



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE GUAYAQUIL**

**CARRERA:**

INGENIERIA EN SISTEMA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

Ingeniero en Sistemas con Mención en Telemática

**TEMA:**

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED MPLS PARA INTERCONECTAR  
ESTACIONES REMOTAS UTILIZANDO EL EMULADOR GNS3”

**AUTORA:**

EMILENI SOLANGE CASTRO ULLAURI

**DIRECTOR DE TESIS:**

ING. DARÍO FERNANDO HUILCAPI SUBÍA

**Guayaquil, Marzo del 2015**

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO  
DEL TRABAJO DE GRADO**

Yo Emileni Solange Castro Ullauri autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de la autora.

-----  
Emileni Solange Castro Ullauri

0923630966

## **DEDICATORIA**

Esta dedicatoria se la merecen muchas personas transcendentales en mi vida, pero empezare por la más importante, mi Dios de lo imposible, que a pesar de mis dudas siempre me recordaba que este monte lo llegaría a conquistar, te doy gracias mi Dios por las fuerzas que me distes y por cada una de las barreras que me ayudaste a derribar.

Agradezco a Pico, Katy, Melo y a mi madre que contribuyeron en mi vida universitaria y en mi vida cotidiana, a mi esposo y a mi hijo amado que contribuyeron con una sonrisa y abrazo diario para llenar mi motor de fortaleza.

Le agradezco a cada uno de ustedes por ser mi familia.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a cada uno de los profesores por acompañarme en este caminar universitarios, pero sobre todo le agradezco al Ing. Llerena por sus palabras de aliento cada vez que me encontraba en los pasillos de la universidad, a la Ing. Lily Santos jamás olvidare su puntualidad, respeto y dedicación para cada uno de sus estudiantes; al Ing. Danny Barona por su dedicación y paciencia en cada consulta realizaba, a la Ing. Shirley Coque por ser tan practica y eficiente en su trabajo, y demostrar que la tecnología no solo se usa con fines sociales; sin su ayuda no hubiera alcanzado fácilmente mi objetivo y para finalizar le agradezco a mi director de tesis Ing. Darío Huilcapi por aceptar guiarme en este camino final.

Gracias a todos ustedes por contribuir en mi vida universitaria y alentarme a superar mis expectativas profesionales, que Dios los bendiga con abundante salud, sabiduría y mucho gozo.

## ÍNDICE GENERAL

<b>DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO DEL TRABAJO DE GRADO</b> .....	<b>II</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>X</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>2</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>2</b>
<b>1.1. Enunciado del Problema</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2. Formulación del Problema</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3. Sistematización del Problema</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4. Objetivos de la Investigación</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4.1. Objetivo General</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4.2. Objetivos Específicos</b> .....	<b>4</b>
<b>1.5. Justificación</b> .....	<b>4</b>
<b>1.5.1. Importancia</b> .....	<b>5</b>
<b>1.5.2. Necesidad</b> .....	<b>5</b>
<b>1.5.3. Beneficios de la Tecnología MPLS</b> .....	<b>5</b>
<b>1.5.3.1. Beneficios y Ventajas Para el Proveedor de Servicios</b> .....	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>7</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1. Antecedentes Investigativos</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2. Fundamentación Teórica</b> .....	<b>10</b>

