 3 ruteadores ubicados en tres nodos estratégicos.

En su mayoría los 48 nodos del backbone están constituidos por switches Cisco Catalyst 3550 o 2950, permiten realizar un control total sobre cada puerto y se puede acceder a éstos vía remota desde el centro de monitoreo o NOC (Network Operation Center), es decir son administrables.

Los switches del backbone usan el protocolo Spanning Tree y con ciertos clientes se usan redes virtuales privadas (VLANs).

[16] PROAÑO, Hugo, Manual de Procedimientos Telconet, 2007.

Se tiene como norma que en todos los switches del backbone, los seis primeros puertos sean considerados para interconectarse entre ellos y el resto de puertos sean destinados para los clientes.

Los ruteadores utilizan el protocolo BGP-4, el mismo que sirve para interconectar varios sistemas autónomos. Cada uno de los ruteadores tienen una función específica, siendo el ruteador principal el denominado Caché.

El ruteador Cache, se encuentra dentro del nodo principal (Gosseal), y los otros dos ruteadores se encuentran en los nodos de Muros y Transnexa.

Para garantizar la seguridad en los enlaces, especialmente entre los clientes corporativos, Telconet suele implementar una de las técnicas de encriptación llamada Túnel, el mismo que se lo puede describir como el camino virtual, por donde viaja la información encriptada.

En los enlaces de última milla, los equipos terminales que se instalan y administran donde los clientes son los siguientes:

- Cisco 101 SB: utilizados para enlaces punto a punto (no permiten el control del ancho de banda).
- Cisco 2600: utilizados para enlaces multipunto (permiten el control del ancho de banda).

1.2.2.5 Nodos principales

Los nodos principales que forman la red de Telconet son[17]:

- Nodo Gosseal
- Nodo Muros
- Nodo Transnexa

[17] PROAÑO, Hugo, Manual de Procedimientos Telconet, 2007.

- Nodo Tarqui 7
- Nodo Tarqui 2

Nodo Gosseal: es el más grande de todos y en el que se encuentran los siguientes elementos:

- Tres switches Cisco Catalyst 3550 de 24 puertos que sirven para la conexión con los diferentes clientes.

- Un switch Cisco Catalyst 3550 de 12 puertos de fibra óptica, denominado Raíz, que sirve exclusivamente para conexiones entre nodos y para la conexión con el ruteador Caché.

- Un ruteador denominado Caché, es el más importante del backbone, al cual llegan las peticiones del resto de equipos. Este ruteador se encarga de diferenciar si el tráfico que ingresa a la red se trata de datos o Internet, ya que los mismos deben ser encaminados dentro o fuera de la ciudad.
  A diferencia de los otros ruteadores que posee el backbone, el ruteador Caché tiene un equipo de similares características como de backup, que entra en funcionamiento en el caso de que existan problemas.

- En el nodo Gosseal se encuentra el centro de control y monitoreo denominado NOC, siendo éste una gran herramienta para garantizar el buen estado de los enlaces y el perfecto funcionamiento de los equipos los 365 días del año.

- La red de gestión, formada por los servidores principales como son: DNS, Proxy, Radius, Correo Electrónico, Servidores WEB, Antivirus, Anti-Spam, entre otros.

Nodo Muros: se encuentra conformado por los siguientes equipos[18]:

[18] PROAÑO, Hugo, Manual de Procedimientos Telconet, 2007

- Un switch Cisco Catalyst 3550 de 24 puertos
- Un ruteador Cisco 7513
- Un equipo de microondas Redline.

Aquí están concentrados enlaces de clientes de la zona central de Quito. Desde este nodo se establece la conexión con Guayaquil, en donde se encuentra la matriz nacional de Telconet, cuya comunicación se lo hace mediante enlace de microondas, también sirve como el punto de acceso para comunicarse con el resto de ciudades del país.

Se debe considerar que el enlace Quito Guayaquil, se lo reemplazará a corto plazo, por un enlace SDH de fibra óptica, quedando éste enlace como principal y el de microondas como secundario, ya que se encuentra implementada la infraestructura para migrar hacia dicho medio de transmisión, pero todavía en etapa de implementación de equipos y mejoramiento de enlace.

En la Figura No. 1.19 se puede observar la antena de microondas instalada en el nodo Muros que brinda la conexión entre el resto de ciudades del Ecuador con Quito.

FIGURA No. 1.19: Antena de microondas, ubicada en el Nodo Muros

En la Figura No. 1.20 se puede observar los equipos que constituyen el nodo Muros, entre los cuales se encuentra el ruteador Muros.

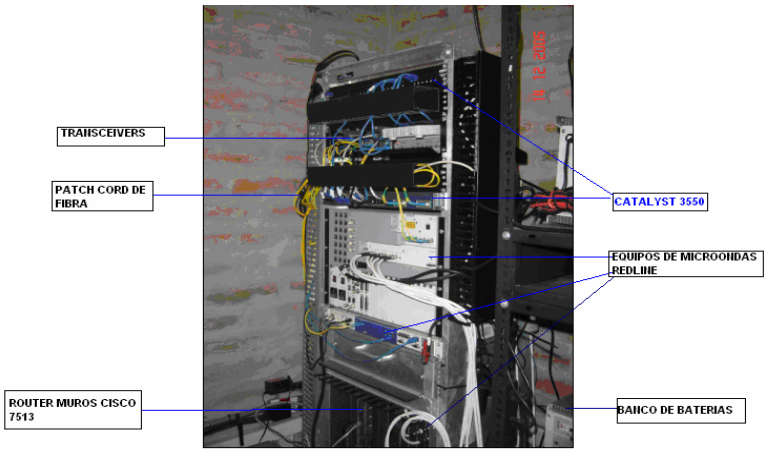

FiGURA No. 1.20: Representación de los componentes del Nodo Muros

Nodo Transnexa: Este nodo está conformado por los siguientes equipos:

- Un switch Cisco Catalyst 3550 de 24 puertos, utilizado para interconexión entre nodos y clientes.
- Un ruteador Cisco 7513, utilizado para la interconexión con el proveedor internacional de Internet (Transnexa), que a su vez tiene conexión con el cable panamericano NAP de las Américas.

La capacidad de la salida de Internet con la que cuenta Telconet por medio de Transnexa es de dos DS-3, que equivale a 90Mbps.

El ruteador Transnexa recibe todas las peticiones de los usuarios para ingresar a Internet, es decir es la puerta de enlace hacia el proveedor internacional.

Nodo Tarqui 7: Está formado por un switch Cisco Catalyst 3550 de 24 puertos. Se halla ubicado en la zona sur de Quito, satisface la demanda de clientes que residen tanto en este sector, como los de la zona periférica.

Por su ubicación geográfica cuenta con una línea de vista adecuada para establecer enlaces de radio, que son usados en ciertos clientes donde es complicado llegar con fibra óptica.

Este nodo tiene conexión con la parte norte de la ciudad (Nodo Swisshotel), logrando de esta manera unir el norte con el sur por medio de fibra óptica.

Nodo Tarqui 2: Este nodo se encuentra en el centro-sur de la ciudad, posee un switch Cisco Catalyst 3550 de 24 puertos.
Tiene conexión con enlaces de clientes ubicados el centro de la ciudad, siendo éste un backup en caso de alguna falla entre el nodo Tarqui 7 y el nodo Swisshotel.

1.2.2.6 Funcionamiento del Backbone[19]

El backbone de Telconet es una red que maneja principalmente conmutación. Para entender mejor el funcionamiento del backbone, se toma como referencia el ejemplo que se muestra en la Figura No. 1.21, que indica el proceso que realiza cada nodo desde el momento en el que un cliente hace una petición de Internet o de transporte de datos:

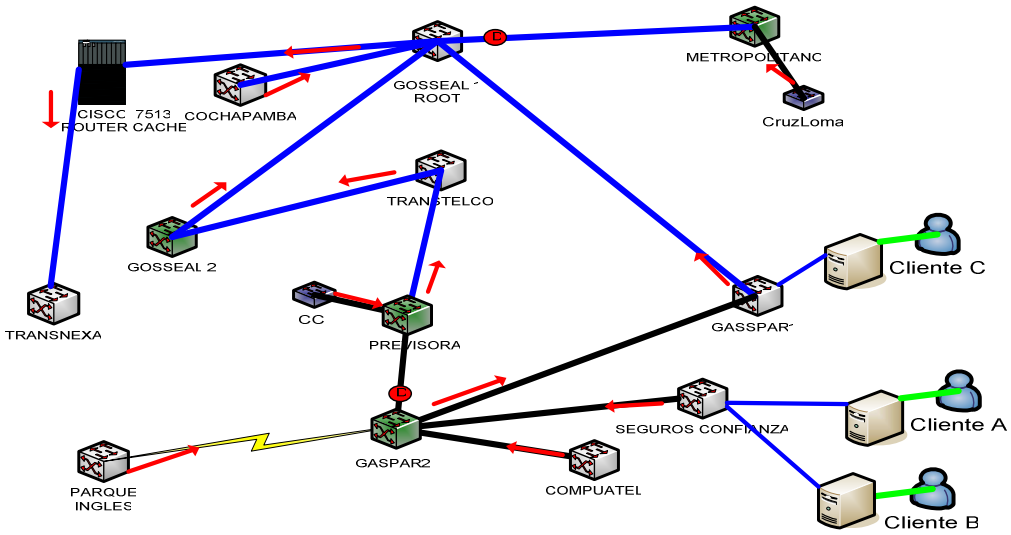

FIGURA No. 1.21: Funcionamiento del backbone

[19] PROAÑO, Hugo, Manual de Procedimientos Telconet, 2007

Procedimiento a seguir en el funcionamiento del backbone:

a) El cliente A hace una petición para salir a Internet, mediante el equipo terminal que posee y que es administrado por Telconet.

b) Esta petición llega al nodo del cual depende, que para el ejemplo es el nodo Seguros Confianza, éste nodo siguiendo el camino indicado por las flechas rojas pasa la petición al switch Gaspar 2, luego al Switch Gaspar 1, y finalmente conmuta al switch Gosseal 1, conocido como switch Raíz.

c) Este switch Raíz envía la petición hacia el ruteador principal, el cual, recibe la petición y la envía hacia la salida de Internet que está en el nodo Transnexa.

Para el caso en que el cliente haga una petición para transmitir datos entre dos sucursales, es decir el cliente B quiere transmitir información hacia una sucursal que la denominaremos cliente C, se realiza el siguiente proceso:

a) La petición llegará al nodo del cual depende (Seguros Confianza), y se conmuta, siguiendo el camino de las flechas rojas, hasta llegar al switch Raíz, éste conmuta la petición hacia el ruteador Caché, y éste le indicará por que camino seguir hasta llegar a su destino.

b) El backbone está diseñado de manera que si llega una petición a cualquier nodo, ésta petición debe viajar por la red hasta llegar al switch Raíz, es decir todos los switches tienen el propósito de llegar al switch principal por medio de las interconexiones físicas y lógicas que tenga.

c) Una vez alcanzado el switch Raíz, éste conmuta la petición hacia el ruteador Caché, que es el ruteador central del backbone, este recibirá la petición y la enviará a su destino.

1.2.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SERVICIO OFRECIDO POR TELCONET

VENTAJAS

- Telconet cuenta con un backbone de fibra óptica, brindando una mejor cobertura al área del Distrito Metropolitano de Quito. Maneja un esquema de respuesta a fallas, a través de enlaces de microonda.
- La red actual de Telconet, al ser escalable, posibilita realizar la migración a una mejor tecnología, para poder satisfacer las necesidades actuales de los clientes.
- Brinda varios servicios que corren sobre el Protocolo Internet (IP), tales como: transmisión de datos, Internet, videoconferencias, etc.
- La red trabaja con enlaces punto-multipunto y punto-punto, es decir depende de los requerimientos solicitados por el cliente, de tal forman que en cualquier momento puede verificarse el ancho de banda contratado.
- Ofrece a sus clientes un 99,7% del enlace operativo, valorado mediante un acuerdo de nivel de servicio ofrecido (SLA) y un control constante de todos su enlaces mediante el centro de monitoreo (NOC).
- Al poseer una tecnología Ethernet que es una de las más usadas actualmente, hay gran variedad de equipos compatibles con la actual red Gigabit Ethernet, que ofrecen los diferentes fabricantes, con variados costos lo que hace que sustituir o cambiar equipos dentro del backbone, no sea complicado.

DESVENTAJAS

- El actual diseño de la red de Telconet, no se presenta como una red descrita en forma jerárquica, sino como una red sencilla, escalable.
- El servicio ofrecido por Telconet se realiza en función del ancho de banda que cada uno de los clientes requiera, en el caso de congestionarse, la red no

priorizará sus aplicaciones, debido a que no está diseñada para realizar Calidad de Servicio.

- Si en determinado momento llegara a colapsar el ruteador principal, el ruteador de backup tiene un tiempo de reestablecimiento alto (3 minutos) para volver a subir los enlaces que estuviesen inactivos.

La migración a una nueva tecnología es necesaria, debido a la demanda del mercado de las Telecomunicaciones, por lo que se estudian nuevas tecnologías, y se escoge la que mejor se acople al diseño actual, considerando que el cambio produzca el menor impacto sobre la funcionalidad de la red.

Ante la creciente presencia de las aplicaciones y servicios de nueva generación, cada vez resulta más imprescindible acercar la banda ancha a los clientes. Por lo tanto conviene, migrar la tecnología Ethernet de las redes LAN a las redes MAN y mejorar las redes IP con la implementación de MPLS (Multi Protocol Label Switching).

Los beneficios que presenta Ethernet, aumentan con las aplicaciones de MPLS, como la ingeniería de Tráfico, Calidad de Servicio y Redes Virtuales Permanentes, garantizados extremo a extremo en toda la red.

1.3 MULTIPROTOCOLO DE CONMUTACIÓN DE ETIQUETAS (MPLS)

1.3.1 INTRODUCCIÓN

Actualmente las necesidades de intercambio de datos, el crecimiento acelerado de la red más grande del mundo (Internet), y de nuevas aplicaciones en ámbitos comerciales, educativos y de investigación, con transmisión de voz, datos, video y otros servicios de transmisión que requieren banda ancha, van aumentando de una manera elevada.

Por tanto, es necesario considerar el incremento de los servicios que brindan las empresas proveedoras de servicios portadores. Por lo que ha surgido la necesidad de integrar nuevas tecnologías, para cumplir con los requerimientos de los usuarios.

MPLS es un estándar creado por un grupo de trabajo de Ingeniería de Telecomunicaciones, que nació como una solución a la conmutación multinivel, que permite la interoperabilidad entre productos de diferentes fabricantes. Fue establecido por el organismo de estandarización IETF (Internet Engineering Task Force) y se definió en el RFC 3031[20].

Los Proveedores de Servicios de datos e Internet (ISPs), se han visto obligados a implementar nuevas técnicas para proveerse de ancho de banda adicional, para avanzar hacia una convergencia de datos, voz y video, mejorar el desempeño de las redes en las empresas y reducir los tiempos de latencia y retardos que se presentan con las tecnologías que se usan en la actualidad.

La dificultad de gestionar redes tecnológicamente diferentes, es un inconveniente que MPLS está en la capacidad de solucionar, ya que combina la rapidez de la conmutación con la inteligencia del enrutamiento. Además de reunir beneficios de tecnologías anteriores, tiene cada vez mayor aceptación por toda la comunidad de Internet. [21]

MPLS posibilita a los operadores de telecomunicaciones, ofrecer un número de servicios imposibles de brindar con las técnicas tradicionales de enrutamiento IP, entre los que se encuentran Ingeniería de Tráfico, Calidad de Servicio en redes IP, y Redes Privadas Virtuales (MPLS/VPN).

En la Figura No. 1.22 se indica como MPLS permite integrar el nivel IP con cualquiera de las técnicas existentes en el nivel de enlace, como por ejemplo: FR (Frame Relay), ATM (Asynchronous Transfer Mode), Ethernet, etc.

---

[20] ROSEN, E. “Multiprotocol Label Switching Architecture”.IETF RFC 3031, Enero 2001.
[21]IDG Comunication Sail, “Multiprotocol Label Switching” www.idg.es/comunicaciones/pdf/Soluzio09.pdf

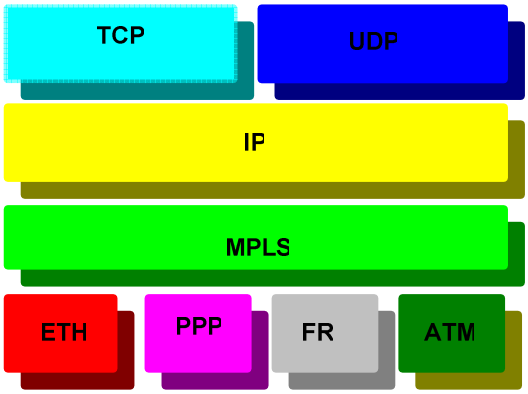

FIGURA 1.22: Integración de MPLS con otras tecnologías de capa enlace[22]

1.3.2 ARQUITECTURA MPLS

MPLS realiza la conmutación de los paquetes IP de acuerdo a la información contenida en una etiqueta, que se encuentra entre las cabeceras de nivel 2 y nivel 3, es decir trabaja entre la capa enlace de datos y la capa red del modelo OSI.
De esta manera se logra que las redes sean capaces de funcionar como circuitos virtuales. En la Figura No. 1.23 se puede apreciar que la trama MPLS se encuentra entre capa 2 y capa 3 del modelo de referencia OSI.[23]

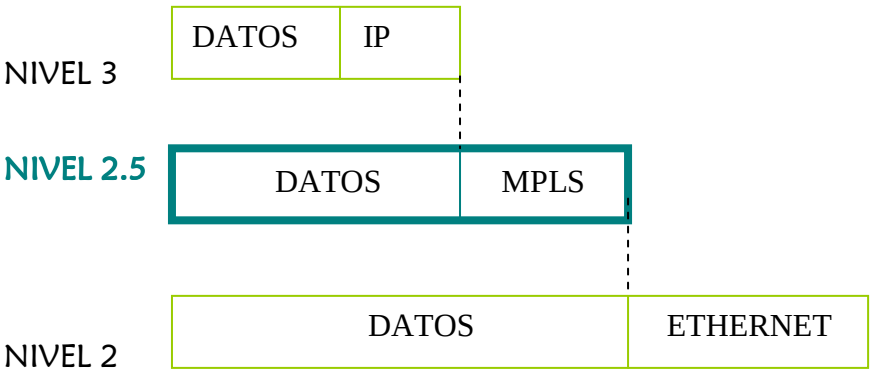

FIGURA No. 1.23: MPLS entre capa 2 y capa 3 del modelo OSI.

[22] IEEE, "Miltiprotocol Lavel Switching" www.ewh.ieee.org/r10/kerala/paper/**mpls**.ppt

[23] SIENRA, Luis, Centro de Investigación e Innovación en Telecomunicaciones, "Ofreciendo Calidad de Servicio mediante MPLS: Fundamentos y aplicación a las redes de cable", Septiembre 2003, www.cinit.org

1.3.3 FORMATO DE ETIQUETA MPLS[24]

La etiqueta MPLS se agrega entre la información del nivel 2 y el nivel 3 e identifica la trayectoria que un paquete debe seguir.

Algunas etiquetas o encabezados de determinados tecnologías de área extendida, pueden utilizarse como etiquetas de MPLS. Tal es el caso del VPI/VCI (identificador de ruta virtual/ identificador de circuito virtual) empleado en ATM y el DLCI (identificador de enlace de datos) de Frame Relay. Otras tecnologías como Ethernet y enlaces punto a punto, requieren de una etiqueta de inserción (shimlabel), que se ubica en el encabezado de la capa de enlace de datos y el encabezado de la capa de red del modelo OSI de un paquete. Aún cuando la etiqueta de inserción no es parte de ninguno de estos encabezados, ésta provee un medio de relación entre ambas capas. En la Figura No. 1.24 se indica el formato de la cabecera MPLS.[25]

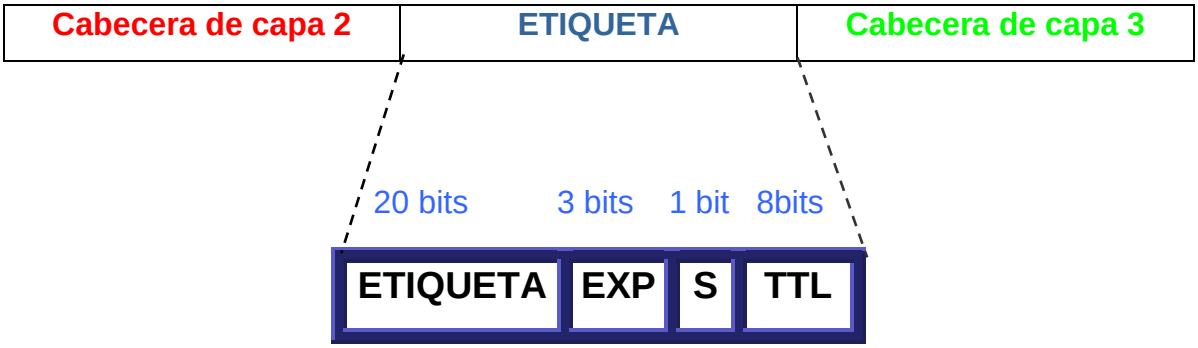

FIGURA No. 1.24: Etiqueta MPLS

MPLS realiza una conmutación más rápida, ya que no lee todo el paquete de datos, sino solo la etiqueta y así el tiempo de conmutación se reduce.