2.2.1.	¿Qué es MPLS? .....	10
2.2.2.	¿Cómo Funciona MPLS? .....	11
2.2.3.	<b>Ventajas y Desventajas de MPLS</b> .....	<b>13</b>
2.2.3.1.	Ventajas .....	13
2.2.3.2.	Desventajas.....	14
2.2.3.3.	Ventajas con Respecto otras Tecnología .....	14
2.2.4.	<b>Estructura de una Red MPLS</b> .....	<b>15</b>
2.2.5.	<b>Arquitectura de la Red MPLS</b> .....	<b>17</b>
2.2.5.1.	Router Conmutador de Etiquetas (LRS: Label Switch Router) .....	17
2.2.5.2.	Router de Frontera de Etiquetas (LER: Label Edge Router) .....	18
2.2.5.3.	Clase Equivalente de Envío (FEC: Forwarding Equivalence Class).....	19
2.2.5.4.	NHLFE (Next Hop Label Forwarding Entry) .....	20
2.2.6.	<b>Etiquetas (Label)</b> .....	<b>20</b>
2.2.6.1.	Creación de Etiquetas .....	21
2.2.6.2.	La Pila de etiquetas (Label Stack).....	22
2.2.6.3.	Uniones a Etiquetas .....	22
2.2.6.4.	Distribución de Etiquetas.....	23
2.2.6.5.	Control de Distribución de Etiquetas.....	24
2.2.6.6.	Esquemas de Distribución de Etiquetas.....	24
2.2.6.7.	Fusión de etiquetas (Label Merging) .....	25
2.2.6.8.	Mecanismos de Señalización .....	25
2.2.6.9.	Proceso de Envío en MPLS y tablas que lo asisten.....	26
2.2.6.10.	Retención de etiquetas .....	27
2.2.6.11.	Ruta Conmutada de Etiquetas (LPS: Label Switched Path) .....	28
2.2.7.	<b>Aplicaciones de la Red MPLS</b> .....	<b>31</b>
2.2.7.1.	Ingeniería de Tráfico .....	31
2.2.7.2.	Calidad de Servicio (QoS) y Clases de Servicios (CoS) .....	44
2.2.7.5.	Redes Virtuales Privadas MPLS .....	48
2.2.8.	<b>Convergencia Real: MPLS</b> .....	<b>55</b>
2.2.9.	<b>Ideas Preconcebidas Sobre MPLS</b> .....	<b>55</b>
2.2.10.	<b>¿MPLS Elimina el Enrutamiento?</b> .....	<b>57</b>
2.2.11.	<b>MLPS en Ecuador</b> .....	<b>58</b>
2.3.	<b>Formulación de la Hipótesis</b> .....	<b>60</b>
2.3.1.	<b>Hipótesis General</b> .....	<b>60</b>
2.3.2.	<b>Hipótesis Particulares</b> .....	<b>60</b>
2.4.	<b>Señalamiento de Variables</b> .....	<b>61</b>
2.4.1.	<b>Variables Independientes</b> .....	<b>61</b>

2.4.2.	Variables Dependientes .....	61
2.4.3.	Matriz Causa Efecto.....	61
2.5.	Marco Conceptual .....	63
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>		<b>72</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>		<b>72</b>
3.1.	Modalidad Básica de la Investigación.....	72
3.2.	Nivel o Tipo de Investigación .....	73
3.3.	Población y Muestra .....	73
3.4.	Operacionalización de Variables e Indicadores .....	75
3.5.	Plan de Recolección de Información.....	76
3.5.1.	La entrevista.....	76
3.5.2.	Observación .....	77
3.5.3.	Revisión Documental.....	78
3.6.	Plan de Procesamiento de la Información .....	78
3.7.	Cuestionario de Preguntas.....	78
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>		<b>81</b>
<b>ANÁLISIS Y RESULTADOS.....</b>		<b>81</b>
4.1.	Análisis de los Resultados.....	81
4.1.1.	Entrevista .....	81
4.2.	Interpretación de Datos .....	81
4.3.	Verificación de Hipótesis .....	89
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>90</b>
5.1.	Conclusiones.....	90
5.2.	Recomendaciones .....	91
<b>CAPÍTULO 6 .....</b>		<b>92</b>
<b>PROPUESTA .....</b>		<b>92</b>
6.1.	Datos Informativos.....	92
6.1.1.	Proponente .....	92

6.1.2.	Objeto de Estudio.....	92
6.1.3.	Beneficiarios.....	92
6.2.	Antecedentes de la Propuesta .....	92
6.3.	Justificación .....	92
6.4.	Objetivos .....	93
6.4.1.	Objetivo General .....	93
6.4.2.	Objetivos Específicos .....	93
6.5.	Análisis de Factibilidad .....	93
6.5.1.	Factibilidad Económica .....	93
6.6.	Fundamentación .....	94
6.7.	Metodología y Modelo Operativo .....	95
6.7.1.	Metodología.....	95
6.7.2.	Modelo Operativo .....	96
6.8.	Administración.....	97
6.8.1.	Cronograma de Actividades.....	97
6.8.2.	Presupuesto .....	98
6.9.	Software GNS3.....	98
6.9.1.	Ventajas de GNS3 sobre Packet Tracet .....	99
6.9.2.	Desventajas de GNS3 .....	99
6.9.3.	Interfaz Gráfica del GNS3 .....	99
6.9.4.	Introducción a la Simulación .....	102
6.10.	Diseño y Configuración de la Red MPLS.....	103
6.10.1.	Diseño de la Red MPLS .....	103
6.10.2.	Configuraciones Básicas de los Equipos .....	104
6.10.2.1.	Configuración del Núcleo MPLS .....	104
6.10.2.2.	Configurando en Router Reflector .....	112
6.10.2.3.	Configurando los PE .....	114
6.10.2.4.	Configurando los CE .....	116
	<b>Bibliografía.....</b>	<b>118</b>
	<b>Anexos .....</b>	<b>121</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz Causa Efecto.....	62
Tabla 2. Operacionalización de Variables e Indicadores .....	75
Tabla 3. Operacionalización de Variables e Indicadores .....	76
Tabla 4. Factibilidad Económica del Proyecto .....	94
Tabla 5. Modelo Operativo .....	97
Tabla 6. Presupuesto de Tesis .....	98

## ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfico 1. Origen de la Tecnología MPLS .....	9
Gráfico 2. Evolución de IP_ATM hacia MPLS .....	9
Gráfico 3. Descripción de la Ubicación de MPLS en el modelo OSI.....	10
Gráfico 4. Demostración Básica de una Red MPLS .....	11
Gráfico 5. Distribución de Paquetes de la Red MPLS .....	12
Gráfico 6. Descripción paso a paso del funcionamiento del envío de paquetes en una Red MPLS.....	13
Gráfico 7. Descripción de la Cabecera de la Red MPLS .....	16
Gráfico 8. Componentes y Conceptos Básicos de la Red MPLS.....	17
Gráfico 9. Diagrama de Bloques del LSR.....	18
Gráfico 10. Diagrama de Bloques del LER .....	19
Gráfico 11. Clasificación de la Distribución de los Paquetes Fec .....	20
Gráfico 12. Explicación Gráfica de la Segmentación de las Etiquetas en MPLS.....	21
Gráfico 13. Mecanismo de Señalización.....	25
Gráfico 14. Esquema de Operacional de la Red MPLS .....	29
Gráfico 15. Tabla de Etiquetas de un Router de Conmutación LSR .....	30
Gráfico 16. Comparación de Camino IGP v/s TE.....	34
Gráfico 17. Modelo básico de referencia para balanceo de carga.....	37
Gráfico 18. Modelo Funcional para balanceo de carga .....	37
Gráfico 19. Descripción de LSPs paralelos de la Red MPLS .....	39
Gráfico 20. Esquema Funcional de Mate .....	40
Gráfico 21. Clases de Tráfico Definidos por Mate .....	41
Gráfico 22. Topología de referencia para los algoritmos TSLB, RSLB, DLB .....	42
Gráfico 23. Esquema de Calidad de Servicio QOS.....	47
Gráfico 24. Ejemplo de una Red Privada Virtual O VPN.....	48
Gráfico 25. Túneles de Comunicación Protegidos por IPSec entre redes separadas .	51
Gráfico 26. Explicación del envío de Paquetes en una Red VPN MPLS sobre Capa 2.....	53
Gráfico 27. Explicación Gráfica de la Red MPLS y la Convergencia IP .....	55
Gráfico 28. Cronograma de Actividades de la Tesis.....	97
Gráfico 29. Interfaz Gráfica de GNS3 1.2.1 .....	99