---

[24] ANGULO, Jeny, "Información MPLS", www.monografías.com/trabajos29/informaciónmpls, Abril 2005

[25] SIENRA, Luis, Centro de Investigación e Innovación en Telecomunicaciones, "Ofreciendo Calidad de Servicio mediante MPLS: Fundamentos y aplicación a las redes de cable", Septiembre 2003, www.cinit.org

La etiqueta de MPLS esta formada por 32 bits distribuidos en cuatro campos:

a) Etiqueta o Label
b) EXP
c) S
d) TTL

a) Etiqueta o Label: es un identificador lógico que tiene significado local, cuyo campo es de longitud fija de 20 bits y sirve para identificar un FEC (Clase Equivalente de Enrutamiento).

b) EXP: campo formado por 3 bits destinados a uso experimental los cuales identifican la clase de servicio del paquete.

c) TTL: Time-to-Live. Campo conformado por 8 bits. Es un contador y sirve para limitar el tiempo de vida de un paquete.

d) S (Stack): formado por 1 bit y sirve para el apilado jerárquico de etiquetas.

1.3.4 ELEMENTOS DE MPLS

Una red MPLS esta formada por los siguientes elementos:[26]

- Ruteador de Conmutación de Etiquetas (LSR, Label Switching Router)
- Ruteador de Conmutación de Etiquetas de Borde (LER, Label Edge Router)
- Rutas Conmutadas mediante Etiquetas (LSP, Label Switched Path)
- Clase Equivalente de Envío (FEC, Forward Equivalence Class)

[26] CALDERÓN, Oscar, “Redes de Nueva Generación”, noviembre 2007, calypso.unicauca.edu.co

1.3.4.1 Ruteador de Conmutación de Etiquetas (LSR, Label Switching Router) [27]

El LSR es un ruteador de gran velocidad, que se lo ubica en el núcleo de la red MPLS, cuyas funciones son las siguientes:

- Participar en el establecimiento de los circuitos extremo-extremo de la red o LSPs (Label Switched Path) usando un protocolo de señalización apropiado.

- Conmutar rápidamente el tráfico de datos entre los caminos establecidos.

1.3.4.2 Clase Equivalente de Envío (FEC, Forward Equivalence Class)

El FEC es una representación de un grupo de paquetes que comparten las mismas características para su transporte, así todos recibirán el mismo tratamiento en su camino al destino, como se puede observar en la Figura No. 1.25.

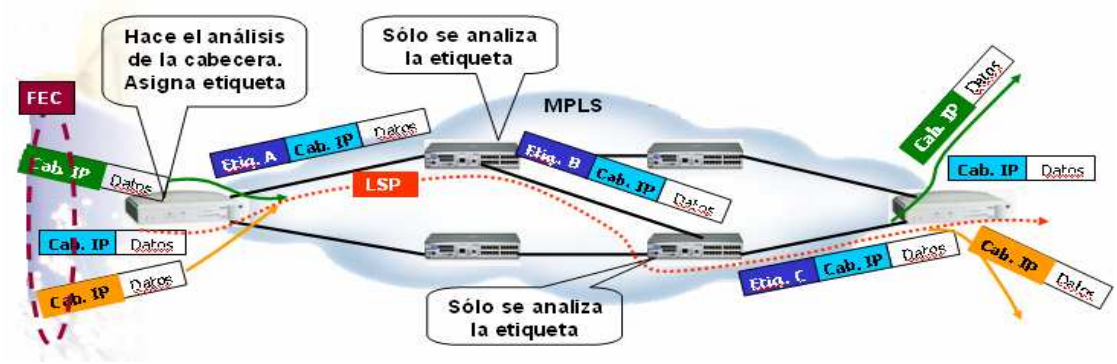

FIGURA No. 1.25 Representación de un FEC

En MPLS, la asignación de un paquete a una FEC en particular se realiza una sola vez, en el momento en el que un paquete entra a la red.[28]

Uno de los motivos por los que se utiliza la FEC, es porque permite agrupar paquetes en clases. Gracias a esta agrupación, el valor de las FEC en el paquete se puede utilizar para establecer prioridades, de tal forma que se da más prioridad a unos FECs sobre otros. Se pueden usar las FECs para dar soporte a

[27] TELEFÓNICA, "Las Telecomunicaciones de la Nueva Generación", www.telefonica.es
[28] TAPIA, Elizabeth, "Tecnologías de Banda Ancha", www.eie.fceia.unr.edu.ar

operaciones eficientes de QoS (calidad de servicio). Por ejemplo, se pueden asociar FECs de alta prioridad a tráfico de voz en tiempo real, de baja prioridad a correo, etc. [29]

1.3.4.3 Ruteador de Conmutación de Etiquetas de Borde (LER, Label Edge Router)

Los LERs son ruteadores situados en la frontera de la red. Son responsables de enviar el tráfico entrante a la red MPLS utilizando un protocolo de señalización de etiquetas y distribuir el tráfico saliente hacia las distintas redes destino. Los LERs se clasifican en nodos de entrada (ingress node) y nodos de salida (egress node).[30]

1.3.4.4 Rutas de Conmutación de Etiquetas (LSP, Label Switched Path)

LSP es un trayecto, a través del cual fluye el tráfico entre uno o más LSRs en un nivel de jerarquía que sigue un paquete de un FEC en particular.
Los trayectos pueden establecerse en los ruteadores, mediante protocolos de enrutamiento, así como manualmente. Al primer LSR que forma el LSP se lo denomina como el de entrada o cabecera y al último se lo conoce como salida o cola.

En la Figura No. 1.26 se ilustran los componentes principales que conforman una red MPLS:

[29] ALCOBER, Fernando, “Curso de Teleeducación sobreMPLS”, www.panoramix.fi,upm.es, Mayo 2001
[30] HESSELBACH Xavier, “Problemas abiertos en MPLS”.www.mplslab.upc.es/MPLSlab/, Abril 2003

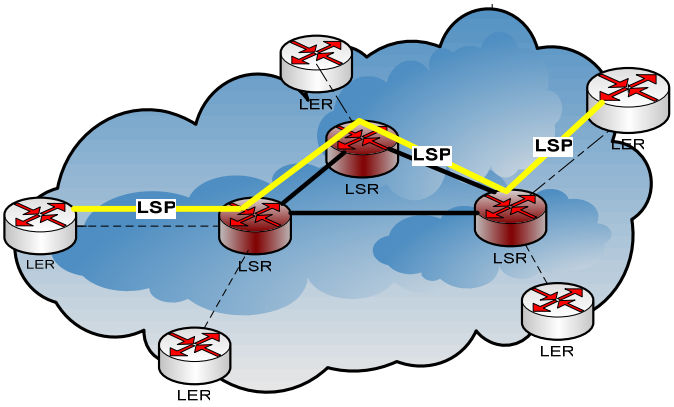

FIGURA No. 1.26: Componentes de una red MPLS

1.3.5 FUNCIONAMIENTO DE MPLS[31]

Una característica relevante de MPLS es la separación de las componentes de control y de envío de información, para permitir que los nodos manejen funcionalmente su arquitectura. Al separar las componentes, cada una de ellas se puede modificar independientemente. En la Figura No. 1.27 se muestra un diagrama de la separación funcional de las componentes de control y envió.

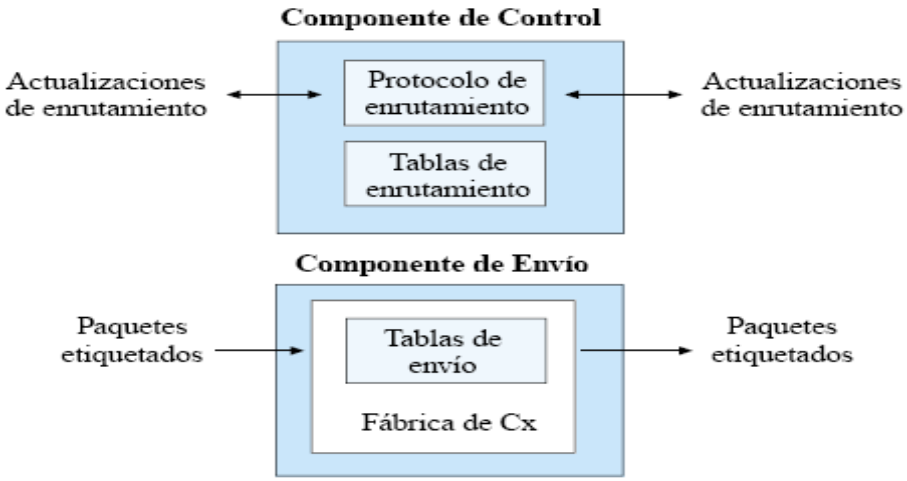

FIGURA No. 1.27 Separación de las componentes de Control y Envío

[31] BARBERÁ, José, "MPLS: Una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI", www.rediris.es, Octubre 2006

1.3.5.1 Componente de Control

Las funciones más importantes de la componente de control de MPLS son:
a) Generar tablas de envío que establecen los LSPs.: las tablas de enrutamiento se calculan utilizando los datos de los estados de los enlaces, políticas de control de tráfico como: patrón de tráfico, topología, etc.

MPLS necesita esta información de enrutamiento para establecer los caminos LSPs. Se utiliza la información de enrutamiento que manejan los protocolos IGP (Protocolo de Gateway Interior) como son por ejemplo: OSPF (Open Shortest Path First, primero la ruta más corta), IS-IS (Intermediate System- Intermediate System, sistema intermedio a sistema intermedio), tanto OSPF como IS-IS utilizan el algoritmo de ruteo de estado de enlace, para construir las tablas de enrutamiento.

MPLS crea para cada ruta IP de la red, un camino de etiquetas a base de concatenar las de entrada/salida en cada tabla de los LSRs, el protocolo IGP correspondiente se encarga de pasar la información necesaria.

b). Distribuir información sobre las etiquetas a los LSRs: se refiere a la información de señalización, siempre que se quiera establecer un circuito virtual, se necesita algún tipo de señalización para marcar el camino, es decir para realizar la distribución de etiquetas entre los nodos.

Actualmente existe una amplia variedad de protocolos utilizados para la distribución de etiquetas MPLS. La arquitectura MPLS no especifica uno de estos en particular, sino que recomienda su elección dependiendo de los requerimientos específicos de la red, pero se destaca el Protocolo de Distribución de Etiquetas (LDP). Además, en el IETF se están estandarizando otros protocolos, específicos para la distribución de etiquetas[32].

---

[32] BARBERÁ, José, “MPLS: Una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI”, www.rediris.es, Octubre 2006

1.3.5.1.1 Alternativas de distribución de etiquetas con control ordenado[33]

En una red MPLS, el LER de salida es por lo regular, el encargado de la distribución de etiquetas, siendo este proceso en sentido contrario al direccionamiento de paquetes. El control ordenado ofrece como ventajas una mejor ingeniería de tráfico y mayor control de la red.

La distribución con control ordenado puede darse de dos maneras:
Una alternativa consiste en distribuir las etiquetas sin que éstas sean solicitadas por otros ruteadores. Este método de distribución, conocido como transferencia de bajada no solicitada (dowstream unsolicited), puede hacerse cada determinado tiempo o cada vez que cambie la Base de Información de Etiquetas (LIB) de un ruteador cualquiera.

La segunda opción, denominada transferencia de bajada por demanda (dowstream on-demand), requiere que un ruteador en particular solicite sus tablas, siendo estas posteriormente distribuidas por el LER de salida, como se indica en la Figura No 1.28
La transmisión se realiza de un nodo (upstream) al siguiente (downstream)

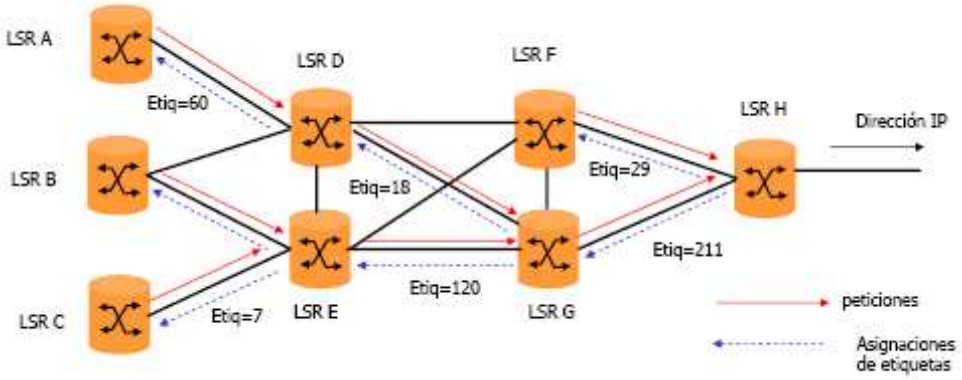

FiGURA No. 1.28 Transferencia de etiquetas de etiquetas bajo demanda

[33] SIENRA, Luis, Centro de Investigación e Innovación en Telecomunicaciones, "Ofreciendo Calidad de Servicio mediante MPLS: Fundamentos y aplicación a las redes de cable", Septiembre 2003, www.cinit.org

1.3.5.2 Componente de Envío

Cada LSP se crea a base de concatenar uno o más saltos, en los que se intercambian etiquetas, de modo que cada paquete se envía de un conmutador de etiquetas a otro, a través del entorno MPLS.
Al llegar los paquetes, la componente de envío examina la información de la cabecera del paquete, busca en la tabla de envío, la entrada correspondiente y dirige el paquete desde la interfaz de entrada al de salida, a través del hardware de conmutación adecuado. La tabla de envío se construye a partir de la información de enrutamiento que proporciona la componente de control.[34]

En la Figura No. 1.29, se ilustra un ejemplo de funcionamiento de un LSR MPLS, en el que se aprecia de manera detallada, como se encuentran asignadas las etiquetas en un paquete al ingresar a un LSR.

El paquete ingresa por el interfaz 11, con una etiqueta 18 y se lo envía al siguiente LSR por el interfaz 6 con una etiqueta 8.

Luego al ingresar un segundo paquete lo hace por el interfaz 5 con etiqueta 4 y se envía al siguiente LSR por el interfaz 10, pero con etiqueta 15.

En el funcionamiento de un LSR, los paquetes utilizan interfaces y etiquetas de entrada diferentes a las de salida, como se puede apreciar en la Figura No. 1.28.

INTERFAZ DE ENTRADA	ETIQUETA DE ENTRADA	INTERFAZ DE SALIDA	ETIQUETA DE SALIDA
11	18	6	8
5	4	10	15

FIGURA No. 1.29: Construcción de una tabla de etiquetas dentro de un LSR

[34] LOPEZ, Gonzalo, “Fortaleciendo el backbone de redes actuales con MPLS”,ingenieria.unitecnologica.ed

1.3.5.3 Funcionamiento general de MPLS[35]

El funcionamiento general de MPLS se lo realiza mediante el siguiente proceso:

1. Se realiza la construcción de tablas de enrutamiento, mediante protocolos internos, luego se crean los LSPs mediante las tablas de intercambio de etiquetas entre LSRs adyacentes.

2. El LER de entrada examina el paquete, lo procesa, lo etiqueta y lo envía al Core. Los LSRs de Core conmutan los paquetes mediante el intercambio de etiquetas.

3. Por último el LER de salida remueve y conserva las etiquetas y entrega el paquete al destino. Dentro del entorno MPLS los LSRs ignoran la cabecera IP. Solamente analizan la etiqueta, consultan la tabla y la reemplazan.

La Figura No. 1.30 se muestra un esquema del funcionamiento general de MPLS, donde se indican las funciones de cada elemento que conforman la red MPLS.

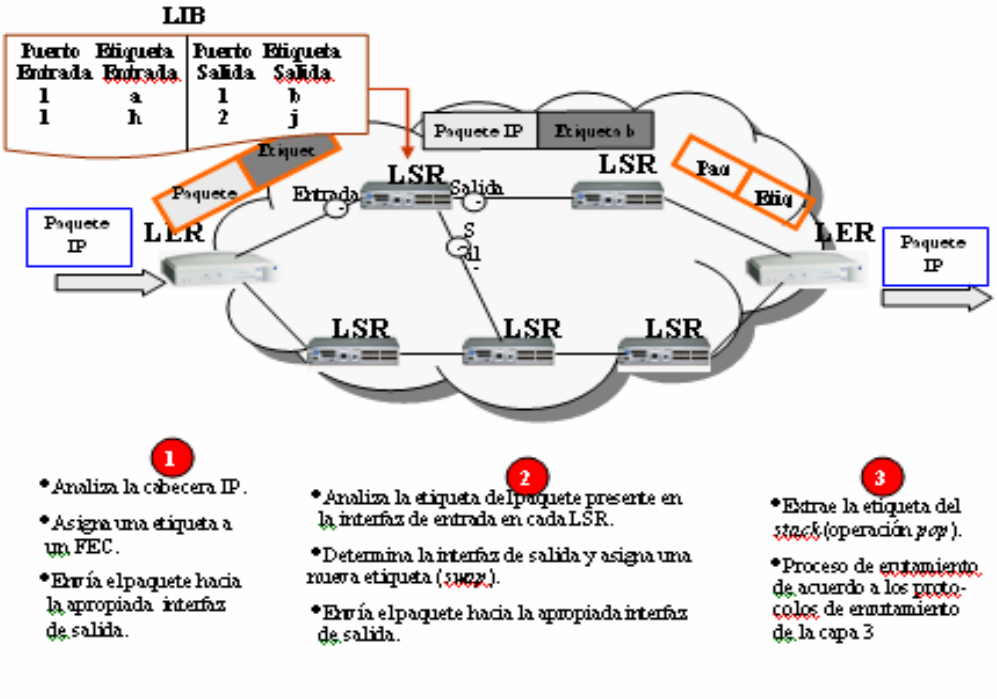

FIGURA No. 1.30 Funcionamiento General de MPLS

[35] BARBERÁ, José, "MPLS: Una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI", www.rediris.es, Octubre 2006

1.3.5.4 Protocolo de Distribución de Etiquetas (LDP, Label Distribution Protocol)[36]

LDP es el protocolo encargado de la distribución de la información de las etiquetas entre dispositivos. MPLS lo define como un conjunto de procedimientos, mediante los cuales un ruteador, que puede ser LSR comunica a otro las asignaciones de etiquetas, utilizadas para enviar tráfico entre ellos.

Dos ruteadores LSR, que usan un protocolo de distribución de etiquetas para intercambiar la información de la etiqueta-FEC se les conoce como "puertos de distribución de etiquetas" respecto a la información que intercambian. Si dos ruteadores LSR son puertos de distribución de etiquetas, se dice de que hay una "distribución de etiquetas adyacente" entre ellos.

El Protocolo de Distribución de Etiquetas también abarca las negociaciones de etiquetas, en el que dos puertos de distribución de etiquetas necesitan comunicarse con el fin de aprender de las posibilidades MPLS del otro.

1.4 APLICACIONES MPLS

Las principales aplicaciones que presenta MPLS, son las siguientes:

- Ingeniería de Tráfico
- Calidad de Servicio (QoS)
- Clases de Servicio (CoS)
- Redes Privadas Virtuales (VPNs)

[36] HESSELBACH Xavier, “Problemas Abiertos en MPLS”, www.80.34.206.133/netica/com/mpls-v3.pdf

1.4.1 INGENIERÍA DE TRÁFICO[37]

Ingeniería de Tráfico es un proceso que mejora la utilización de las redes, mediante la distribución del tráfico en ellas, de acuerdo con la disponibilidad de los recursos. El objetivo de Ingeniería de Tráfico es minimizar la congestión, permite enfocar los flujos de tráfico a los recursos físicos de la red. Equilibra de manera óptima la utilización de esos recursos, de tal forma que no haya algunos que estén reutilizados con puntos congestionados o cuellos de botella, mientras que otros puedan estar sin utilizar.

La Ingeniería de Tráfico traslada ciertos flujos de tráfico más congestionados seleccionados por los protocolos IGP (Protocolo de Gateway Interior) correspondiente, a otros con menos congestión, aunque estén fuera de la ruta más corta (con menos saltos).