Gráfico 30. Herramienta Básica de GNS3 1.2.1 .....	100
Gráfico 31. Administrador de Snapshots de GNS3 1.2.1 .....	100
Gráfico 32. Mostrar y Esconder las conexiones de GNS3 1.2.1 .....	100
Gráfico 33. Console Connect to all devices de GNS3 1.2.1 .....	100
Gráfico 34. Inicio de GNS3 1.2.1 .....	101
Gráfico 35. Pausa de GNS3 1.2.1 .....	101
Gráfico 36. Pare de GNS3 1.2.1 .....	101
Gráfico 37. Reinicio de GNS3 1.2. ....	101
Gráfico 38. Barra de Dibujo de GNS3 1.2.1 .....	101
Gráfico 39. Barra de Herramienta Tipo de Nodos de GNS3 1.2.1 .....	102
Gráfico 40. Selección de IOS en GNS3 1.2.1 .....	102
Gráfico 41. Pantalla IOS Router Preferences en GNS3 1.2.1 .....	103
Gráfico 42. Arquitectura de la Red .....	104
Gráfico 43. Topología Básica de ISP CORE / OSPF IGP .....	105
Gráfico 44. Configuración de los Router .....	105

## RESUMEN

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo entender la tecnología MPLS, mediante un diseño que simule la implementación de una red que interconecte estaciones remotas de una empresa X, describiendo claramente las ventajas y beneficios que ofrece la misma.

La simulación en GNS3 ayudará a interactuar con los diferentes equipos, protocolos, topología y configuraciones que se utilizan en tiempo real, los cuales podrían ser aplicadas en componentes reales, sin obtener ningún inconveniente al momento de conectarlos, instalarlos y programarlos tal cual se realizó en la simulación.

Adicionalmente GNS3 es una aplicación que permite practicar y aprender sobre las tecnologías actuales, ya que el software permite implementar y observar, muy detalladamente el funcionamiento de las redes sin la necesidad de conectarlas físicamente.

Con la implementación se logró evidenciar que el protocolo MPLS permite realizar una mezcla entre el proceso de enrutamiento y reenvío de datos, además se verifico como pueden trabajar en conjunto con el protocolo BGP para permitir la superposición de rutas en la nube MPLS, también se identificó la manera de ahorrar recursos y puertos físicos a la hora de implementar MP-BGP en la nube del proveedor mediante el uso del Route Reflectors, después de confirmar estas resoluciones se puede concluir que la implementación de la tecnología estudiada presenta diversas ventajas para los proveedores, principalmente en cuanto al ahorro de capacidades de procesamiento, equipos físicos, disminución del retardo, fluctuaciones, y pérdida de paquetes, además brinda a la red mayor velocidad de transmisión, y aumento de fiabilidad en el transporte de datos entre dos puntos distantes geográficamente, pero pertenecientes a una misma red.

## **ABSTRACT**

The aim of the thesis is to understand the MPLS technology, with a design that simulates the implementation of a network interconnecting remote stations of a company X, clearly describing the advantages and benefits of the same.

The simulation GNS3 will help you interact with different equipments, protocols, topology and configuration that are used in real time, which could be applied in real components, without having any problem when you connect, install and program them as it was done in the simulation.

Additionally, GNS3 is an application that allows you to practice and learn about current technology, since as the software allows the ability to implement and observe in great detail the operation of networks without the need to physically connect them.

After implementing it was evident that the MPLS protocol allows a mix between the routing process and resending data. Additionally, it was verified that it work in conjunction with the BGP protocol to allow overlapping routes in MPLS cloud. It was identified how to save resources and physical ports when implementing MP-BGP in cloud provider by using the Route Reflectors, after confirming these resolutions it can be concluded that the implementation of the technology studied brings benefits to providers, mainly in terms of saving processing capabilities, hardware, decreased delay fluctuations, and packet loss, the network also provides higher throughput, increased reliability and data transport between three geographically distant points, but belonging to the same network.

## INTRODUCCIÓN

La popularización del internet en los últimos años impuso un ritmo acelerado en el crecimiento de las redes de datos.

A mediados de la década de los 90, la demanda por parte de los clientes de los ISP (*Internet Service Providers*) de aplicaciones multimedia con altas necesidades de ancho de banda, una calidad de servicio garantizada, gran capacidad para procesar y encaminar paquetes por segundo, priorización de paquetes, los cambios tecnológicos y la fusión de los servicios, propiciaron la introducción de ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) en la capa de enlace (Nivel 2 de OSI) de sus redes. Esta arquitectura, no obstante, presenta ciertas limitaciones, debido a la dificultad de operar e integrar una red basándose en dos tecnologías muy distintas,

Debido a las necesidades insatisfechas de las demandas establecidas se desarrolló la tecnología MPLS (Protocolo de Conmutación de Etiquetas), creada para las redes de nuevas aplicaciones que permite interactuar con diferentes protocolos y tecnologías sin que presente ningún conflictos entre ellas, además ofrecer diferentes niveles de servicio en un entorno de mayor fiabilidad acortando distancias geográficamente distantes con mínimo retardo y a su vez mantener la calidad en el servicio.

Implementar MPLS en empresas medianas y grandes es unos de los requisitos fundamentales actualmente; es por ello que tener el adecuado diseño de las redes, es un requisito fundamental para el crecimiento y buen desempeño de cualquier de las mismas; por estas exigencias los futuros profesionales de redes debemos ser capaces de diseñar e identificar herramientas que nos permitan optimizar, garantizar, simular las topologías de redes, los protocolos de enrutamiento y minimizar la mayor cantidad de errores posible que se puedan presentar en nuestro futuro diseño.

# CAPÍTULO 1

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Enunciado del Problema

Desde sus inicios los backbones IP estaban contruidos por enrutadores conectados entre sí, lo que provocaba saturación y congestionamiento en las redes de transmisión, fue así que se aumentó el rendimiento de los enrutadores, dándose a conocer los conmutadores ATM con ciertas capacidades de control IP, sin embargo los conmutadores ATM no tuvieron el resultado esperado por ende se creó la conmutación IP para solucionar el rendimiento de las redes en aquel entonces, pero esta nueva solución presente problemas de congestionamiento e inoperabilidad entre las distintas tecnología de capa 2 o capa 3.

Con el pasar del tiempo se crearon nuevos protocolos con el objetivo de diseñar la ruta más corta que un paquete de datos debía seguir, tomando en consideración los demás parámetros (retardos, calidad de servicio, congestión de tráfico, entre otros) que ocasionaban dificultad al momento de enviar un paquete a su destino final.

Por estas razones se desarrolló el Protocolo de Conmutación de Paquetes, MPLS, como solución a estos problemas, por ende es necesario la profundidad del tema, para entender la tecnología.

### 1.2. Formulación del Problema

La llegada de la conmutación de paquetes introdujo una nueva cuestión al plantear si las redes de transporte debían o no tener un grado significativo de inteligencia en su núcleo; recientemente se han creado una serie de tecnologías digitales para su aplicación en el transporte, cada una de ellas orientada inicialmente a solventar problemas específicos.

Sin embargo en la actualidad existe un nuevo protocolo que solventa todas las necesidades anteriormente citadas. La duda que se genera sobre el protocolo con respecto a la necesidad de solventar los actuales requerimientos de los usuarios y empresas hace que se genere la siguiente interrogante:

1. ¿Se podría considerar a las redes basadas en la tecnología MPLS, una solución óptima para el desarrollo y diseño de redes Lan y Wan en una empresa que desea interconectar sucursales remotas entre si?