En la Figura No. 1.31 se comparan dos tipos de caminos para el mismo par de nodos origen-destino.

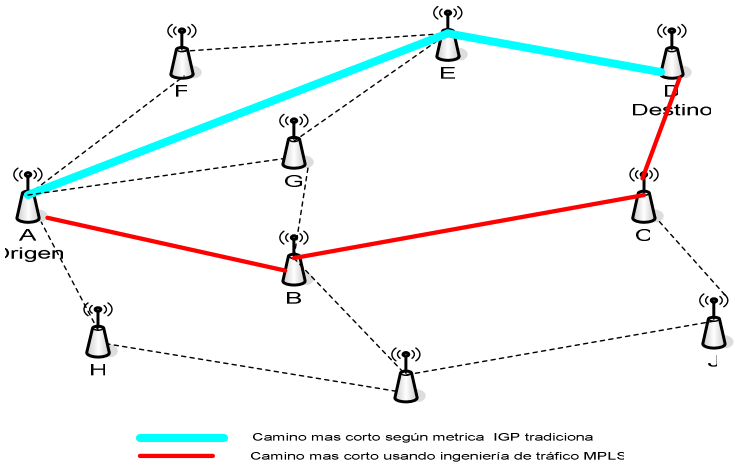

FIGURA No. 1.31: Elección de caminos mediante Ingeniería de Tráfico

[37]Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Ciencias Exactas. Trabajo Final de Aplicación. "MPLS Multiprotocol Label Switching."exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/SistemasOperativos/libmpls.PDF

El camino más corto entre A y D según la métrica normal IGP, es el que tiene sólo dos saltos (A-E-D), pero puede que el exceso de tráfico sobre esos enlaces, o el esfuerzo de los nodos correspondientes hagan aconsejable la utilización del camino alternativo indicado con un salto más (A-B-C-D).

MPLS es una tecnología de backbone, que permite:

1. Establecer Rutas Explícitas: una ruta explícita es una secuencia de nodos lógicos, entre un nodo de ingreso y un nodo de egreso, que se definen y establecen desde un nodo de la frontera.

Los administradores de redes, pueden establecer rutas explícitas, especificando el camino físico exacto de un LSP.

2. Obtener estadísticas de uso LSP: permite obtener estadísticas de uso LSP, que se pueden utilizar en la planificación de la red y como herramientas de análisis de cuellos de botella y carga de los enlaces, lo que resulta bastante útil para planes de expansión futura.

3. Realizar encaminamiento restringido CBR (Constraint Based Routing): permite hacer enrutamiento, de modo que se pueda seleccionar determinadas rutas para servicios especiales, de aquí nacen los distintos niveles de Calidad de Servicio., garantías explícitas de retardo, ancho de banda, fluctuación, pérdida de paquetes, etc.

Una ventaja de realizar Ingeniería de Tráfico con MPLS, es que permite etiquetar ciertos paquetes de datos con prioridades, para que éstos lleguen al destino con mayor rapidez, haciendo posible que se tenga aplicaciones en tiempo real y con retardos reducidos.

1.4.2 CALIDAD DE SERVICIO (QoS)[38]

Calidad de Servicio es un mecanismo que satisface los requerimientos de las aplicaciones en una red. Se refiere al rendimiento de la red y la eliminación de aspectos como la latencia. En el caso de que una red se congestione, permite garantizar que las aplicaciones más críticas por ejemplo la transmisión de voz o video, dispongan de mayor prioridad.

La Calidad de Servicio tiene la habilidad de distinguir entre diferentes tipos de tráfico y asignar recursos en función de ciertos parámetros, como son: ancho de banda, retardo, jitter y pérdidas de paquetes.

Al establecer una red con Calidad de Servicio, los enlaces son controlados y el tráfico priorizado, de manera que garantiza que los servicios críticos no sean afectados por los demás. El cliente determina el nivel critico del tipo de servicio (datos, voz, o imagen) o por tipo de aplicación (ERP, e-mail, etc.).

En la actualidad las necesidades de comunicación, especialmente entre lugares remotos, van más allá de la transferencia de archivos vía Web u otras aplicaciones. La convergencia de datos con aplicaciones en tiempo real e interactivo, necesitan de una eficiente plataforma de transporte, por lo que se necesitan mecanismos como la Calidad de Servicio para cumplir con lo mencionado.

El cumplimento de los servicios ofrecidos por las diferentes empresas portadoras, se lo realiza mediante el SLA, que es el Acuerdo de Nivel de Servicio (Service Level Agreement), éste acuerdo se establece entre el proveedor del servicio y cliente, en el que se describe las responsabilidades de prestación, recepción y las compensaciones que se apliquen en caso de no cumplirse con los niveles de servicio pactado.

En redes MPLS, se tienen especificaciones para cada LSP. Por ejemplo si se requiere un servicio de video sobre una red MPLS, el LSP tendrá un mayor ancho

[38] PEPELNJAK Ivan, Guichard Jim, “MPLS and VPN Architectures”, Capítulo 1 página 20

de banda y se dirigirá por una ruta más corta, para disminuir el retardo y entregar una imagen nítida y en tiempo real, el camino de esta petición de video será diferente al de una petición para transporte de datos, ya que el transporte de datos no requerirá de nitidez y tampoco se lo hará en tiempo real.

1.4.3 CLASES DE SERVICIO (CoS)

Clase de Servicio es un término que se utiliza para diferenciar el tráfico de una red, es decir gestiona diferentes clases de flujos de datos de forma eficaz.

Las clases de servicio, en una red de datos, permiten asignar prioridades a distintos flujos de tráfico, de manera que sus datos más importantes tengan preferencia sobre tráfico menos crítico respecto al tiempo.

MPLS es una tecnología que permite ofrecer Clases de Servicio (CoS), independientemente de la red sobre la que se implemente.

El modelo DiffServ (Servicios Diferenciados) del IETF, precisa diversos mecanismos para clasificar el tráfico en un número reducido de clases de servicio con prioridades distintas. Permite diferenciar servicios como la transferencia de archivos, correo electrónico, considerando que para éstos el retardo no es crítico, en comparación con aplicaciones como el video y la voz en tiempo real, los mismos que si son dependientes del retardo.[39]

MPLS se adapta perfectamente al modelo DiffServ, ya que las etiquetas MPLS tienen el campo EXP para poder propagar la Clase de Servicio (CoS) en el correspondiente LSP.

El tráfico que fluye a través de un determinado LSP, se puede asignar a diferentes colas de salida en los diferentes saltos LSR, de acuerdo con la información contenida en los bits del campo EXP.

---

[39] VIRTUAL PRIVATE NETWORKS, “Internetworking Technology Handbook”, www.cisco.com/univered/cc/td/doc/ciscintwk_doc, Octubre 2006

Se pueden ofrecer niveles de servicio como son por ejemplo: tráfico de máxima prioridad, tráfico de prioridad media y el tráfico del mayor esfuerzo (best effort), que serán ofrecidos a los diferentes clientes de la red, de acuerdo a las necesidades de éstos.

1.4.4. REDES PRIVADAS VIRTUALES (VPNs)

Una red privada virtual (VPN, Virtual Private Network), es una red privada de datos, cuyo transporte se realiza mediante una infraestructura pública de telecomunicaciones, manteniendo privacidad a través de conexiones seguras.

Una VPN se forma mediante una agrupación lógica de usuarios dentro de una red de cierto tamaño. La VPN envía el tráfico mediante un túnel privado seguro, a través de una red pública compartida, que puede ser Internet o, en el caso de MPLS, la red de un proveedor de servicios.[40]

En una red privada virtual, los usuarios aparentan estar en el mismo segmento de la red, situación que en realidad no siempre sucede, ya que por lo general se encuentran en redes distantes.

Las redes de telecomunicaciones que utilizan VPNs presentan varias ventajas y beneficios para los usuarios como son:

a) Flexibilidad: es independiente ya que se pueden elegir diversas tecnologías o proveedores de servicio.

b) Escalabilidad**:** es decir posibilita el crecimiento de la red.

c) Costos**:** el implementar VPNs no demanda de grandes costos, debido a que por ejemplo se utiliza la red pública como es la red Internet.

[40] PEPELNJAK Ivan, Guichard Jim, “MPLS and VPN Architectures”, Capítulo 1 página 22

La forma de utilizar las infraestructuras IP para servicio VPN (IP VPN), ha sido la de construir túneles IP de diversos modos.

d) Seguridad: con el uso de los túneles se encapsula el tráfico que generan los clientes, evitando que otras redes cercanas escuchen la información a ser trasmitida.

Las VPNs con MPLS se establecen en un camino virtual como es el LSP, en las que solamente pueden entrar los miembros de las mismas VPNs, y se lo realiza por el intercambio de etiquetas MPLS.

CAPÍTULO 2: MIGRACIÓN DE LA RED GIGABIT ETHERNET A MPLS

2.1 ASPECTOS IMPORTANTES

En el mercado de las Telecomunicaciones, existen varias empresas portadoras que trabajan con diferentes tecnologías de conmutación. Todas tratando de superarse entre si, mejorando los servicios ofrecidos y así captar la atención de más clientes.

Al estudiar las tecnologías de conmutación de telecomunicaciones tanto antiguas como modernas, se trata de obtener sus principales ventajas, de tal manera que al utilizarlas satisfagan a usuarios finales y garanticen el desempeño de los diferentes tipos de redes.

Telconet, tiene entre sus objetivos principales convertirse en la mayor empresa Portadora de Datos y Proveedora de Internet a nivel nacional, ya que ofrece servicios como la transmisión de datos a altas velocidades, para esto es necesario optimizar los recursos de la red implementando tecnologías que están a la vanguardia en las telecomunicaciones como es MPLS.

Telconet gestiona los servicios bajo su propio backbone y como ya se explicó en la sección 1.2.2, ofrece a sus clientes enlaces de fibra óptica basada en Gigabit Ethernet y que trabaja con IP. Para ello tiene distribuido estratégicamente varios nodos de los cuales dependen los clientes.

Al migrar de la tecnología Gigabit Ethernet a MPLS, se obtienen beneficios importantes como por ejemplo ofrecer Calidad de Servicio, que hoy en día es uno de los servicios más demandados por el mercado de las telecomunicaciones.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO

El proyecto de diseño para migrar la red Gigabit Ethernet de Telconet a la tecnología MPLS, plantea una solución factible y escalable para el entorno del Distrito Metropolitano de Quito.

En el diseño es primordial establecer los requerimientos para la migración de la red actual, y las necesidades de los clientes, así como también, es conveniente realizar una proyección futura tanto para la red como para los clientes.

El factor económico es un aspecto importante a considerar sobre el equipamiento a utilizar, por lo que se realizará una descripción referencial de los costos de los equipos que mejor se ajusten a los requerimientos del diseño, así como las facilidades para la administración, operación y mantenimiento de estos.

Presentamos de esta manera una solución sustentada bajo un estudio que permite una descripción detallada de esta propuesta, incluyendo recomendaciones tales como equipos referenciales, facilidades para la migración, impacto de la migración en los clientes y ventajas que se obtienen sobre la nueva red.

2.2.1 REQUERIMIENTOS PARA LA MIGRACIÓN DE LA RED ACTUAL

Los principales requerimientos para la migración son:

- Se requiere tener una red óptima que trabaje de manera confiable y que sea escalable.
- Eliminar los problemas que actualmente se presentan en el backbone como son: tormentas de broadcast, lazos de conmutación formados en capa 2, entre otros.
- Tener una red distribuida con capas jerárquicas para facilidades de detección de fallas, así como la posibilidad de crecimiento.
- La red propuesta debe ser capaz de transportar varias aplicaciones como son: voz, datos, video, entre las importantes.
- La migración que se realizará en el backbone deberá ser totalmente transparente para el cliente.

- La red dispondrá de un manejo de tráfico, que permita brindar Calidad de Servicio a usuarios finales,

Al realizar el estudio de la red Gigabit Ethernet, se ha decidido diseñar un modelo de red tipo jerárquico, que pueda simplificar los problemas antes mencionados, para tener una red con mejor rendimiento y mayor funcionalidad.

2.3 DISEÑO JERÁRQUICO EN TRES CAPAS[41]

Los niveles jerárquicos que se implementarán en la red MPLS, incluyen las siguientes capas:

Capa Core: Corresponde a la parte central de la red, tiene como principal propósito ofrecer una estructura de transporte fiable y optimizado, para reenviar el tráfico a altas velocidades. La capa Core debe ser capaz de conmutar paquetes tan rápido como sea posible.

Los dispositivos en esta capa no deben estar agobiados con comprobaciones de listas de acceso, con encriptación de datos, con conversiones de direcciones o cualquier otro proceso que haga que la conmutación de paquetes no se realice a la máxima velocidad, por lo que la capa Core debe estar formada por equipos de alta velocidad y gran rendimiento.

Las principales funciones que presenta la capa Core son:

- Ofrecer alta confiabilidad, baja latencia y buena capacidad de manipulación de alto tráfico.
- Proveer redundancia y tolerancia a fallas.
- Permitir adaptarse rápidamente a los cambios producidos en la red y evita la manipulación lenta de paquetes causada por filtros u otros procesos.

[41] GONZALEZ, Fabio, “Diplomado Superior en Plataformas Operativas para Internetworking”, Módulo VII,2004

Capa Distribución: Se encuentra entre la capa Core y la capa Acceso. El objetivo de esta capa es ofrecer una definición de límites, usando listas de acceso y otros filtros para limitar lo que entra en el núcleo de la red.

Es la capa que proporciona una conectividad basada en determinadas políticas, ya que determina cuando y como el tráfico de datos puede acceder a los servicios principales de la red. Además de proveer políticas para asegurar las redes y para preservar los recursos del tráfico innecesario, presenta las siguientes funciones:

- Segmenta la red en múltiples dominios de difusión.
- Enruta el tráfico para proporcionar acceso a los grupos de trabajo
- Sirve como punto de concentración para acceder a los dispositivos de capa de Acceso.

Capa Acceso: Esta capa es el punto a través del cual los usuarios finales pueden ingresar a la red. En la capa Acceso se pueden encontrar múltiples grupos de usuarios con sus correspondientes recursos. Suele incluir un número relativamente grande de puertos de acceso, mientras las otras capas incluyen menos puertos, pero de mayor velocidad.

Esta capa debe diseñarse sin olvidar la economía y la eficacia, equilibrando el número de puertos de acceso para el mantenimiento de las solicitudes de acceso dentro de la capacidad de las capas superiores. La capa Acceso puede ofrecer acceso remoto a la red a través de tecnologías de área extendida o líneas alquiladas.[42]

2.4 DISEÑO DE LA RED MPLS

La red Gigabit Ethernet que actualmente se encuentra en funcionamiento, fue diseñada para ofrecer acuerdos del nivel de servicio (SLA), en conformidad a lo que cada uno de los usuarios requiera, trabaja con el protocolo IP, el mismo que

[42] Cisco Systems, Inc, Academia de Networking de Cisco Systems, Guía del primero año. CCNA 1 y 2 Tercera Edición

realiza el mejor esfuerzo en cada uno de los paquetes de datos transmitidos, es decir no realiza Calida de Servicio. Razón por la cual es necesario implementar tecnologías de nueva generación, que además de establecer SLAs, permitan ofrecer a los usuarios finales Calidad de Servicio.

El backbone de Telconet está formado por una red tipo malla parcial, como ya se mencionó en la sección 1.2.2.4, está constituida por 48 nodos distribuidos por todo el Distrito Metropolitano de Quito, teniendo la ventaja de tener una red escalable, se ha optado por migrar la red actual a una red con mejor desempeño, que garantice el cumplimiento de los servicios ofrecidos, implementando la tecnología MPLS.

2.4.1 DISEÑO DE LA CAPA CORE

La red propuesta debe poseer una capa Core, cuya estructura sea fiable, en la que se manejen grandes velocidades de conmutación y se trabaje en el entorno de MPLS, estructura que se obtendrá implementando equipos que cumplan con las características requeridas.

2.4.1.1 Criterios de diseño de la capa Core

En la propuesta del diseño, se ha determinado que la capa Core estará conformado por los nodos que serán elegidos a partir de los siguientes criterios:

a) Nodos que posean más concentración de tráfico
b) Ubicación geográfica dentro de la ciudad
c) Redundancia eléctrica
d) Seguridad Física
e) Nodos redundantes

a) Nodos que posean mayor concentración de tráfico[43]

Al describir la topología de la red actual, indicada en la sección 1.2.2 (Fig. 1.2), se puede determinar que no todos los nodos tienen la misma capacidad de

[43] PROAÑO,Hugo, “Manual de Procedimientos: Descripción del Backbone”2007.

concentrar tráfico, así que se ha considerado a éste criterio como uno de los más importantes a tomarse en cuenta para realizar el diseño.

b) Ubicación geográfica estratégica dentro de la ciudad

El Distrito Metropolitano de Quito tiene una geografía irregular, motivo por el cual existen lugares en la ciudad que cuentan con mejores condiciones geográficas y diferentes áreas de cobertura que otros.

Los nodos de Telconet actualmente se encuentran ubicados en lugares estratégicos, cubriendo el área de cobertura de la ciudad, realizando un estudio se determinará cuales de éstos serán considerados los más aptos para formar parte de la capa Core, dependiendo de la zona en la que se encuentren.

c) Redundancia Eléctrica

Hay que considerar que en todos los lugares donde se hallan los nodos, deben estar instalados respaldos eléctricos, para evitar problemas en caso de fallas de la energía eléctrica.

d) Seguridad física.

En algunos nodos físicamente no existe espacio para poder incrementar más equipos, razón por la cual, al realizar el diseño hay que considerar no sobredimensionar los lugares donde se encuentran ubicados los nodos.

La seguridad física de los nodos es indispensable, existen algunos sitios donde la seguridad podría ser vulnerable, ya que varios de los nodos se encuentran ubicados en domicilios de personas, que generalmente desconocen del funcionamiento de equipos de interconectividad.

También existen equipos que se los adapta dentro de armarios, que a su vez están ubicados en bodegas o locales comerciales, etc., por lo que se debe ser cauteloso al momento de realizar su instalación e implementar la mayor cantidad de seguridades.

e) Nodos redundantes.

Se debe tomar en cuenta la redundancia de enlaces que existe en ciertos nodos, ya que esta característica es fundamentan al momento de escoger los nodos que conformen la capa Core.

2.4.1.2. Estudio del tráfico de los nodos de la red actual

Para poder estructurar la capa Core, se describen los enlaces físicos que posee actualmente cada uno de los nodos de red y la máxima capacidad de cada enlace.

En la tabla 2.1, se indica el número de enlaces físicos por nodo y la capacidad de cada uno de éstos, así como también los enlaces de backup.

Nodo	Enlaces Físicos	Capacidad del enlace	Capacidad del enlace de backup
Gosseal	6	1 Gbps	1 Gbps
Metropolitano	6	1 Gbps	100 Mbps
Cofiec	4	1 Gbps	10 Mbps
Calisto	1	100 Mbps	----------
Tarqui 7	6	1 Gbps	10 Mbps
Mayorista	1	10 Mbps	----------
Fondo	3	1 Gbps	100 Mbps
Transnexa	2	1 Gbps	----------
Muros	6	1 Gbps	100 Mbps
Swisshotel	7	1 Gbps	100 Mbps
OPS	6	1 Gbps	100 Mbps
Suiza	2	100 Mbps	100 Mbps
CIESPAL	2	100 Mbps	100 Mbps
Cosideco	3	100 Mbps	100 Mbps
Consejo	3	100 Mbps	100 Mbps
Lucha	2	100 Mbps	100 Mbps
Gaspar	6	1 Gbps	100 Mbps
Compuatel	1	100 Mbps	----------
Previsora	3	1 Gbps	100 Mbps
Transtelco	2	1 Gbps	----------
Cotocollao	7	100 Mbps	----------
Pampa	2	100 Mbps	10 Mbps
San Carlos	2	100 Mbps	10 Mbps
Florida	1	100 Mbps	----------
Parque Ingles	1	10 Mbps	----------
CCI	1	100 Mbps	----------

A. Hoyos	1	1Gbps	----------
Cochabamba	1	1 Gbps	----------
Confianza	1	100 Mbps	----------
Eloy Alfaro	4	1 Gbps	100 Mbps
Carcelen	1	100 Mbps	----------
Comité	2	100 Mbps	10 Mbps
González	3	1Gbps	10 Mbps
Cumbayá	2	100 Mbps	10 Mbps
Beaterio	2	10 Mbps	----------
Sur 2	5	100 Mbps	100 Mbps
Recreo	3	1Gbps	100 Mbps
Solanda	2	100 Mbps	----------
Hacienda	2	100 Mbps	----------
Armenia	2	100 Mbps	----------
Sangolquí	2	100 Mbps	10 Mbps
Pasochoa	2	10 Mbps	----------
Tambillo	2	10 Mbps	----------
Machachi	1	10 Mbps	----------
Cruz Loma	1	100 Mbps	----------
Supertaxi	1	10 Mbps	----------
Tarqui 2	7	100 Mbps	1 Gbps
Ofelia	1	100 Mbps	----------

Tabla No 2.1: Nodos que conforman la red

De la totalidad de nodos que conforman la red, mostrados en la tabla No. 2.1, se seleccionan los nodos que concentren la mayor cantidad de enlaces físicos como se indica en la tabla No.2.2.

Nodo	**Enlaces Físicos**	**Capacidad del enlace**	**Capacidad del enlace de backup**
Gosseal	6	1 Gbps	1 Gbps
Metropolitano	6	1 Gbps	100 Mbps
Tarqui 7	6	1 Gbps	10 Mbps
Muros	6	1 Gbps	100 Mbps
Swisshotel	7	1 Gbps	100 Mbps
OPS	6	1 Gbps	100 Mbps
Gaspar	6	1 Gbps	100 Mbps
Cotocollao	7	100 Mbps	----------
Tarqui 2	7	100 Mbps	1 Gbps

Tabla 2.2: Nodos con mayor cantidad de enlaces

Tomando como referencia los nodos indicados en la tabla 2.2, se realiza el estudio del tráfico de la red actual. Para ello, se utiliza el programa computacional CACTI, que toma muestras de tráfico en tiempo real de cada uno de los switches, que forman los nodos, en intervalos de tiempo de 5 minutos y entrega resultados en forma gráfica del comportamiento del tráfico, en función del ancho de banda de cada uno de los enlaces.

Se toman algunas muestras de tráfico que circula por cada uno de estos 9 nodos en el mese de Enero del 2008 de la red actual, mediante el programa CACTI.[44]
A continuación se muestran resultados obtenidos:
En la Figura No. 2.1 se indica el tráfico entre los nodos Gosseal - Gaspar

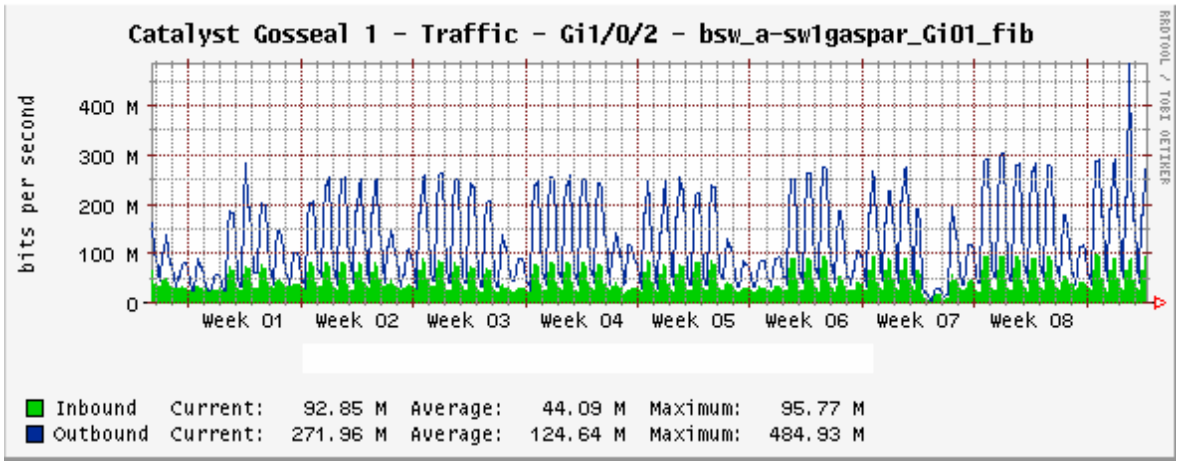

FIGURA No. 2.1: Tráfico entre Gosseal 1 - Gaspar

En la Figura No. 2.2 se indica el tráfico entre el nodo Metropolitano y Goseeal

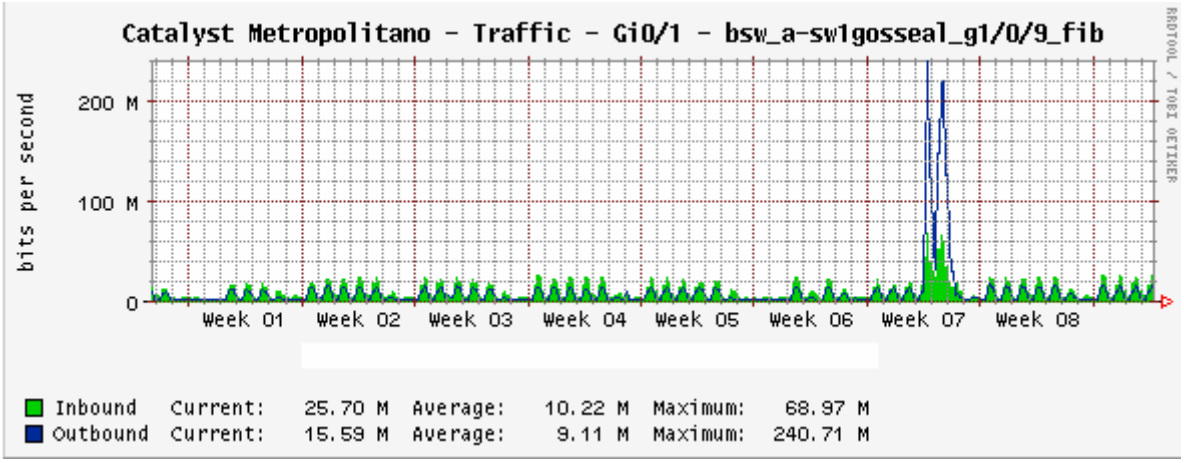

FIGURA No. 2.2: Tráfico entre Metropolitano - Gosseal

[44]CACTI, "Cacti, una herramienta completa basada en la solución gráfica", 2007,www.cacti.net.

En la Figura No. 2.3 se indica el tráfico entre Tarqui 7 y Recreo

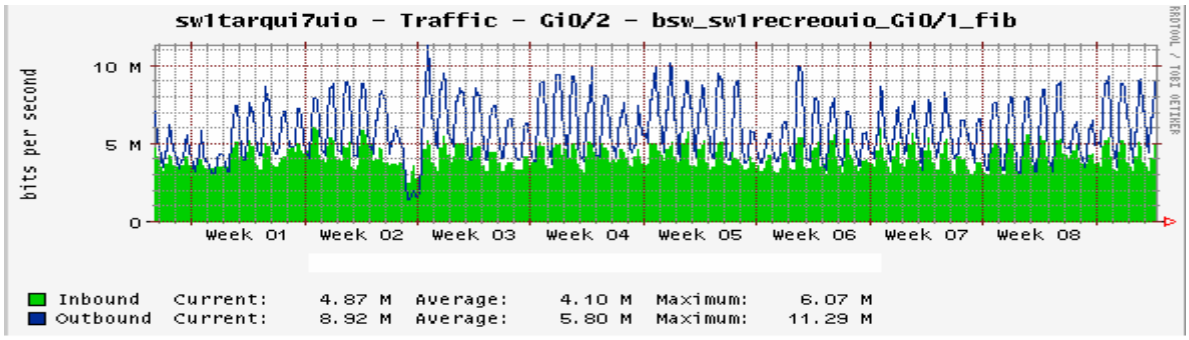

FIGURA No. 2.3: Tráfico entre Tarqui 7 - Recreo

En la Figura No. 2.4 se indica el tráfico existente entre Muros y Swisshotel

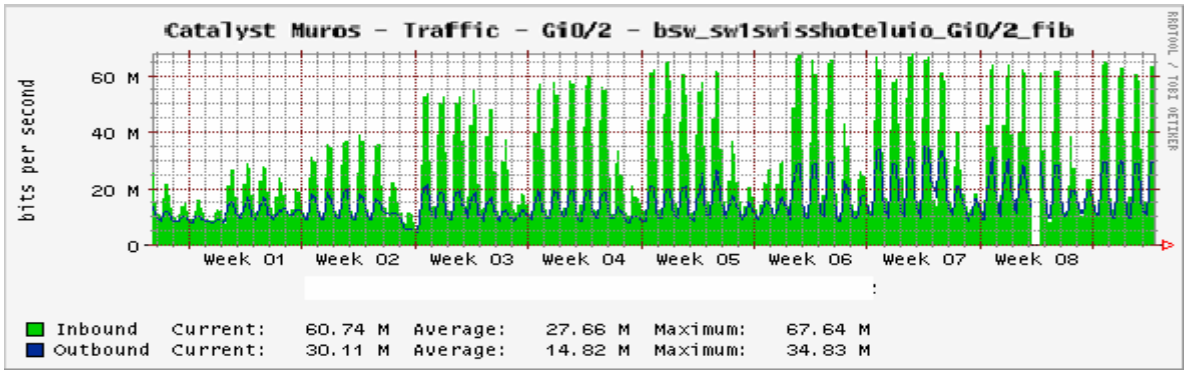

FIGURA No. 2.4: Tráfico entre Muros - Swisshotel

En la Figura No. 2.5 se indica el tráfico entre Swisshotel y OPS

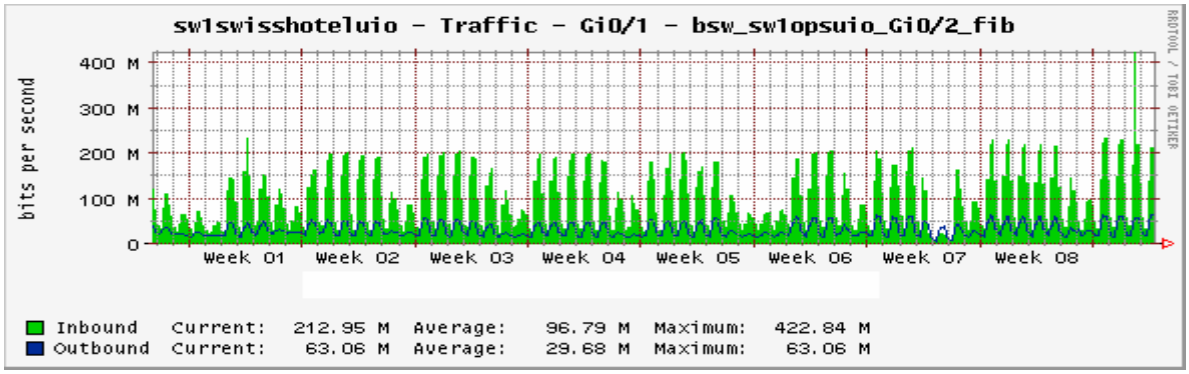

FIGURA No. 2.5: Tráfico entre Swisshotel - OPS

En la Figura No. 2.6 se indica el consumo de tráfico entre OPS y Swisshotel

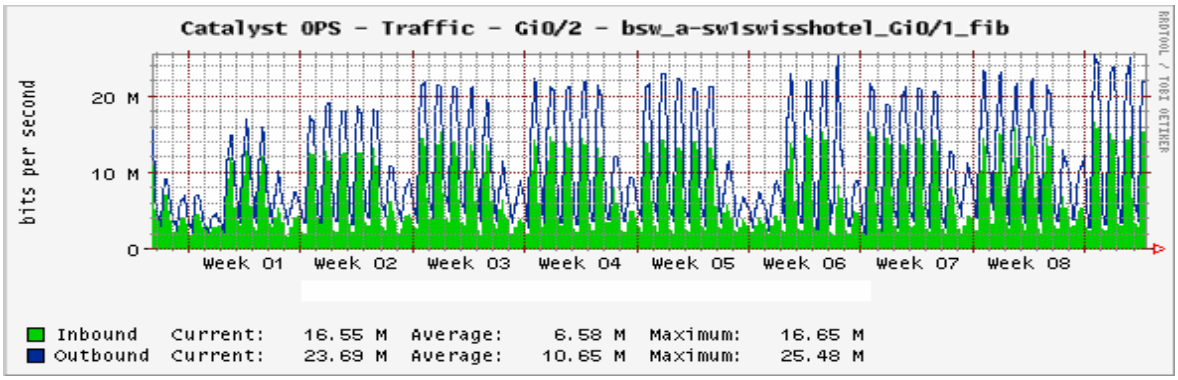

FIGURA No. 2.6: Tráfico entre OPS - Swisshotel

En la Figura No. 2.7 se indica el tráfico que existe entre Gaspar y OPS

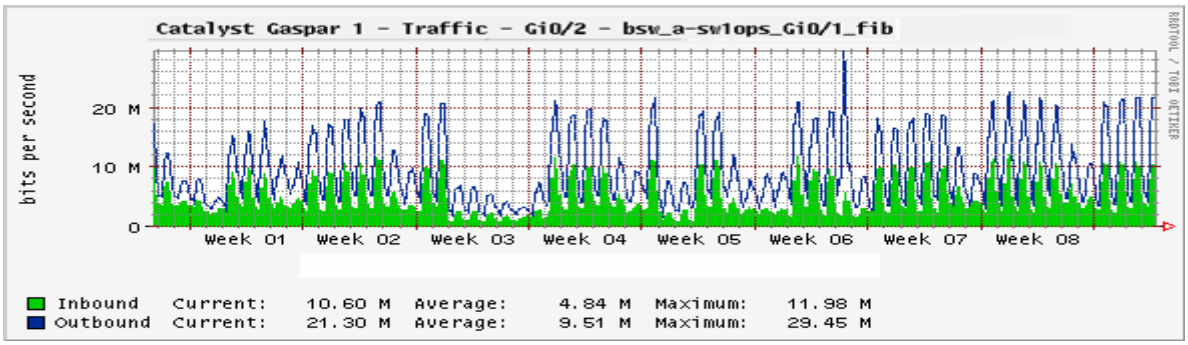

FIGURA No. 2.7: Tráfico entre Gaspar - OPS

En la Figura No. 2.8 se muestra el tráfico entre Cotocollao y un switch del nodo Gosseal

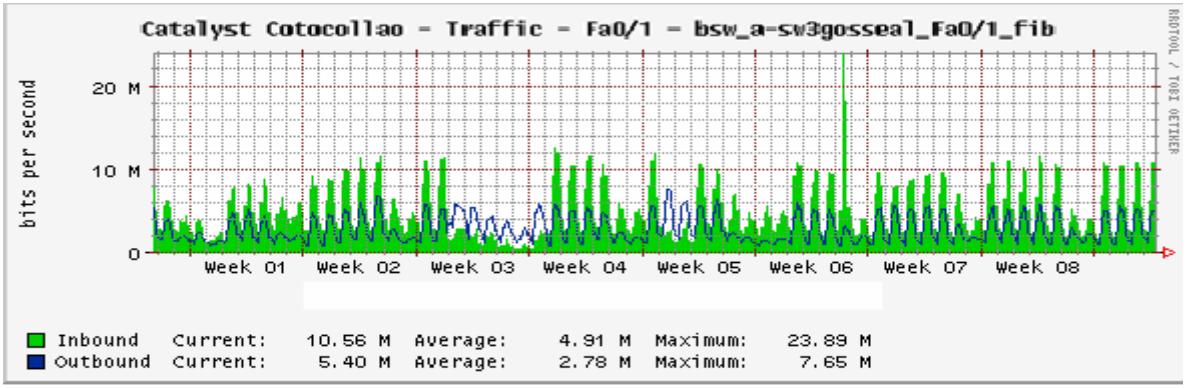

FIGURA No. 2.8: Tráfico entre Cotocollao - Gosseal

En la Figura No. 2.9 se muestra el tráfico existente entre Tarqui 2 y Swisshotel.

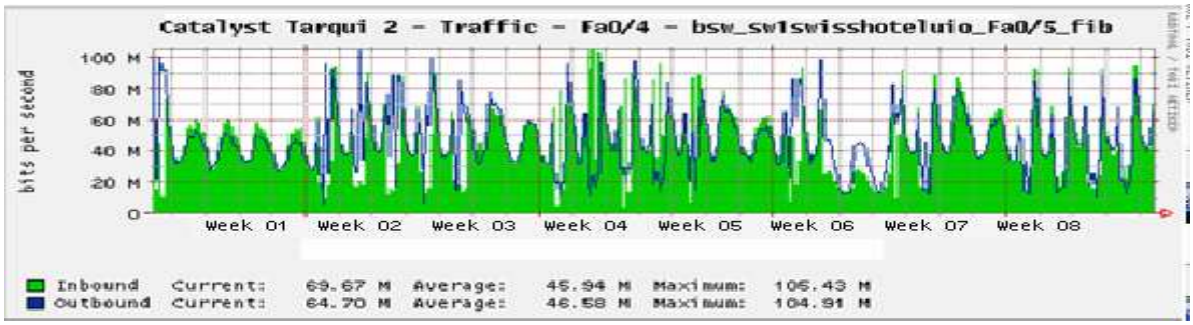

FIGURA No. 2.9: Tráfico entre Tarqui 2 - Swisshotel

Cada una de las figuras anteriores (Figura No. 2.1 – Figura No. 2.9), indican los siguientes parámetros:

- Inbound Current: es el pico más bajo de tráfico entrante.
- Inbound Maximun: es el pico más alto de tráfico de entrada.
- Outbound Current: es el pico más bajo de tráfico de salida.
- Outbound Maximun: es el pico más alto de tráfico saliente.

Los datos obtenidos de las muestras de tráfico indicadas desde la Figura No.2.1 a la Figura No 2.9 se indican en la tabla No. 2.3.

Nodo	**Picos de tráfico por nodo**			
	Máximo entrada (Mbps)	Máximo salida (Mbps)	Mínimo entrada (Mbps)	Mínimo salida (Mbps)
Gosseal	95.77	484.93	92.85	271.96
Metropolitano	68.97	40.71	25.70	15.59
Tarqui 7	6.07	11.29	4.87	8.92
Muros	122.84	63.06	212.95	63.06
Swisshotel	67.64	34.83	60.74	30.11
OPS	16.65	25.48	16.55	23.69
Gaspar	11.98	29.45	10.60	21.30
Cotocollao	23.89	7.65	10.56	5.40
Tarqui 2	106.48	104.91	69.67	64.70

Tabla 2.3: Datos obtenidos del estudio de tráfico

Se puede concluir que existen nodos por los que circulan mayor cantidad de tráfico que en otros, como son: Gosseal, Muros, Tarqui 2.

2.4.1.3. Descripción topológica de los nodos

En base al estudio realizado y resumido en la tabla 2.3, se debe elegir cuales serán los nodos que formarán parte de la capa Core. A continuación se describe las características de cada uno de los nodos:

Nodo Gosseal: (Pedro Gosseal 148 y Mariano Echeverría)

Es el nodo más grande (matriz) que posee Telconet, se encuentra ubicado en la zona norte del Distrito Metropolitano de Quito, aquí está el centro de operaciones y monitoreo (NOC), que controla y administra toda la red Gigabit Ethernet, como se lo describió en la sección 1.2.2.4.

Nodo Swisshotel: (Av. 12 de Octubre) ubicado en la zona central de la ciudad, el switch que conforma este nodo abarca un gran número de enlaces, pero el número de puertos disponible es limitado. Y debido al espacio físico, que es arrendado, no es posible aumentar más equipos dentro del nodo.

Nodo Muros: (Muros 199 y 12 de Octubre): ubicado en la zona centro – norte de la ciudad, al igual que Gosseal posee la concentración de 6 enlaces físicos, proporciona la interconexión con Guayaquil (matriz de Telconet) y el resto de ciudades del Ecuador.

Nodo Tarqui2: (Forestal Alta calle Sofía No. 535): ubicado en la zona sur de la ciudad, por el que circula gran cantidad de tráfico, aquí existe disponibilidad de espacio físico para poder implementar más equipos, ya que la infraestructura es propia de Telconet.

Nodos Metropolitano, Gaspar, OPS, Cotocollao: Estos nodos tienen gran concentración de enlaces, pero tienen como inconveniente no poder albergar más equipos, debido a que el espacio físico es limitado y no se lo puede extender.

2.4.1.4 Elección de los nodos de la capa Core

Elegir los nueve nodos descritos anteriormente representaría una inversión económica muy grande, debido a que en todos se tendría que implementar equipos que trabajen con la tecnología MPLS, y uno de los objetivos para la realización de este proyecto es la optimización de costos, pero teniendo presente los criterios técnicos antes mencionados.

La alternativa es segmentar la red, en tres zonas, cada una de ellas con un nodo principal, adoptando criterios como la ubicación geográfica dentro de la ciudad y el balance de tráfico, equitativo por cada nodo. Por lo que se concluye que la capa Core se conforma por los siguientes nodos:

- Nodo Gosseal
- Nodo Muros
- Nodo Tarqui 2

En la Figura No. 2.11 se indica los nodos que constituyen la capa Core de la red MPLS.

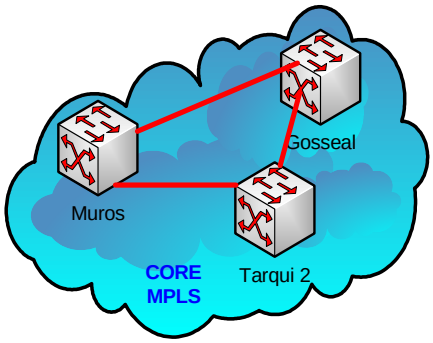

FIGURA No. 2.11: Nodos que conforman la capa Core MPLS

Físicamente los nodos se interconectan formando el anillo principal del Core como se muestra en la Figura No. 2.12. Se utiliza una fibra óptica monomodo, en la que se habilita dos hilos, uno para el enlace principal del anillo y otro para mantener la redundancia.

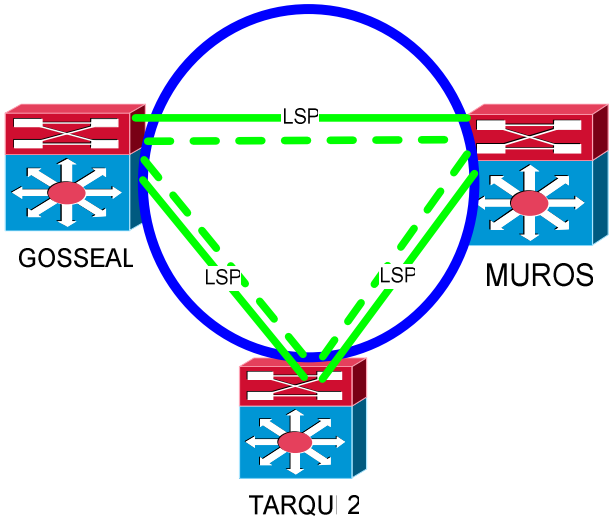

FIGURA No. 2.12: Anillo principal del Core MPLS

En los nodos de la capa Core, será necesario implementar equipos que permitan la migración a MPLS, los mismos que trabajen como LSRs y LERs.

Los equipos que trabajen como LERs, deben ser los responsables de enviar el tráfico entrante en la red MPLS con la utilización del protocolo de señalización de etiquetas y distribución de tráfico saliente.

La capa Core MPLS estará constituída como se indica en la Figura No. 2.13

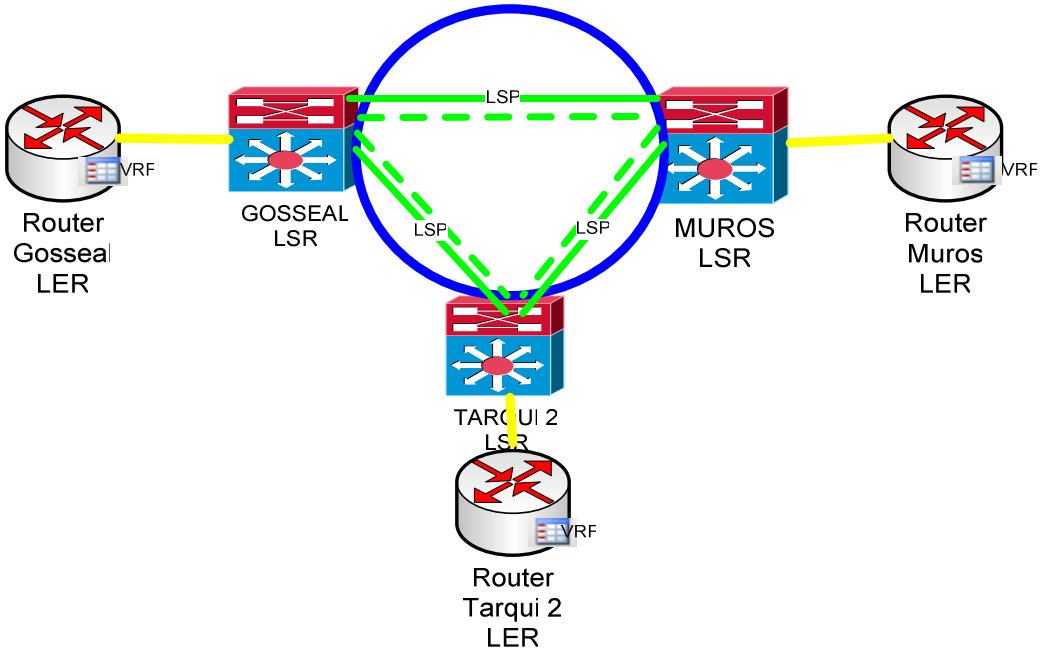

Figura No. 2.13: Capa Core MPLS

2.4.2 DISEÑO DE LA CAPA DISTRIBUCIÓN

Una vez segmentada la red, cada zona tendrá su propia subdivisión, tratando de formar segmentos de red más pequeños (anillos). Para este diseño se considera que los equipos de borde LERs pertenecerán tanto a la capa Core como a la capa Distribución.

Los nodos que conformen la capa Distribución podrán utilizar equipos con funcionalidad tanto MPLS como Ethernet, y su principal función es la de administrar los anillos que dependan de estos.

Los equipos que conformen esta capa deberán mantener un balance de carga en sus enlaces, para mejorar el desempeño en la administración de la red.

Un anillo ocupará dos puertos del equipo concentrador, teniendo de esta manera enlaces redundantes en caso de fallas.

Un esquema de la capa Core y Distribución en conjunto se muestra en la Figura No. 2.14

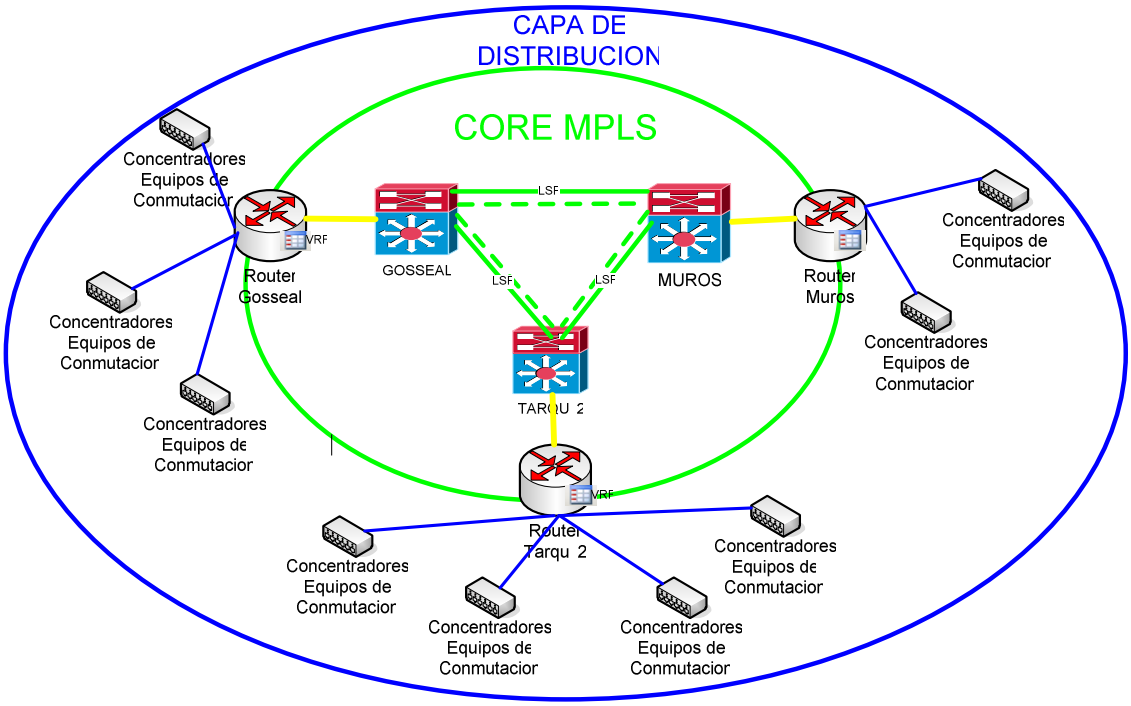

FIGURA No. 2.14: Capas Distribución y Core MPLS

2.4.3 DISEÑO DE LA CAPA ACCESO

En la capa de acceso se utilizará como tecnología de última milla la fibra óptica. En esta capa es necesario implementar un equipo terminal en el cliente, denominado CPE (Customer Premises Equipment), que permite el acceso del usuario hacia la red de la empresa portadora.

El CPE es un equipo proveído por la empresa portadora, que permite manejar protocolos de capa enlace y red, para realizar VPNs. En general presenta entre sus principales características las siguientes:

- Servicios de enrutamiento en IP.
- Conmutación en Ethernet y manejo de VPNs.
- Alimentación de 110 – 120V AC

Se considera necesario mencionar que el equipo de abonado CPE no necesita manejar MPLS.

En la Figura No. 2.15 se muestra un esquema del diseño jerárquico de la red MPLS.

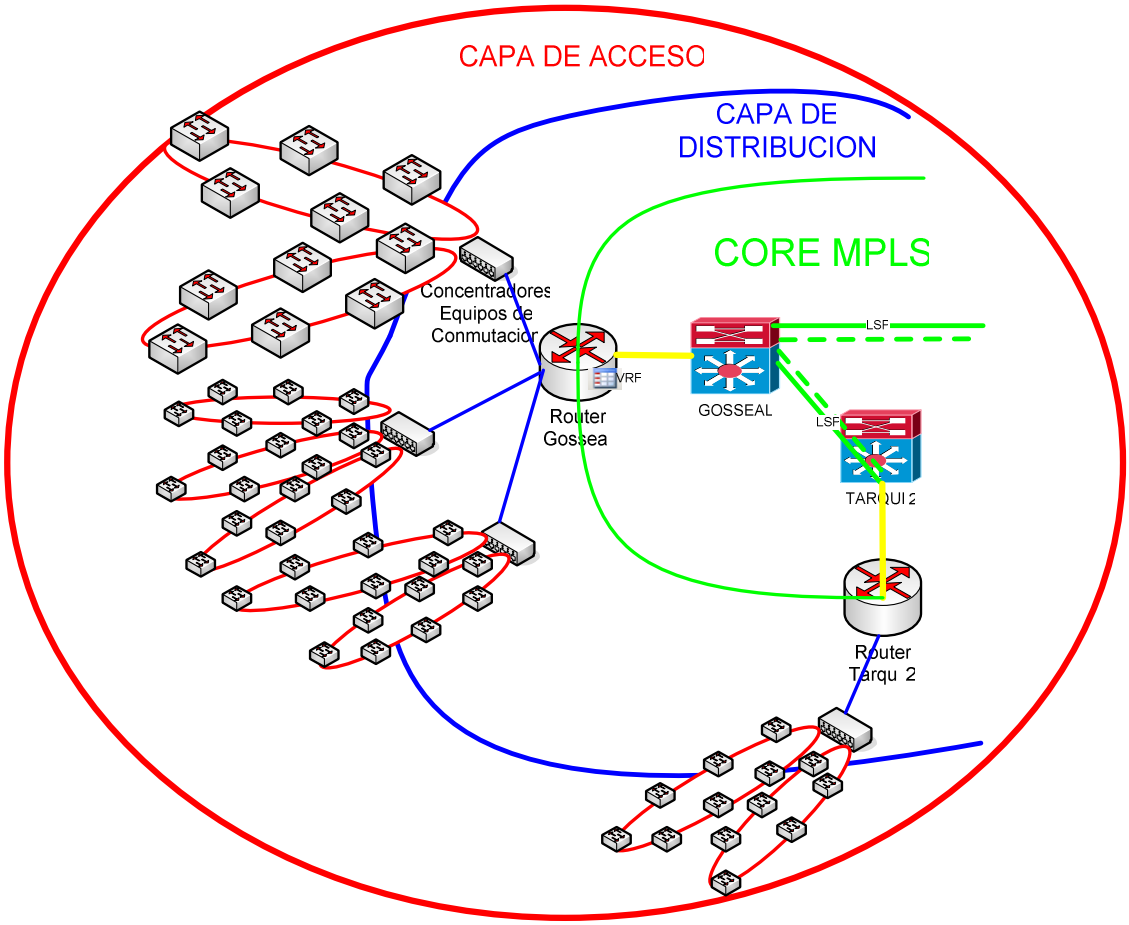

FIGURA No. 2.15: Diseño Jerárquico de la red MPLS

El esquema del backbone MPLS propuesto para Telconet se indica en la Figura No. 2.16:

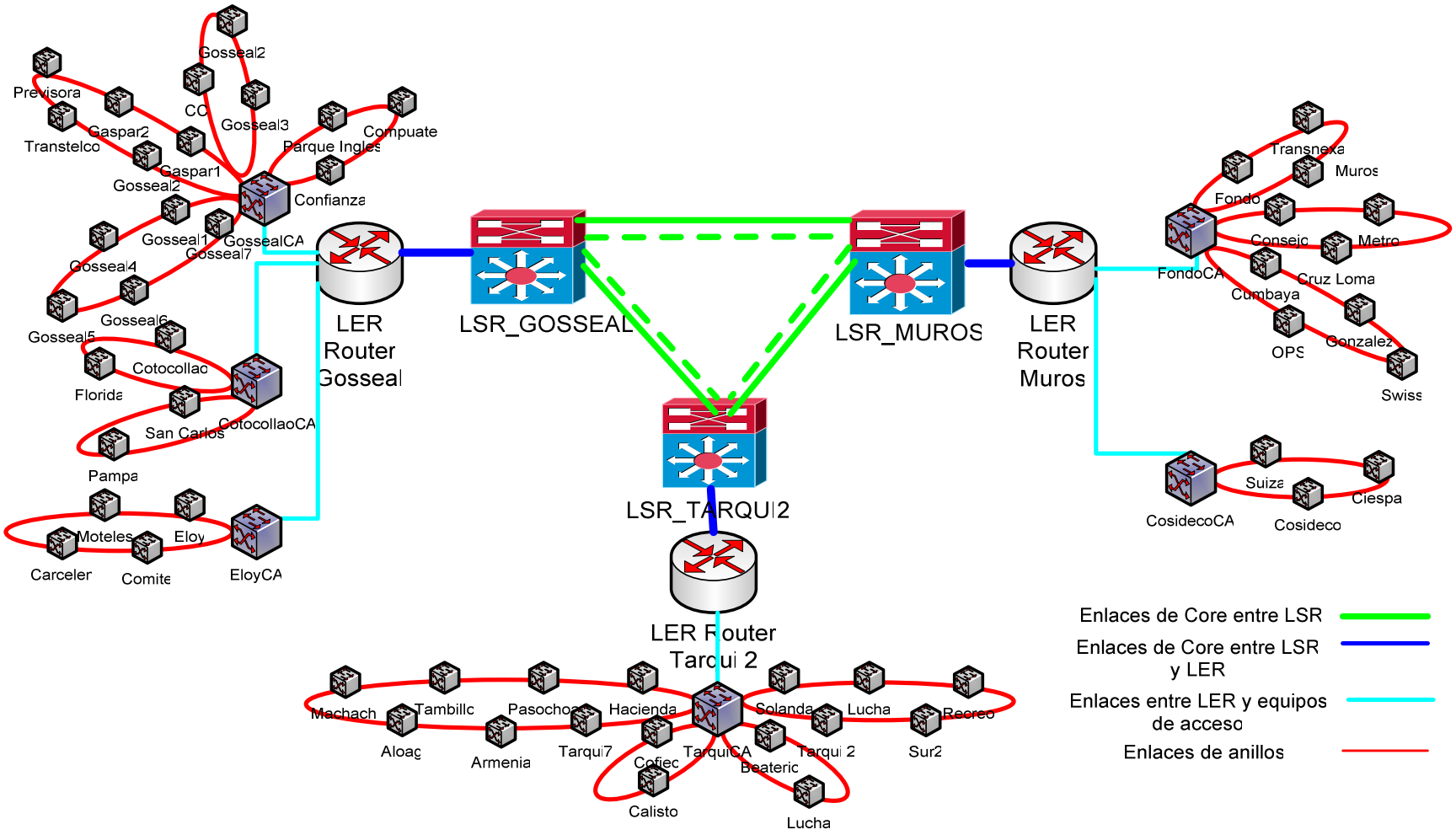

Figura 2.16 Red MPLS

2.4.4 DIMENSIONAMIENTO DEL BACKBONE MPLS

Una vez estructurada la topología de la red MPLS, mostrada en la Figura No. 2.16, se tiene que dimensionar la capacidad de los enlaces que se manejarán en el backbone, para esto se toma la referencia el tráfico que circula por la red actual descrito en la Tabla No. 2.3 y la proyección estadística proporcionada por el departamento de Proyectos de Telconet.[45]

De la información proporcionada por Telconet, se toma como referencia el comportamiento del tráfico de la red en los 5 últimos años, y se observa que existe un crecimiento exponencial, tanto para enlaces de datos como para internet, de un 30% anual, como se muestra en el Anexo 1.

Con estos criterios se realiza la estimación de la capacidad de los enlaces de los nodos que conforman la capa Core de la red MPLS, con una proyección futura de dos años, como se describe en la Tabla No. 2.4

Nodos	**Tráfico (Mbps) actual**	**Tráfico (Mbps) año 2009**	**Tráfico (Mbps) año 2010**
Muros	122.84	159.69	207.59
Gosseal	95.77	124.50	161.85
Tarqui 2	106.48	138.42	179.94

TABLA No. 2.4 Proyección de tráfico para los nodos del backbone MPLS

Los datos indicados en la Tabla No. 2.4, del tráfico estimado para los años 2009 y 2010, como se mencionó anteriormente se calcularon en función de los datos de tráfico actuales con un incremento del 30% para cada año, se toma este valor de porcentaje debido al comportamiento de tráfico estudiado por Telconet en los 5 últimos años.

[45] Chávez, Iván, “Análisis anual del crecimiento del tráfico del backbone de Telconet”, 2006

2.5 INGENIERÍA DE TRÁFICO EN MPLS

Ingeniería de Tráfico es un proceso que mejora la utilización de las redes, mediante la distribución del tráfico en ellas, de acuerdo con la disponibilidad de los recursos. (Mencionado en la sección 1.4.1)

El principal objetivo de la Ingeniería de Tráfico es facilitar las operaciones de red fiable y eficiente, en tanto se optimiza simultáneamente el uso de los recursos disponibles y el rendimiento de tráfico.

2.5.1 OBJETIVOS DE FUNCIONAMIENTO DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO

Los objetivos de funcionamiento de la Ingeniería de Tráfico son[46]:

a. Orientados al tráfico: comprende los aspectos que mejoran la Calidad de Servicio de los flujos de tráfico. En redes best effort “el mejor esfuerzo”, estos parámetros de desempeño vienen dados por minimización del retardo, minimización de pérdidas, maximización del rendimiento, entre otros.

b. Orientados a los recursos: Se refiere a los aspectos que brinden una optimización en el uso de los recursos.

Cuando la congestión es minimizada mediante la eficiente asignación de los recursos, la pérdida de paquetes y los retardos de transmisión disminuyen, se incrementa el rendimiento, aumentando por defecto la Calidad de Servicio percibida por los usuarios finales.

Al realizar Ingeniería de Tráfico sobre MPLS permite:

---

[46] MUÑOZ, Wilmar,”Mecanismos de Balanceo de Carga en MPLS con RSVP-TE y OSPF”, noviembre 2006, www.unicauca.edu.co/

- Establecer rutas explícitas: se refiere a orientar el tráfico hacia donde hay más recursos, es decir hacer un balance de carga.
- Obtener estadísticas del uso de un determinado LSP: significa realizar un análisis de los cuellos de botella, y proyectar la futura expansión de la red.
- Enrutamiento Basado en Restricciones (CBR): permite determinar el LSP a seguir en función de los atributos del tráfico, lo recursos de la red y la topología y garantizar QoS.
- Capacidad de protección ante fallas.
- Generar VPNS.

2.5.2 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO

Una sistemática aplicación de los conceptos de Ingeniería de Tráfico permite:

- Identificar y estructurar los objetivos y las prioridades en términos de aumentar la Calidad de Servicio entregada a los usuarios finales.

- Medir y analizar los objetivos que se plantean cuando se implementa Ingeniería de Tráfico.

Los objetivos de optimización al realizar Ingeniería de Tráfico se pueden lograr mediante:[47]

- La administración de la capacidad: incluye planeación, control de enrutamiento y administración de recursos.

- La administración de tráfico: incluye funciones de control de tráfico nodal, tales como restricciones de tráfico, administración de encolamiento, planificación y otras que regulan el flujo de tráfico.

[47] MUÑOZ, Wilmar,"Mecanismos de Balanceo de Carga en MPLS con RSVP-TE y OSPF", noviembre 2006, www.unicauca.edu.co/

2.5.3 BALANCEO DE CARGA EN MPLS

El balanceo de carga plantea la posibilidad de hacer una óptima utilización de los recursos de la red, evitando la congestión y aumentando el tráfico.

Las redes IP convencionales, las cuales utilizan la ruta más corta para alcanzar su destino, hacen difícil la implementación de mecanismos que permitan balancear la carga, debido a que no tienen en cuenta rutas alternas que lleguen a un mismo destino.

El balanceo de carga es implementado en redes de telecomunicaciones principalmente para afrontar problemas relacionados con la congestión, entendiéndose por congestión el estado de un recurso de la red, en el cual el tráfico incidente en el recurso excede su capacidad de tráfico de salida, para un intervalo de tiempo determinado.

2.5.4 ENRUTAMIENTO EN MPLS

Para redes grandes, el desarrollo de los protocolos estado-enlace está superando a los protocolos vector-distancia, ya que éstos facilitan una rápida convergencia y mayor escalabilidad. Para realizar Ingeniería de Tráfico, MPLS sugiere los protocolos de enrutamiento IS-IS y OSPF.

2.5.4.1 Protocolo IS-IS[48]

El protocolo IS-IS (Sistema Intermedio a Sistema Intermedio), es un protocolo que pertenece al grupo de protocolos de estado del enlace, adoptado por la ISO, para utilizarlo con su protocolo de capa de red sin conexiones (CLNP). Desde

[48] TANENBAUM, Andrew, “Redes de Computadoras”, págs. 365-366, Prentice Hall, México 2003, 4ta edición

entonces se ha modificado para manejar también otros protocolos, siendo el más notable el IP.

El IS-IS distribuye una imagen de la topología de ruteadores, a partir de la cual se calculan las rutas más cortas. Cada ruteador anuncia, en su información de estado del enlace, las direcciones de capa red que puede alcanzar de manera directa. Estas direcciones pueden ser IP, IPX o cualquier otra dirección.

El IS- IS incluso puede manejar varios protocolos de red al mismo tiempo.

Muchas de las innovaciones diseñadas para el IS-IS, fueron adoptadas por el OSPF (el cual se diseñó varios años después que el IS -IS). Entre éstas se encuentran un método autorregulable para inundar actualizaciones de estado del enlace.

Entre las características más importantes de este protocolo se tiene que:

1. Presenta una visión global de la red para optimizar las decisiones de enrutamiento.
2. Funciona como un protocolo de enrutamiento intradominio.
3. Hace uso eficiente de los recursos de la red, como por ejemplo, el ancho de banda de la red.
4. Provee una rápida convergencia en caso de fallas.

2.5.2.2 Protocolo OSPF[49]

Es un protocolo de enrutamiento de estado de enlace, definido en varios estándares del IETF, y basado en código abierto, que significa que muchos fabricantes lo pueden desarrollar y mejorar, fue diseñado para cubrir las necesidades de las grandes redes IP que otros protocolos como RIP no podían soportar, incluyendo VLSM, autenticación de origen de ruta, convergencia rápida, etiquetado de rutas conocidas mediante protocolos de enrutamiento externo y publicaciones de ruta de multidifusión; usa el algoritmo Dijkstra para calcular la ruta más corta posible.

[49] TANENBAUM, Andrew, “Redes de Computadoras”, págs. 795-796, Prentice Hall, México 2003, 4ta edición

Entre las principales características se tiene:[50]

- Maneja una compleja base de datos, para el cálculo de la red más corta.
- Tiene conocimiento de los ruteadores distantes y la forma en la que se interconectan.
- Las actualizaciones de las rutas, son generadas por las actualizaciones ante cambios de la red. Este método de actualización desencadenada por eventos permite el uso eficiente del ancho de banda, los cambios en el estado de un enlace se envían a todos los ruteadores cercanos tan pronto como se produce el cambio.
- Es de rápida convergencia.
- Consume menor ancho de banda que los protocolos de vector distancia.

Por su modo de funcionamiento, se tiene que los ruteadores requieren más memoria y potencia de procesamiento, requiriendo que los equipos donde se implemente OSPF sean robustos.

Cada ruteador sabe a qué distancia están los ruteadores de la red así, cuando tiene que enviar un paquete lo envía por la ruta que tenga que dar menos saltos.

OSPF funciona dividiendo una Intranet o un sistema autónomo en unidades jerárquicas de menor tamaño. Cada una de estas áreas se enlaza a un área backbone mediante un ruteador fronterizo.

Todos los paquetes enviados desde una dirección de una estación de trabajo de un área a otra diferente, atraviesan el backbone, independientemente de la existencia de una conexión directa entre las dos áreas.

[50] Donoso Yezid, “Multicast IP sobre MPLS”, bcds.udg.es/papers/pi_ydonoso.pdf,2006

Aunque es posible el funcionamiento de una red OSPF únicamente con el área backbone, OSPF maneja adecuadamente varias áreas pequeñas segmentadas dentro de un solo sistema.

Para determinar que interfaces reciben las publicaciones de estado de enlace, los ruteadores ejecutan el protocolo OSPF “Hello”. Los ruteadores vecinos intercambian mensajes Hello para determinar qué otros ruteadores existen en una determinada interfaz y sirven como mensajes de actividad que indican la accesibilidad de dichos ruteadores. Cuando se detecta un ruteador vecino, se intercambia información de topología OSPF. Cuando los ruteadores están sincronizados, se dice que han formado una adyacencia.

Las publicaciones del estado del enlace (LSA) se envían y reciben sólo en adyacencias. La información de la LSA se transporta en paquetes mediante la capa de transporte OSPF, que define un proceso fiable de publicación, acuse de recibo y petición para garantizar que la información de la LSA se distribuye adecuadamente a todos los ruteadores de un área.

Existen cuatro tipos de LSA. Los tipos más comunes son los que publican información sobre los enlaces de red conectados de un ruteador y los que publican las redes disponibles fuera de las áreas OSPF.
La métrica de enrutamiento de OSPF es el costo que se calcula en base al ancho de banda de la interfaz y es configurable por parte del usuario.

Para intercambiar información de rutas entre los equipos de borde (PE) y los de cliente (CPE), se tienen las dos alternativas de protocolos de enrutamiento mencionadas anteriormente OSPF e IS-IS, aunque se puede utilizar cualquiera de los dos protocolos, MPLS recomienda utilizar OSPF.

.2.5.5 SEÑALIZACIÓN EN MPLS

2.5.5.1 Protocolo RSVP

RSVP es un protocolo de señalización que reserva recursos a lo largo de un camino entre nodo origen y nodo destino para un flujo específico de datos, lo que permite garantizar Calidad de Servicio.

Se especifican tres tipos de servicio en RSVP:

1. El servicio garantizado, el cual realiza una reserva de ancho de banda para el tráfico del flujo de información y asegura unos valores máximos de retardo.
2. El servicio de carga controlada, el cual reserva ancho de banda, pero no establece un servicio garantizado a nivel de retardo.
3. Por último se encuentra el de mejor esfuerzo, el cual es un servicio sin manejo de reserva de recursos y por lo tanto no puede asegurar la calidad de la transmisión.[51]

En RSVP hay dos tipos de mensaje: mensaje PATH y mensaje RESV. Los mensajes PATH son enviados desde los nodos orígenes hasta los destinos, son los encargados de distribuir la información acerca de los emisores hacia los receptores y además llevan características de la ruta (PATH).

Después de recibir el mensaje PATH los receptores pueden hacer una reserva enviando un mensaje RESV hacia la fuente a lo largo del camino inverso que utilizó el mensaje PATH.

Los mensajes RESV especifican los requerimientos de recursos y configuran el estado en los ruteadores a lo largo del camino. Después de haber recibido los mensajes RESV, los emisores están en capacidad de transmitir paquetes por toda la ruta reservada.

RSVP-TE (Protocolo de Reserva de Recursos – Ingeniería de Tráfico): es una extensión del protocolo original RSVP diseñado para ejecutar distribución de etiquetas sobre MPLS, además soporta la creación de rutas explícitas con o sin reserva de recursos.

---

[51] Donoso Yezid, “Multicast IP sobre MPLS”, bcds.udg.es/papers/pi_ydonoso.pdf,2006

Una de las características adicionales más importante de este protocolo, es que permite el re-enrutamiento de los túneles LSP, con el fin de dar una solución ante caídas de red, cogestión y cuellos de botella.

Las características adicionales al protocolo RSVP original incluyen:[52]

• Distribución de Etiquetas
• Concepto de abstracción nodal
• Enrutamiento Explícito
• Reservación de ancho de banda para LSPs
• Re-enrutamiento de LSPs después de fallas
• Ubicación de la ruta actual de un LSP
• Prioridades para los LSPs

• Distribución de Etiquetas. Los ruteadores que soportan RSVP y MPLS pueden asociar etiquetas a los flujos RSVP. MPLS y RSVP se combinan, haciendo la definición de un flujo más flexible. Una vez que el LSP es establecido, el tráfico a través de la ruta está definido por la etiqueta aplicada al nodo de ingreso.
Cuando el tráfico es mapeado por medio de etiquetas, es el momento en el que un ruteador identifica el estado apropiado de reserva de un paquete, basado en el valor de su etiqueta.

La diferencia fundamental entre las rutas reservadas por el RSVP original y los LSPs establecidos por RSVP-TE, es que en el primero, la ruta reservada está asociada a un destino particular y a un protocolo del nivel de transporte (TCP/UDP), en donde los nodos intermedios reenvían paquetes basados en la cabecera IP.

Con los LSPs (RSVP-TE), el nodo de ingreso puede determinar cuáles paquetes son enviados a través del LSP y los paquetes que son transparentes a los nodos intermedios.

• Concepto de abstracción nodal. Un nodo abstracto es un conjunto de nodos, cuya topología interna es transparente al nodo de ingreso del LSP. Se dice que un nodo

[52] Donoso Yezid, “Multicast IP sobre MPLS”, bcds.udg.es/papers/pi_ydonoso.pdf,2006

abstracto es simple, si contiene solamente un nodo físico. Utilizando éste concepto de abstracción, un LSP enrutado explícitamente puede ser especificado como una secuencia de prefijos IP o una secuencia de sistemas autónomos.

• Enrutamiento Explícito. Una ruta explícita es una secuencia de saltos desde el nodo ingreso al nodo egreso. Un LSP en MPLS puede ser configurado para seguir una ruta explícita. Por ejemplo, una lista de direcciones IP podría ser una ruta explícita. Sin embargo, no es necesario que se detalle toda la ruta a seguir, la ruta podría ser especificada solamente en los primeros saltos.

Una ruta explícita puede ser clasificada como “strict” o “loose”. Una ruta “strict” puede contener solamente los nodos especificados en la ruta explícita y debe usarlos en el orden que se designó. Mientras que una ruta “loose” debe incluir todos los saltos especificados, y mantener el orden, pero puede incluir saltos adicionales si es necesario para alcanzar los saltos especificados.

Una ruta explícita es útil puesto que puede ser utilizada para distribuir tráfico en una red con altos niveles de transmisión de datos o para asignar LSPs de backup con el fin de proteger la red contra fallas.

• Reservación de Ancho de Banda para LSPs. RSVP-TE tiene la opción de reservar ancho de banda para los LSPs por medio del mensaje PATH. El mensaje RESV devolverá la etiqueta a utilizar.

• Re-enrutamiento de LSPs después de fallas. Bajo ciertas circunstancias puede ser deseable re-enrutar LSPs existentes. Por ejemplo, un túnel LSP puede ser re-enrutado para optimizar la utilización de recursos o para restaurar la conectividad después de fallas en la red.
Para implementar el re-enrutamiento, RSVP-TE utiliza dos técnicas, una es conocida como optimized-rerouting y la otra se conoce como fast-rerouting.

• Ubicación de la ruta actual de un LSP. La ruta actual de un LSP debe ser actualizada periódicamente por medio de un objeto conocido como RECORD_ROUTE, que es un mensaje PATH almacenado.

• Prioridad para los LSPs (Preemption Option). Es cuando los recursos de un LSP se requiere para ser utilizados por un LSP nuevo y de más prioridad. Esta opción es implementada por dos prioridades. La prioridad de “Setup” sirve para tomar recursos y la prioridad de “Holding” es la que se usa para mantener recursos.

2.5.5.2 Protocolo CR-LDP

CR-LDP es un protocolo de distribución de etiquetas, específicamente diseñado para soportar Calidad de Servicio. Este permite el establecimiento de rutas explícitas, con atributos de Calidad de Servicio en cada tramo de la ruta definida, además permite la reservación de recursos.

Este protocolo es un conjunto de extensiones de LDP, diseñado para facilitar el enrutamiento basado en restricciones de LSPs. LDP es el protocolo que permite que un LSR informe a otro de las diferentes asociaciones de etiquetas que ha realizado.

CR-LDP es utilizado para distribuir etiquetas, establecer y mantener LSPs a lo largo de la ruta explícita o de la ruta con restricciones. LDP asocia un FEC a cada LSP, y los LSPs se extienden a través de la red a medida que cada LSR asocia una etiqueta de entrada para un FEC.

Existen cuatro categorías de mensajes LDP:

- DISCOVERY: son utilizados para anunciar y mantener la presencia de un LSR en una red y habilitar los LSP vecinos, para establecer conexiones de distribución de etiquetas.

- SESSION: son utilizados para establecer, mantener y terminar las sesiones entre LSP vecinos.
- ADVERTISEMENT: utilizado para crear, cambiar y borrar mensajes de mapeo de etiquetas para FECs.
- NOTIFICATION: proveen señalización administrativa y de error.

Acerca de la elección del protocolo de señalización, MPLS no especifica que protocolo se debe utilizar, así que en los equipos se puede configurar el protocolo CR-LDP o RSVP-TE.

2.5.6 CALIDAD DE SERVICIO[53]

Las nuevas aplicaciones que están surgiendo en Internet han producido un aumento en la necesidad de transmitir información desde un origen a múltiples destinos (multidifusión) y que esta transmisión se haga garantizando ciertos parámetros de Calidad de Servicio como pueden ser: el retardo máximo y el numero de paquetes que pueden ser descartados, sin afectar a la calidad de la transmisión de la información.

La Calidad de Servicio no puede ser asegurada por los protocolos TCP/IP, por lo que se han desarrollado diferentes tecnologías para superar este inconveniente.

Para asegurar parámetros de Calidad de Servicios como por ejemplo la reserva de recursos y el retardo mínimo para un flujo de información, se utiliza en MPLS protocolos de señalización como CD-LDP y RSVP-TE. Mediante la conmutación de etiquetas se pueden marcar fácilmente los paquetes como pertenecientes a una clase particular. Con esta clasificación inicial ya no es necesario que los ruteadores de conmutación de etiquetas tengan que reclasificar los paquetes a cada salto.

La Calidad de Servicio brinda a los proveedores la oportunidad de ofertar a sus clientes niveles diferenciados para usuarios finales y empresas, garantizando

[53] BLÁZQUEZ, Juan, “Multiprotocol Label Switching:MPLS” , www.danysoft.info/MPLS www.danysoft.info/free/MPLS.pdf

anticipadamente en ambos escenarios el rendimiento necesario que pudieran demandarse.

La Calidad de Servicio se implementa como un grado de priorización que puede ser alta o baja en base a una Clase de Servicio, que se refiere a la diferenciación del tráfico de la red, cosa que se logra con la función de etiquetado de MPLS mediante un trabajo conjunto de MPLS con el modelo de servicios Diferenciados del IETF.

El nivel de diferenciación de tráfico será una característica muy importante, especialmente con las ofertas de multiuso que ofrecen voz, vídeo y datos a través de la misma vía, tal como se puede apreciar en la Figura No. 2.17[54]

FIGURA 2.17: Clases de servicio con MPLS

Para este diseño, se tendrá una red que a través de la implementación de MPLS, que permita ofrecer a sus clientes diferentes categorías de tráfico, garantizados en todo momento.

[54] CALDERÓN, Oscar, "Redes de Nueva Generación", noviembre 2007, calypso.unicauca.edu.co

2.6 REDES PRIVADAS VIRTUALES CON MPLS

Las VPNs representan una gran solución para las empresas en cuanto a seguridad, confidencialidad e integridad de los datos, es un tema importante en las organizaciones, debido a que reduce significativamente el costo de la transferencia de datos de un lugar a otro. Considerando además que el correcto establecimiento de las políticas de seguridad y de acceso, garantizará su buen desempeño.[55]

2.6.1 Componentes de una red MPLS con VPN

Los componentes de una red MPLS con VPN son:

a) VRF: Es una tabla de ruteo Virtual (Virtual Routing and Forwarding), que permite tener varias tablas de rutas independientes en un solo ruteador. A estas tablas virtuales se asocian interfaces físicas y/o lógicas del ruteador.

b) Ruteador CE: Es el ruteador del cliente o CPE. Es el punto de borde entre la red del proveedor y la del cliente, este ruteador intercambia rutas con la red o puede manejar rutas estáticas que no afectan ni se vean dentro de la red MPLS. La utilización de MPLS es totalmente transparente a estos equipos.

c) Ruteador PE: Conocido como ruteador Provider Edge, es un Ruteador de Distribución y nivel de acceso 3, equivalente a un LER, ubicado en el borde de la red MPLS. Tiene como función principal etiquetar tráfico de entrada (IN) proveniente de los CPEs y remover la etiqueta del tráfico de salida (OUT) hacia los CPEs. Tienen conexión directa con los ruteadores de los clientes.

d) Ruteador P: Es el Ruteador de Core, equivalente a un LSR . Estos equipos solo manejan los LSPs.

La función principal de estos equipos, es conmutar paquetes recibidos a través de la etiqueta exterior que lo encapsula, por lo que no tienen conocimiento de las VPNs, es decir conmutan los paquetes de cada LSP que los atraviesa.

---

[55] NADER, Roberto “Redes Privadas Virtuales”,www.entarasys.com/la, 2004

Con la implementación de MPLS en la red de Telconet, los ruteadores de borde actuarían como PEs y los ruteadores destinados al Core tendrían funciones de ruteador P.

La Figura No. 2.18 muestra los componentes de una red MPLS con VPN.

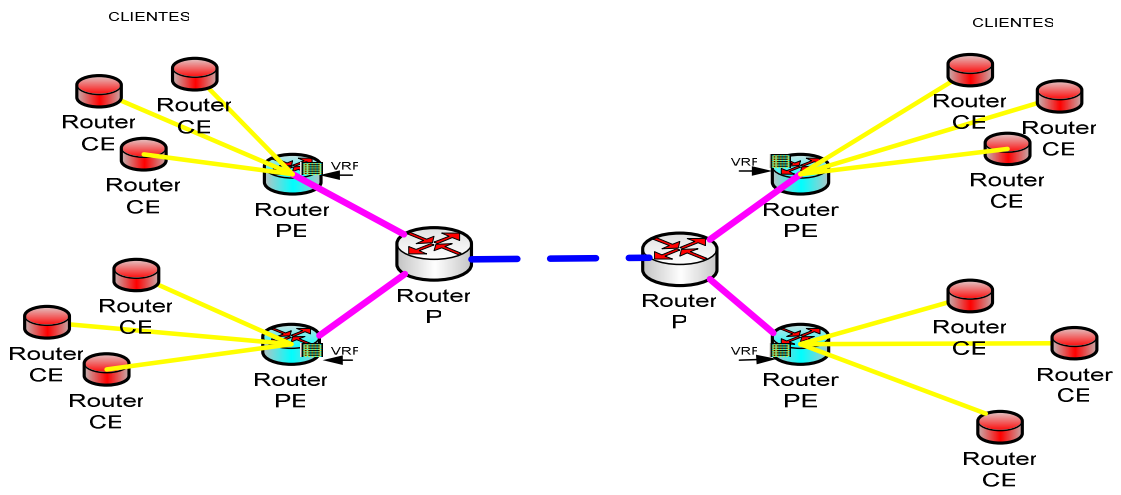

FIGURA No. 2.18: Componentes de una red MPLS con VPN

2.6.2 ESPECIFICACIONES DE UNA VPN DE NIVEL 3

Las especificaciones que se deben tener en cuenta para realizar la implementación de MPLS-VPN son las siguientes:

1. Todos los ruteadores de la red tanto de Core (P) como de borde (PE), deben soportar funcionalidades MPLS, LDP, VPN, RSVP.

2. Enrutamiento: para realizar el enrutamiento los equipos deben soportar Protocolos de Gateway Interior (IGP), que podrán ser OSPF o IS – IS y los protocolos de puerta de enlace exterior (BGP), que pueden ser BGPv4 con soporte de (MBGP), multiprotocolo BGP.

3. Habilitar LDP o cualquiera de sus extensiones en todos los ruteadores de capa Core, además el protocolo MBGP entre los ruteadores PE, que brindan el servicio de VPNs.

4. Habilitar QoS en toda la red y establecer los siguientes mecanismos:

- Mecanismos de encolamiento
- Mecanismos de scheduling “programación”
- Mecanismos de prevención y recuperación de congestión

En la Figura No. 2.19 se representa una red MPLS con VPN.

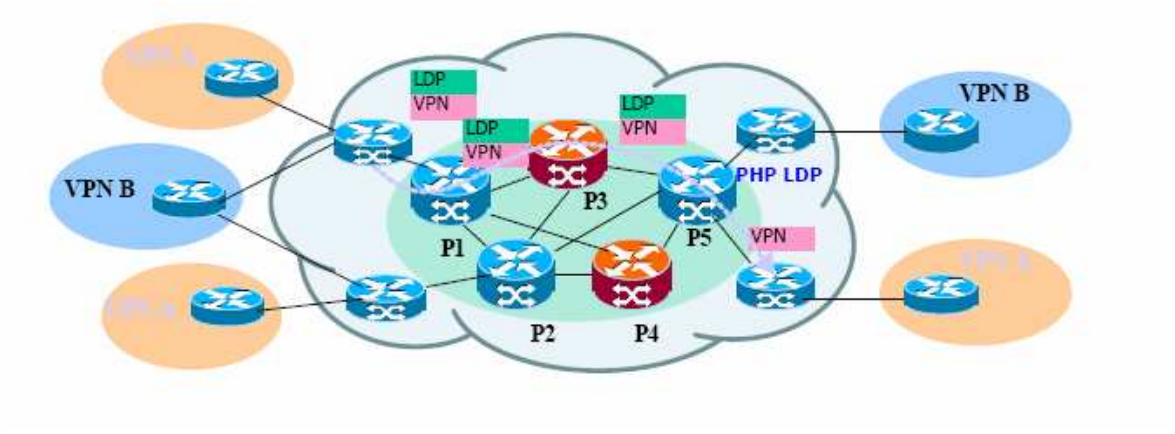

FIGURA No. 2.19 Red MPLS con VPNs

2.6.3 Ventajas de implementar MPLS con VPNs

MPLS provee un mecanismo eficiente para el manejo de redes privadas virtuales. De esta manera el tráfico de una red privada, atraviesa una red pública eficazmente y de manera transparente para el usuario, eliminando cualquier tráfico externo y protegiendo la información.

Las VPNs creadas con tecnología MPLS tienen una mayor capacidad de expansión y son más flexibles en cualquier red, principalmente IP.
MPLS se encarga de reenviar (forward) paquetes a través de túneles privados utilizando etiquetas. Dichas etiquetas tienen un identificador que aísla a una determinada VPN.

Las ventajas principales de implementar MPLS con VPN son:

- Maximizar la capacidad de ampliación de la red
- Actualización transparente para el usuario.
- Utilización óptima de los recursos de la red.
- Diferenciación entre servicios.
- Reducción de costos mediante consolidación de servicios.
- Seguridad y rapidez de transmisión de información.
- Uso de tecnología de vanguardia.

El esquema general de conexión a una VPN se divide en dos partes: en la primera el usuario pide autorización de entrada a la red, a esto se le conoce como autenticación.

Autenticación: tiene como función principal mantener segura la red, por cada cliente que acceda a ésta, se implementará VPNs, haciendo que la red sea confiable, transparente y segura para el transporte de datos.

Posteriormente pide permiso para realizar acciones específicas en diferentes secciones de la red, a ésto se lo conoce como autorización en donde diferentes usuarios tienen permisos distintos.

2.7 PROCESO DE MIGRACIÓN

El proceso para realizar la migración es el siguiente:

1. Tomando como referencia que el 90% de clientes de Telconet son corporativos, se ha determinado que la migración se realizará por cada cliente y por cada equipo, al que pertenece el cliente, para preservar la estabilidad de los enlaces.

2. La migración se efectuará en horas apropiadas, para realizar todos los cambios y configuraciones requeridas en los equipos y no interferir con el funcionamiento del resto de nodos y desempeño de la red.

3. Antes de implementar en forma definitiva los equipos que trabajen en el entorno de MPLS, paulatinamente se realizarán pruebas, para determinar el comportamiento de la red con la inserción de la nueva tecnología.

4. Una vez realizada las pruebas en cada uno de los nodos en los que se tengan que implementar los equipos que funcionen con MPLS, y constatando su correcto funcionamiento, se efectuará la migración final iniciando en la capa Core y progresivamente en las siguientes capas del diseño, monitoreando que cada enlace levantado o activado funcione adecuadamente, sin causar ningún tipo de impacto en los clientes, ya que la migración será transparente.

Considerando que actualmente en la red se manejan diferentes tipos de enlaces como son: enlaces de fibra óptica punto-punto, enlaces de fibra óptica punto multipunto, enlaces de radio punto a punto y punto multipunto. En los enlaces más críticos (punto multipunto), tanto de fibra como de radio, se implementarán equipos terminales que permitan controlar el ancho de banda, así se evitará que cierto cliente sature dicho enlace, perjudicando a los clientes continuos.

2.7.1 IMPLEMENTACIÓN DE VLANs DENTRO DE LA RED MPLS

Además de las seguridades que se implementarán con el manejo de VPNs, se tiene planificado segmentar lógicamente la red a través de redes privadas virtuales VLANs, éste proceso se realizará dependiendo de las necesidades de cada grupo de clientes.

Se manejaran diferentes tipos de VLANs, tanto para clientes que trabajan con enlaces de datos, como para el manejo de enlaces de Internet, segmentando de esta manera el tráfico que circula por la red.

2.7.2 MONITOREO DE LA RED MPLS

Telconet cuenta con un servicio de monitoreo permanente de los enlaces de todos sus clientes, para este propósito, en la actualidad utiliza un software estable denominado “Whats UP 2006”. Adicionalmente, se tiene implementado

el programa computacional CACTI, que sirve para determinar la cantidad de tráfico que circula por cada nodo que formará parte de la red MPLS. Además, se configurarán todos los equipos de la red, manteniendo en todo momento un reporte del estado en que se encuentren.

El procedimiento para realizar el monitoreo es el siguiente:

1. Desde el centro de monitoreo (NOC), se mantiene un PING constante hacia la dirección IP destino de los equipos que formen parte de la red MPLS.

2. Se determina si existen problemas como paquetes perdidos o caídas de enlaces, es decir el software actúa de inmediato enviando señales de alerta, mediante alarmas sonoras, las mismas que también son visuales, así como también vía correo electrónico.

3. Con la migración a MPLS, se creará una VPN para que el centro de monitoreo importe las rutas de todas las interfaces externas de los CPE de cada cliente y de los equipos que conformen la red para tener un control total.

2.8 VENTAJAS DE MIGRAR A MPLS

Del estudio de la red y el planteamiento del diseño, se pueden citar las principales ventajas que se obtendrán al ser implementado:

- Diseño jerárquico de la red, estructurado por capas funcionales y escalables.
- Seguridad en el transporte de datos a través de la red, provista por la implementación de MPLS VPN.
- Segmentación del tráfico circulante por la red a través de las VLANs para datos e Internet.
- Administración de la red más sencilla, debido a la segmentación balanceada en toda su área de cobertura.

- Administración de enlaces con capacidad de brindar a los usuarios Calidad y Clases de Servicio, dando prioridad a las aplicaciones en tiempo real.
- Tener una red escalable, que por su diseño se puede acoplar a nuevas tecnologías para poder innovar los servicios prestados.
- Disminuir la congestión de la red y realizar un balance de carga en todos los enlaces de la red, a través de la Ingeniería de Tráfico.

CAPÍTULO 3: SELECCIÓN DE EQUIPOS Y ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA EL DISEÑO DE LA RED MPLS

Para realizar el diseño de la migración de la red Gigabit Ethernet a la tecnología MPLS, se ha considerado en lo posible mantener los equipos existentes e incrementar solo los necesarios.

A partir del diseño planteado en la sección 2.3, se obtienen las características de los equipos que se debe adquirir para implementarse en la red MPLS. Los equipos seleccionados serán aquellos que cumplan con las especificaciones planteadas y que tenga un mejor rendimiento.

3.1 EQUIPOS DE LA CAPA CORE

Una buena selección de los equipos de capa Core, se realiza presentando varias alternativas, para establecer una comparación y escoger la mejor opción.

3.1.1 REQUERIMIENTOS DE EQUIPOS LSR MPLS PARA LA CAPA CORE

Los principales requerimientos que deben cumplir los equipos LSR para que trabajen en la capa Core son los siguientes:

- Funcionalidad MPLS, con manejo de VPNs
- Velocidad alcanzada mayor a 1Gbps.
- Soporte de fibra óptica monomodo y multimodo.

- Puertos Gigabit Ethernet autosensing 10/100/1000 Mbps.
- Soporte de protocolos en capa 2 como: VLAN Trunk Protocol (VTP), IEEE 802.1q.
- Soporte de protocolos en capa 3 como: OSPF, BGPv4.
- Soporte de protocolos de señalización como: RSVP,LDP

3.1.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA LA CAPA CORE

Para la selección de equipos, se presentan tres alternativas, que se considera cumplen con los requerimientos planteados para esta propuesta de diseño, las cuales se describen a continuación:

Características	**Cisco Catalyst ME 6524**	**Alcatel 7670 RSP Routing Switch**	**Marconi ASX 4000**
Soporta MPLS	Si	Si	Si
Especificaciones de Señalización MPLS	RSVP, LDP, TDP	RSVP-TE	RSVP-TE, LDP
Máximo numero de LSP simultáneos activos	LSPs por tarjeta 60k	LSP por IP de servicio 10k	LSP por nodo 10K
Maneja MPLS VPN	SI	Solo maneja MPLS, no soporta VPN	SI
Balanceo de carga sobre LSP	Si	Si	Si
Máximo numero de LSPs entre dos LERs	4k	64k	10k

Realiza QoS en el Core MPLS	Si	No	Si, por IntServ
Soporta staking de etiquetas	Si, de acuerdo al RFC 3031	No	No
Configuración automática de LSP entre nodos	Si	Si, por RSVP-TE, OSPF	Manejo de LSP estática y dinámica.
Protocolos de ruteo	RIP, OSPF, BGP, EIGRP, ISIS, IPX	OSPFv2	OspfV2, ISIS, BGP4
Memoria máxima para tablas de enrutamiento	60.000 – 100.000 rutas	10.000 rutas	2.5 millones de rutas
Tiempo máximo de reconocimiento de nuevas rutas	10 seg., dependiendo del protocolo de enrutamiento usado.	30 seg.	11 seg.
Balanceo de carga	Si	Si	Si
Interfaces ópticas	24 puertos autosensing 10/100/1000 Ethernet SFP. 8 puertos Gigabit Ethernet SPF	12 puertos en slots de expansión de corto alcance y largo alcance.	1 puerto Gigabit Ethernet Funcionalidad Frame Relay mediante 4 puertos E1 3 puertos canalizados DS-3/1/0 Funcionalidad ATM mediante 8 puertos

			E1 IMA.
VRF	Manejo de hasta 1024 VRFs	Manejo de hasta 1024 VRFs	No soporta VRF
Velocidad de Backplane	720 Gbps por slot	50 Gbps por slot	40Gbps en módulos de10 Gbps.
Costo	$117.000	$125.000	$123.000

Tabla 3.1 Comparación de equipos LSR MPLS de diferentes fabricantes

Los equipos comparados en la Tabla No. 3.1 presentan características similares, pero el equipo que se selecciona para que forme parte de la capa Core es el *Cisco Catalyst ME 6524*, ya que presenta mejores capacidades para el manejo de tráfico y una mayor velocidad de backplane, lo que hace se acople a los requerimientos planteados para el diseño.

Adicionalmente la marca Cisco posee una amplia gama de equipos que manejan MPLS, ofreciendo soporte técnico sobre el comportamiento de los equipos ante posibles dificultades que se puedan presentar.

El Cisco Catalyst ME 6524, presenta una nueva y variada plataforma de equipos dentro de una familia diseñada exclusivamente para el manejo de MPLS, con facilidades de escalabilidad y con variedad de manejo de protocolos adicionales como IP. Tiene funcionalidad en capa 2 y capa 3, con facilidades de expansión mediante el uso de slots de diferentes características de acuerdo a lo requerido.

3.1.3 REQUERIMIENTOS PARA LA ADQUISICIÓN DE EQUIPOS LER MPLS

Los requisitos que deben cumplir los LER MPLS son:

- Ofrecer Qos y servicios de MPLS
- Manejo de VRFs
- Interfaces Gigabit Ethernet
- Protocolos de enrutamiento capa 3.

3.1.4 SELECCIÓN DE EQUIPOS LER MPLS

Para la selección de equipos LER MPLS, se presentan cuatro alternativas de diferentes fabricantes que trabajan en el entorno MPLS como equipos de borde, cuyas características se las describe en la Tabla No. 3.2.

Características	Vanguard 7300	Lucent PacketStar PSAX4500	Cisco 7204 VXR	Marconi AS 4000M
Descripción general	Presenta entre sus características más importantes, soportar aplicaciones de Voz, Datos, políticas de Calidad de Servicio, soportando protocolos como: ATM / Frame Relay VPNs, IPSEC, IP / MPLS VPN.	Es un portador de la plataforma de acceso diseñado para manejar servicios de Banda Ancha, con capacidad de conmutación rápida. Tiene un gran número de interfaces y módulos para diferentes aplicaciones. Entre los protocolos que soporta se tiene DS3, E3 y STS-1e a través de los módulos de expansión	Es un ruteador ofrece un excepcional rendimiento, es el ideal de Servicios de agregación WAN/MAN que se los puede usar como equipos de borde en una red, es ideal para el uso en redes MPLS, soportado también otros protocolos como: Ethernet, ATM, entre otros, se caracteriza porque brinda Calidad de Servicio.	Está diseñado específicamente para satisfacer las exigentes necesidades las aplicaciones que se usan en banda ancha, usado por grandes empresas WAN, como equipo de borde.
Puertos	▪ 20 puertos 10/100 Ethernet. ▪ 2 puertos Gigabit Ethernet. ▪ Tarjetas de expansión para el manejo de T1/E1. ▪ Tarjetas de expansión para el manejo de DS3/E3 ATM	• 12 puertos modulares DS1/E1 • 24 puertos modulares DS1 multiservicios • 21puertos de alta densidad para el manejo de E1s multisevicios •1 puerto óptico APS/MSP. •4 puerto óptico STM-1. • 12 puertos ópticos DS1 IMA • 21 puertos E1 IMA • 1 puerto óptico DS3 IMA	•48 puertos Ethernet 10BaseT. •30 Puertos Ethernet 10Base FL. •4 puertos para adaptación de Slots de expansión con capacidad óptica. •4 puertos para manejo ATM. •16 puertos para manejo de Token Ring (FDX,HDX). •32 puertos multicanal T3	•Interfaces OC-48c/STM-4. •Interfaces OC-3c/STM-1. •Puertos que soportan T1/E1. •12 Puertos Gigabit •8 puertos Fast Ethernet.
Protocolos de Red	• L3 IP/MPLS VPNs. • IPSEC, IP VPNs • X.509	• Ethernet con capacidad de Spanning Tree • Multiprotocol sobre AAL5	• ARP, IPCP, IP forwarding MPLS • IPv6	• Protocolos de señalización LDP y RSDP-TE.

	• Compresión de Voz, G.723, G.729a • ATM - VBR, UBR, CBR, AAL-5 • Ethernet • PPP • Frame Relay • X.25	• RIPv1/2 • IP multicast • PPP, MLPPP • OSPFv2 • TDM, ATM, Ethernet • Diffserv QoS • DHCP relay	• EIGRP, IGRP, IS-IS, OSPF • BGP, PIM, y RIP • IP, IP sobre ATM • TCP • PPP • SNMP	• MPLS • ATM • Ethernet • OSPFv2
Características MPLS	• MPLS VPN • MPLS Ingeniería de Tráfico	• IP/MPLS	•MPLS VPN. •MPLS QoS. •MPLS Ingeniería de Tráfico. •Cualquier transporte sobre MPLS.	• MPLS Qos • MPLS Ingeniería de tráfico
VRF	Manejo de 256 VRF	No soporta VRF	Maneja hasta 2000 VRFs	No soporta VRF
VLANs	No soporta VLAN	No soporta VLAN	Maneja hasta 1024 VLANs por puerto	No soporta VLAN
Costo	$20.500	$10.000	$18.000	$23.746

Tabla 3.2 Comparación de equipos LER MPLS de diferentes fabricantes

En base a las especificaciones de los equipos propuestos para el funcionamiento como LER en la capa Core de la red, se puede observar que el ruteador Cisco 7204VXR, presenta mejores características para desempeñarse como LER, y se adapta a los requerimientos antes mencionados.

Entre las especificaciones que se presentan en el manual de este equipo (Anexo 2), se tiene que, al ser un equipo modular, permite el crecimiento de la red, así también se observa que este equipo pertenece a una familia de equipos Cisco, que están especializados en el manejo de red MPLS VPN.

3.2 EQUIPOS DE LA CAPA DISTRIBUCIÓN

Los equipos de la capa Distribución deben ser equipos que tengan una gran capacidad de manejo de enlaces.

3.2.1 REQUERIMIENTIOS DE LOS EQUIPOS DE LA CAPA DISTRIBUCIÓN

- Capacidad de manejo de enlaces de gran capacidad
- Manejo del protocolo Spannig Tree.
- Manejo de puertos alta velocidad.
- Manejo de puertos con mayor alcance.

3.3.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS DE LA CAPA DISTRIBUCIÓN

Para seleccionar los equipos que pueden trabajar en la capa distribución y que cumplan con los requerimientos planteados, se presentan las alternativas indicadas en la Tabla 3.3:

Características	Cisco Catalyst 3750 WS-C3750G-12S-SD	3COM	Dell PowerConnectTM 6224F
Descripción general	Este switch está diseñado para manejo en capa 2 y 3 con un alto performace, maneja niveles bajos de potencias y posee 128 MB de memoria DRAM, y 16 MB de memoria Flash. Tiene posibilidad de brindar Calidad de Servicio y está diseñado para manejar grandes concentraciones de tráfico.	Este equipo está diseñado para que pueda manejarse tanto en capa 2 como en capa 3, es compatible con los protocolos IPv4 e IPv6. Hace control de tráfico a través de control de multicast. Tiene la capacidad de expansión a través de slots con puertos exclusivos para el uso de fibra óptica.	Cuenta con capacidades de conmutación central avanzadas y toda la conectividad de fibra para la red troncal y para la conectividad de largo alcance. Este conmutador de nivel 3 de 24 puertos Gigabit Ethernet es apilable, ofrece enlaces ascendentes 10 Gigabit Ethernet opcionales y admite la última versión del Protocolo de Internet, IPv6, las características de seguridad avanzada y Calidad de Servicio (QoS).
Interfaces	12 puertos Gigabit de largo alcance. 16,24, 48 puertos 10 Base T, dependiendo de los slots de	Posee 9 puertos autosensing 10/100/1000BASE-TX, con capacidad de expansión por	4 puertos combo para cobre o soporte de medios SFP. Módulos de enlace ascendente 10

	adaptación. 12 puertos 1000 Base SX 10 Gbase ER 10 Gbase LR	incorporación de tarjetas.	Gigabit Ethernet. Módulo de apilamiento de 48 Gbps.
Protocolos	Protocolos de capa 2 y 3 IPv6, OSPF, IGRP, BGPv4. Cuando se maneja en capa 3 maneja mayor cantidad de VLANs que en capa 2	IP, IPX y AppleTalk. RIP, RIPv2, OSPF. VLANs. IGMP SNMP	Rutas estáticas RIP, RIPv2, OSPF. ICMP, IRDP. VRRP, ARP, IGMP, DVMRP. DHCP.
Spannig Tree	Spanning Tree y Rapid Spannig Tree	Spannig Tree	Spanning Tree y Rapid Spannig Tree
Manéjo de Mac Address	Máximo de 12000 Mac Address	Máximo 8000 Mac Address	Máximo 16000 Mac Address.
Velocidad de backplane	120 Gbps.	120 Gbps	240 Gbps
Hardward	128 MB de memoria DRAM. 16 MB de memoria Flash.	128 MB de memoria DRAM. 16 MB de memoria Flash.	256 MB de CPU SDRAM. 32 MB de memória flash.
Costo	$9.000	$7.200	$5.000

Tabla 3.3 Comparación de equipos de capa distribución

De lo descrito en la tabla 3.3, se puede observar que todos los equipos presentan similares características, se selecciona el equipo Cisco Catalyst 3750, que a pesar de ser el más costoso, es el que se adapta a los requerimientos establecidos anteriormente.

En general, se puede establecer que los equipos Cisco presentan las mejores características para acoplarse a la red MPLS planteada en el presente diseño.

3.3 SELECCIÓN DE EQUIPOS DE LA CAPA ACCESO

Los equipos de la capa acceso, serán aquellos que permitan la interconexión de los clientes con la red, y que dispongan de gran capacidad de puertos entre sus características importantes.

3.3.1 REQUERIMIENTOS DE LOS EQUIPOS DE LA CAPA ACCESO

Los equipos que trabajen en esta capa deberán cumplir con las siguientes características:

- Ser administrables
- Manejar el protocolo Spanning Tree
- Permitir realizar el control de ancho de banda por puerto
- Tener variedad de puertos tanto para manejo de Ethernet como de puertos Gigabit.
- Facilidades de operación en capa 2 y capa 3
- Bajo consumo de potencia
- Manejo de gran cantidad de direcciones Mac.
- Manejo de VLANS
- Manejo de puertos tanto en half como en full duplex.

3.3.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS DE LA CAPA ACCESO

Entre las marcas de equipos que cumplen con las características descritas, se tiene las siguientes:

Características	Linksys Switch SRW2048	Cisco Catalyst 3560	D-Link 1252
Descripción general	Soporta aplicaciones en tiempo real como voz y video, manejando QoS, falibilidad de conexiones en cascadas para manejo de alta densidad de tráfico, Maneja interfaz de usuario WEB incorporada, Monitorización remota. Basa su funcionamiento en direcciones MAC, permitiendo un máximo de 4096. Permite un máximo de 4 enlaces de gran capacidad a través de los 4 puertos Gbic.	Es ideal para el diseño de la capa Distribución que permite el despliegue de nuevas aplicaciones como IP, video, entre otras, permite la QoS, control de ancho de banda, y control de acceso. Proviene de una familia de conmutadores que permite la escalabilidad en la red, con un alto rendimiento en el funcionamiento en redes Lan y WAN.	Provee QoS, con priorización Permite administración para conexión con autentificación con servidor Radius Maneja tablas de hasta 8000 Mac address Soporta de 6 a 8 enlaces de alta capacidad, especiales para conexiones de backbone. Almacena hasta 256 Mac address estáticas. Soporta negociación half y full dúplex en los puertos. Fácil adaptabilidad para el manejo de puertos en modo trunk.
Hardware	64 MB de DRAM y 8 de memoria Flash	Posee 64 MB de DRAM y 16 MB de memoria Flash	2 MB de memoria Flash

Interfaces	Maneja 48 puertos 10/100/1000 con autonegaciación. Posee 4 puertos Gigabit Ethernet Puertos configurables para enlaces con variaciones de velocidad	24,48 puertos 10/100 autosensing 2 puertos 1000 Base X 24, 48 puertos 10 Base T 24, 48 puertos 100 BaseTX 24,48 puertos 1000 Base T, alcanzado con cable UTP categoría 5	Posee 48 puertos 10/100 Base TX con auto negociación. 2 puertos 1000 Base-T/SFP que pueden operar tanto con fibra óptica como con cobre. 2 puertos Gbic solo operan con fibra óptica.
Control de ancho de banda	Control de ancho de banda por puerto	Control de ancho de banda por puerto	Control de ancho de banda por puerto
Manejo de VLAN	Hasta 256 VLANs	Hasta 1024 VLANs	Hasta 256 VLANs
Protocolos	Manejo de protocolos Spanning SPT, RSPT, MSTP. IGMP	DHCP SSH, Kerberos, y SNMPv3 para proveer seguridad y encriptación sobre la red. Spanning Tree Root guard (STRG)	IGMP. SNMP DHCP. SPT.
Costo	$3.094	$7.500	$3.142

Tabla 3.4 Comparación de equipos de capa Acceso

En la Tabla 3.4, se puede observar que el equipo Cisco Catalyst 3560, presenta mejores características que los demás, el mismo que se selecciona para que forme parte de la capa Acceso.

3.3.3 SELECCIÓN DE EQUIPOS TERMINALES (CPE).

Los equipos terminales, son aquellos que permiten la interconexión de las redes LAN de los clientes con la red de Telconet.

Dependiendo de los requerimientos y del tipo de acceso que tenga el cliente a la red de Telconet, se manejan dos tipos de enlaces: enlaces punto a punto y enlaces multipunto.

- Enlaces punto a punto: Este tipo de conexiones disponen de una última milla sin compartición, por lo que se podrá implementar equipos en los que no se necesite administrar el control de ancho de banda, ya que se lo controlará directamente desde el puerto del switch del cual dependa.

- Enlaces multipunto: Este tipo de conexión dispone de una última milla compartida, por lo que será necesario que el equipo que se instale donde el cliente, tenga administración de ancho de banda, para que determinadas aplicaciones de los clientes no superen el ancho de banda contratado y provoquen la saturación del canal de transmisión.

De los requerimientos descritos en la sección 2.4.3, se tienen las siguientes alternativas para la selección de los CPE:

Características	Ruteador Cisco SB 101	Ruteador 3COM 3012	Ruteador Cisco 1811
Descripción general	Es un ruteador diseñado para el uso en empresas pequeñas y medianas, permite la transmisión de voz, datos y video, operando con un amplio desempeño, seguridad y flexibilidad	Proporciona routing de acceso WAN, ofrece un alto procesamiento para enlaces de banda ancha, soporta el manejo de voz, datos y video	El ruteador entrega de manera inteligente servicios concurrentes altamente seguros, ofreciendo a los clientes de oficinas pequeñas un sistema único y resistente, ideal para trabajar en banda ancha
VLAN	Si	Si	Si
Manejo de enrutamiento IP	Si	Si	Si
Alimentación	110-120 V	110 – 120 V	110 – 120 V
Configuración de Ancho de banda	No soporta	No soporta	Si soporta
Interfaces	4 interfaces Ethernet10/100	2 interfaces Ethernet 10/100	8 interfaces Ethernet 10/100
Hardware	64 MB de memoria DRAM, 12 MB de memoria Flash	64 MB de memoria RAM, 8 MB de memoria Flash	128MB de memoria RAM, 32 MB de memoria Flash
Costo	$648	$510	$712

Tabla No. 3.5 Comparación de equipos terminales

De lo mostrado en la Tabla No. 3.5, se puede observar que los ruteadores Cisco SB 101, y Cisco 1811, poseen mejores características, frente al ruteador 3COM,

por lo que se usará estos dos ruteadores de la marca Cisco como equipos CPE en los clientes.

En los enlaces punto a punto, donde no es necesario realizar control de ancho de banda se instalará el ruteador Cisco SB 101.

El ruteador Cisco 1811, si realiza control de ancho de banda, por lo que se lo implementará en los enlaces multipunto, donde el acceso a la red se mantiene a través de un enlace compartido.

Un aspecto a considerar al efectuar la migración a MPLS, es ir reemplazando los enlaces de radio, por enlaces de fibra óptica, en los cuales se deberán utilizar como equipos terminales a los ruteadores Cisco SB 101.

3.3.4 Selección de transceivers

Un transceiver es un dispositivo no administrable, pero es necesario para realizar la interconexión de los nodos con los patch cord, tanto fibra como de cable UTP. Todos los transceivers que se utilicen en la red MPLS y donde los clientes, deben tener las siguientes características:

- Función de autosensing, es decir que un cable UTP cruzado o directo trabaje en función de la velocidad del equipo terminal.
- La temperatura de operación debe estar entre 0 y 40 grados centígrados.
- Requerir de un voltaje VDC de entre 5 a 12 VDC.

En la Tabla No. 3.5, se muestran varia marcas de transceivers que cumplen con las características antes mencionadas:

Marca	# de Leds	Voltaje	Autosensing	BW probado (up/down)
KTI	3	12 V	Si	N.P.
D-Link	6	7.5V	Si	35Mbps
Tren Net	6	7.5V	Si	35Mbps
WOM Versión1	6	5V	Si	30Mbps
WOM Versión 2	6	5V	Si	25Mbps
WOM Versión 3	8	5V	Si	25Mbps
Efiber monomodo 1	6	5V	Si	2Mbps
Efiber multimodo V. 1	6	5V	Si	N.P.

Tabla No. 3.6 Marcas de transceivers

Cualquiera de los transceivers mostrados en la Tabla No. 3.6, poseen las características necesarias para ser seleccionados, su implementación dependerá de la disponibilidad que exista en el mercado.

3.4 DESCRIPCIÓN DE COSTOS

Se realiza un cálculo de costos referencial para todos los equipos a implementarse en la migración de la red MPLS. Hay que considerar que en la capa Acceso, se debe realizar nuevos tendidos y fusiones de fibra óptica, para poder forman los anillos mencionados en la sección 2.3 correspondiente al diseño de la red, éstos costos también deberán ser incluidos en el cálculo referencial.

En la Tabla No 3.7 se indica el número de equipos a implementar y su costo total, tomando como fecha referencial el 15 de Enero del 2008.

Los costos que se indican a continuación pueden variar en el mercado, dependiendo de las diferentes casas comerciales.

EQUIPO	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
Cisco 6500	3	117,000	351,000
Cisco 7204	3	18,000	54,000
Cisco 3750	6	9,000	54,000
Cisco 3560	6	7,500	45,000
Transceivers para capa Acceso	2500	350	875,000
Total			**1´379,000**

Tabla No. 3.7 Costo de los equipos

Además se debe tomar en cuenta el costo del tendido de fibra óptica, desde el nodo Tarqui 2 hasta el nodo Gosseal y del nodo Muros al nodo Tarqui 2, el precio del cable de fibra óptica en promedio es de $ 6.00 por cada metro, la distancia estimada entre Tarqui 2 y Gosseal es de 22.5 Km. y entre Muros y Tarqui 2 es de 16.9 Km., es decir se necesita tender 39,4km de fibra óptica.

En la Tabla 3.8 se indican los costos demandados en planta externa para el tendido y fusión de la fibra óptica. .

Tendido de fibra óptica	Metros (m)	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
Gosseal – Tarqui 2	22500	6.00	135.000
Muros – Tarqui 2	16900	6.00	101.400
Mano de obra de tendido y fusión	39400	--------	11.000
Total			**247.400**

Tabla No. 3.8: Costos de planta externa

En la Tabla 3.9 se indican los todos los valores, para obtener el costo total

Costos	**Precio Total (USD)**
Equipos	1´379,000
Planta externa	247.400
Instalación equipos y adecuaciones eléctricas.	9,000
Migración de enlaces de radio a fibra óptica	160,000
Diseño de la red y soporte técnico de ingeniería	50,000
TOTAL	1´845.400

Tabla No. 3.9: Costo total del proyecto

Se puede apreciar en la Tabla No. 3.9, el precio total para la implementación de la infraestructura es de 1´845.400 USD. Esta cantidad está sujeta a una evaluación previa, en la que se establece una relación entre el costo obtenido del proyecto y los beneficios, que éste genera, para poder tomar la decisión de implementarlo.

Como ya se mencionó en la sección 2.4.4, la red de Telconet tiene una tendencia elevada de crecimiento, debido principalmente a los servicios que brinda a través de fibra óptica, se puede estimar que implementar la propuesta de diseño a un costo de 1´845.400 USD, para la inserción de MPLS mejorarían notablemente los servicios que se ofrece en la actualidad y se incrementaría la demanda de clientes.

3.6 Proyección futura.

La tendencia actual de integrar todo tipo de servicios en una única infraestructura de red, ha puesto de manifiesto las carencias que tienen las soluciones IP clásicas, en temas como la Calidad de Servicio, la seguridad y la fiabilidad, entre otras.

Para solucionar estos problemas han aparecido en el mercado de las Telecomunicaciones variedad de equipos, tecnologías y protocolos, que combinados de forma adecuada, pueden permitir el establecimiento de modelos de red que proporcionen, tanto al cliente corporativo como al cliente residencial, todo tipo de servicios multimedia.

El uso de la tecnología MPLS, unida a la gran capacidad soportada por las redes ópticas basadas en DWDM (Multiplexación por División de Longitud de Onda), se muestra como una combinación ideal para afrontar el reto de las futuras redes convergentes. Esta combinación se refleja en lo que se ha llamado GMPLS (Conmutación Multiprotocolo de Etiquetas Generalizada).

Telconet puede aprovechar su infraestructura (90% de la red, utiliza como medio de transmisión fibra óptica), conjuntamente con la implementación de MPLS y sus extensiones, para en el futuro realizar la implementación de servicios como: televisión, internet y telefonía, a través de un mismo canal de comunicación, conocido como Triple Play, que hoy en día es un servicio demandado por los clientes.

Además, entre las redes de nueva generación que se podrían acoplar a la red diseñada en el presente trabajo, se tienen las siguientes opciones:

- Red Óptica Pasiva: que es una red que trabaja sobre una infraestructura de fibra óptica y que ofrece mayor ancho de banda para el usuario. Dentro de éstas se encuentra también: la Red Óptica Pasiva de Banda Ancha (BPON) y la Red Gigabit- PON (GPON), que alcanzan velocidades de transmisión de hasta 1.25Gbps.[56]

- Redes con tecnología CDWDM: que son utilizadas para el transporte de datos, voz, video y servicios multimedia. Estas redes son ideales para infraestructura de fibra con tramos de hasta 50 km, que no necesitan regeneradores de señal o la presencia de amplificadores ópticos.

[56] TELNET, “Redes Inteligentes: PON (Pasive Optical Networks)”, 2007, www.telnet-ri.es

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Para poder desarrollar el presente diseño, fue necesario estudiar la red Gigabit Ethernet de Telconet, a partir de la información proporcionada por dicha empresa, conociendo su estructura, funcionamiento, ventajas y desventajas, para realizar la migración a la tecnología MPLS, de la manera más conveniente.

MPLS se presenta como una alternativa de solución óptima, para el adecuado funcionamiento de las redes de telecomunicaciones, ya que separa el envío de datos, de los procedimientos de enrutamiento estándar IP, produciendo beneficios de rendimiento y flexibilidad.

La implementación de MPLS puede mejorar notablemente el rendimiento de la red, debido a la rapidez en la conmutación de etiquetas y la inteligencia del ruteo, dando a la empresa la oportunidad de ofrecer nuevos servicios, que no son posibles con la red Gigabit Ethernet, como son: Ingeniería de Tráfico, Calidad de Servicio (QoS), Clases de Servicio (CoS) y creación de VPNs.

Realizando un breve estudio del tráfico en los nodos más relevantes, con ciertos criterios como la topología de la red y redundancia en los nodos, se pudo segmentar la red, para realizar el diseño jerárquico por capas y distribuir el tráfico de la manera más adecuada.

Realizar el monitoreo de forma permanente es un aspecto importante a considerar, ya que permite conocer el estado de cada uno de los enlaces y observar el comportamiento del tráfico dentro de la red.

La tecnología MPLS facilita la implementación de mecanismos de balanceo de carga, para evitar la congestión, utilizando los recursos de la red de manera óptima.

Uno de los resultados considerables que se obtuvo, luego de haber realizado el presente trabajo, es que varios de los equipos con los que cuenta la red actual se conservarán para formar parte de capa Acceso, donde no se requiere el manejo de MPLS, optimizando de esta manera los recursos de la red.

La migración a la tecnología MPLS será totalmente trasparente para el cliente, debido que la red Gigabit Ethernet continuará en funcionamiento, hasta que se implemente totalmente el Core MPLS.

Al realizar el estudio de las redes privadas virtuales VPNs con MPLS, se concluye que es una buena alternativa para establecer niveles de seguridad, indispensable para transmisión de datos.

MPLS permite realizar reservación de recursos, a través de protocolos de señalización como RSVP –TE, garantizado Calidad de Servicio en toda la red, características que no se consigue con Ethernet.

Los equipos seleccionados para la implementación de la red MPLS, que mejor se acoplaron a los son los requerimientos planteados, son de la marca comercial CISCO, que es el líder en el desarrollo de hardware, especializado en redes de internetworking.

La fibra óptica, ofrece ventajas relevantes como mayor capacidad para transportar tráfico, por lo que se concluye que la infraestructura de Telconet trabaja con un medio de transmisión seguro y confiable en toda su extensión.

4.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda desarrollar el diseño planteado, ya permite obtener grandes beneficios de la tecnología utilizada, como acceder a nuevos servicios, satisfaciendo los requerimientos de los usuarios.

La instalación de los equipos debe cumplir con todas las especificaciones y normas técnicas dadas por el fabricante, para obtener los parámetros adecuados y el buen desempeño de la red

Se recomienda realizar un estudio de GMPLS que es una extensión de la tecnología MPLS, la misma que forma parte de las redes ópticas de nueva generación, que ofrece servicios como proveer de mayor ancho de banda al usuario final.

Se debe tomar en cuenta que los costos de los equipos y mano de obra, se hicieron con valores estimados, si se pretende implementar el presente Proyecto, se debería realizar un análisis completo y no estimado de costos en base de los requerimientos de la red.

Se recomienda que los equipos ubicados en cada uno de los nodos de capa Core, estén correctamente etiquetados, para poder identificar con facilidad cualquier tipo de dispositivo que presente inconvenientes.

La fibra óptica que conforma la infraestructura de Telconet, se podría utilizar para aplicaciones futuras como la implementación de servicios triple play

BIBLIOGRAFÍA

TEXTOS:

- TANENBAUM, Andrew, “Redes de computadoras”,4ta.Edición, Pretice Hall, México, 2003, 4ta edición.

- Cisco Systems, Inc, Academia de Networking de Cisco Systems, Guía del primero año. CCNA 1 y 2 Tercera Edición.

- GONZALEZ, Fabio, “Diplomado Superior en Plataformas Operativas para Internetworking”, Módulo VII,2004.

- HALABI, Sam, Metro Ethernet, 1era. Edición, Cisco Press, Indianapolis, U.S.A., 2003

- PEPELNJAK Ivan, Guichard Jim, “MPLS and VPN Architectures”.

- STALLINGS, William, Comunicaciones redes de computadores, 6ta. Edición, Pretice Hall, 2000.

FOLLETOS:

- PROAÑO, Hugo, “Manual de Procedimientos: Descripción del Backbone”, Quito, Ecuador, 2006.

- Chávez, Iván, “Análisis anual del crecimiento del tráfico del backbone de Telconet”, Quito, Ecuador, 2006

- HIDALGO, Pablo, “Folleto de Telemática”, EPN, marzo 2005

PÁGINAS DE INTERNET

- Rocen, E., “Multiprotcol Label Switching” IETF RFC 3031, Enero 2001. www.ietf.org.

- Riza C. “Multiprotocol Labl Switching (MPLS) Traffic Engineering Management, Information Base for Fast Reroute” IETF Internet Draft, Noviembre, 2007. www.ietf.org.

- Ramos Francisco, “Radiocomunicaciones y Fibra óptica”. www.radioptica.com.

- Anderson, L. “LDP Specification”, IETF RFC 3036, Enero, 2001, www.ieft.org.

- Sienra, Luis Gabriel, CINIT, Centro de Investigación e Innovación en Telecomunicaciones, “Ofreciendo Calidad de Servicio mediante MPLS: Fundamentos y aplicaciones a las redes de cable”, Septiembre, 2003, www.cinit.org.mx.

- Telefónica, “Las Telecomunicaciones de nueva generación”, www.telefonica.es/.

- Tapia, Elisabeth, “Tecnologías de Banda Ancha”, www.eie.fceia.unr.edu.ar/~etapia/Redes2002pub/MPLS.ppt.

- Ferrer, María Dolores, “Multiprotocol Label Switching”, www.uv.es.

- TRILLIUM, L., “Multiprotocol Label Switching (MPLS),The International Engineering Consortium”, http://www.iec.org/tutorials/ .

- A comparison of Multiprotocol Label Switching (MPLS) traffic-engineering initiatives. NETPLANE. The International Engineering Consortium, www.iec.org/tutorials/.

- MPLS, “Making the Most of Ethernet in the Metro. RIVERSTONE NETWORKS”. www.mplsrc.com/articles.shtml.

- MPLS traffic engineering: a choice of signaling protocols. Paul Brittain y Adrian Farrel. DATA CONNECTION. www.mplsrc.com/articles.shtml.

- MUÑOZ, Wilmar,”Mecanismos de Balanceo de Carga en MPLS con RSVP-TE y OSPF”, noviembre 2006, www.unicauca.edu.co/

- VIRTUAL PRIVATE NETWORKS, “Internetworking Technology Handbook”, www.cisco.com/univered/cc/td/doc/ciscintwk_doc, Octubre 2006

- Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Ciencias Exactas. Trabajo Final de Aplicación. “MPLS Multiprotocol Label Switching.” exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/SistemasOperativos/libmpls.PDF

- HESSELBACH Xavier, “Problemas Abiertos en MPLS”, www.80.34.206.133/netica/com/mpls-v3.pdf.

- CALDERÓN, Oscar, “Redes de Nueva Generación”, noviembre 2007, calypso.unicauca.edu.co

- BLÁZQUEZ, Juan, “Multiprotocol Label Switching:MPLS” , www.danysoft.info/MPLS www.danysoft.info/free/MPLS.pdf