### **1.3. Sistematización del Problema**

1. ¿Por qué la IETF decidió crear la Tecnología MPLS?
2. ¿MPLS solucionará los problemas de reenvío de paquetes que presentan las actuales tecnologías?
3. ¿El software GN3 es una herramienta confiable que nos permitirá minimizar errores en el diseño que podríamos implementar?
4. ¿Realizar un diseño que nos permita estudiar la estructuración de las redes MPLS en redes distribuidas de múltiples sucursales?

### **1.4. Objetivos de la Investigación**

#### **1.4.1. Objetivo General**

Investigar la tecnología MPLS, con el fin de demostrar mediante la simulación de un diseño que permita interconectar sucursales remotas, los beneficio de implementar MPLS.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

1. Investigar las razones por la cual la IETF creó de la tecnología MPLS.
2. Analizar los factores relevantes que intervienen en una red MPLS, describiendo claramente sus componentes globales (enrutamiento (routing), reenvío (forwarding), sus protocolos de distribución y aplicaciones potenciales (redes privadas virtuales, ingeniería de tráfico, calidad de servicio.) en las redes IP.
3. Analizar y Determinar si el software GN3 es una herramienta confiable que minimizará los errores en la implementación.
4. Diseñar una simulación que permita estudiar la aplicación de las redes basadas en MPLS en redes distribuidas de múltiples sucursales.

### **1.5. Justificación**

Una nueva visión a la hora de manejar las redes está dando lugar al crecimiento de las tecnologías de conmutación, es así que surge el Multiprotocolo de Conmutación de Etiquetas (MPLS – Multiprotocol Label Switching), el cual ofrece la flexibilidad para entregar y enrutar tráfico en caso de fallas de enlace, congestión, cuello de botella y mejorar la calidad de servicio.

Sin embargo para entender dicha tecnología se requiere de personal capacitado que maneje la gestión de redes no solo dentro de las empresas de telecomunicaciones, sino también en las universidades.

Es por esa razón que el presente trabajo se enfoca en estudiar y explicar la tecnología MPLS, sus conceptos, sus aplicaciones, sus ventajas y sus beneficios a través de una adecuada herramienta de simulación, demostrando de esta manera que el conocimiento se afianza con la práctica.

### **1.5.1. Importancia**

- Reduce significativamente el procesamiento de paquetes que se requiere cada vez que ingresa un paquete a un enrutador en la red.
- El tráfico de red desvía el tráfico de rutas congestionadas por otros caminos más despejados, aunque estos no sean la trayectoria más corta.
- Soporta varios protocolos además de IPV4 y IPV6

### **1.5.2. Necesidad**

MPLS surge de la necesidad de mejorar el descongestionamiento, la redundancia, la velocidad de tráfico y la escalabilidad en el servicio de transporte de datos tradicionales de los paquetes IP.

### **1.5.3. Beneficios de la Tecnología MPLS**

- MPLS combina el rendimiento y capacidades de conmutación de nivel 2 (capa de enlace) con la probada escalabilidad de ruteo de nivel 3 (capa de red).
- Calidad de Servicio.
- Encriptamiento
- Ingeniería de Tráfico

### **1.5.3.1. Beneficios y Ventajas Para el Proveedor de Servicios**

- Convergencia de Servicios (Voz, Datos y Video) utilizando la concentración de diversas tecnologías de acceso que utilizan los usuarios.
- Se puede reconfigurar con facilidad para suprimir o introducir nuevos usuarios y/o servicios adicionales utilizando un punto a la *MPLS*.
- Flexibilidad al poder conectar cualquier punto de una VPN con quien desee, utilizando el mejor camino entre cada punto combinando los beneficios de la transmisión de datos entre dos puntos cualquiera (sin conexión) y de la transmisión con conexión punto a punto eliminando sus inconvenientes.
- Se enruta el tráfico basado en restricciones CSPF (Constrained Shortest Path First) y se utilizan ER-LSPs para pasarlo, así el camino puede obtener optimización de la ruta y/o puentear un enlace que ha fallado.
- Se puede utilizar el sistema de reservas de tráfico por medio de RSVP (Reserv Service Virtual Path) dentro de MPLS, donde el protocolo LDP asociará etiquetas a aquellos flujos que tienen reserva.

## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes Investigativos

El enorme crecimiento de la red Internet ha convertido al protocolo IP (*Internet Protocol*) en la base de las actuales redes de telecomunicaciones, contando con más del 80% del tráfico cursado. La versión actual de IP, conocida por IPv4 y recogida en la RFC 791, lleva operativa desde 1980. Este protocolo de capa de red (Nivel 3 OSI), define los mecanismos de la distribución o encaminamiento de paquetes, de una manera no fiable y sin conexión, en redes heterogéneas; es decir, únicamente está orientado a servicios no orientados a conexión y a la transferencia de datos, por lo que se suele utilizar junto con TCP (*Transmission Control Protocol*) (Nivel 4 de OSI) para garantizar la entrega de los paquetes. (Black, Uyles D., 2000)

A mediados de la década de los 90, la demanda por parte de los clientes de los ISP (*Internet Service Providers*) de aplicaciones multimedia con altas necesidades de ancho de banda y una calidad de servicio o QoS (*Quality of Service*) garantizada, propiciaron la introducción de ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) en la capa de enlace (Nivel 2 de OSI) de sus redes. (Fernández, 2014)

En esos momentos, el modelo de IP sobre ATM satisfacía los requisitos de las nuevas aplicaciones, utilizando el encaminamiento inteligente de nivel 3 de los routers IP en la red de acceso, e incrementando el ancho de banda y rendimiento basándose en la alta velocidad de los conmutadores de nivel 2 y los circuitos permanentes virtuales de los switches ATM en la red troncal. Esta arquitectura, no obstante, presenta ciertas limitaciones, debido a: la dificultad de operar e integrar una red basándose en dos tecnologías muy distintas, la aparición de switches ATM e IP de alto rendimiento en las redes troncales, y la mayor capacidad de transmisión ofrecida por SDH/SONET (*Synchronous Digital Hierarchy / Synchronous Optical*

*NETwork*) y DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*) respecto a ATM. (Fernández, 2014)

Durante 1996, empezaron a aparecer soluciones de conmutación de nivel 2 propietarias diseñadas para el núcleo de Internet que integraban la conmutación ATM con el encaminamiento IP; como por ejemplo, Tag Switching de Cisco o Aggregate Route-Based IP Switching de IBM. La base común de todas estas tecnologías, era tomar el software de control de un router IP, integrarlo con el rendimiento de reenvío con cambio de etiqueta de un switch ATM y crear un router extremadamente rápido y eficiente en cuanto a coste. (Black, Uyles D., 2000)

La integración en esta arquitectura era mayor, porque se utilizaban protocolos IP propietarios para distribuir y asignar los identificadores de conexión de ATM como etiquetas; pero los protocolos no eran compatibles entre sí y requerían aún de infraestructura ATM. (Black, 2001)

Finalmente en 1997, el IETF (*Internet Engineering Task Force*) establece el grupo de trabajo **MPLS** (*MultiProtocol Label Switching*) para producir un estándar que unificase las soluciones propietarias de conmutación de nivel 2. (Tejedor, 2012)

El resultado fue la definición en 1998 del estándar conocido por MPLS, recogido en la RFC 3031. MPLS proporciona los beneficios de la ingeniería de tráfico del modelo de IP sobre ATM, pero además, otras ventajas; como una operación y diseño de red más sencillo y una mayor escalabilidad. (Tejedor, 2012)

Por otro lado, a diferencia de las soluciones de conmutación de nivel 2 propietarias, está diseñado para operar sobre cualquier tecnología en el nivel de enlace, no únicamente ATM, facilitando así la migración a las redes ópticas de próxima generación, basadas en infraestructuras SDH/SONET y DWDM. (Tejedor, 2012)

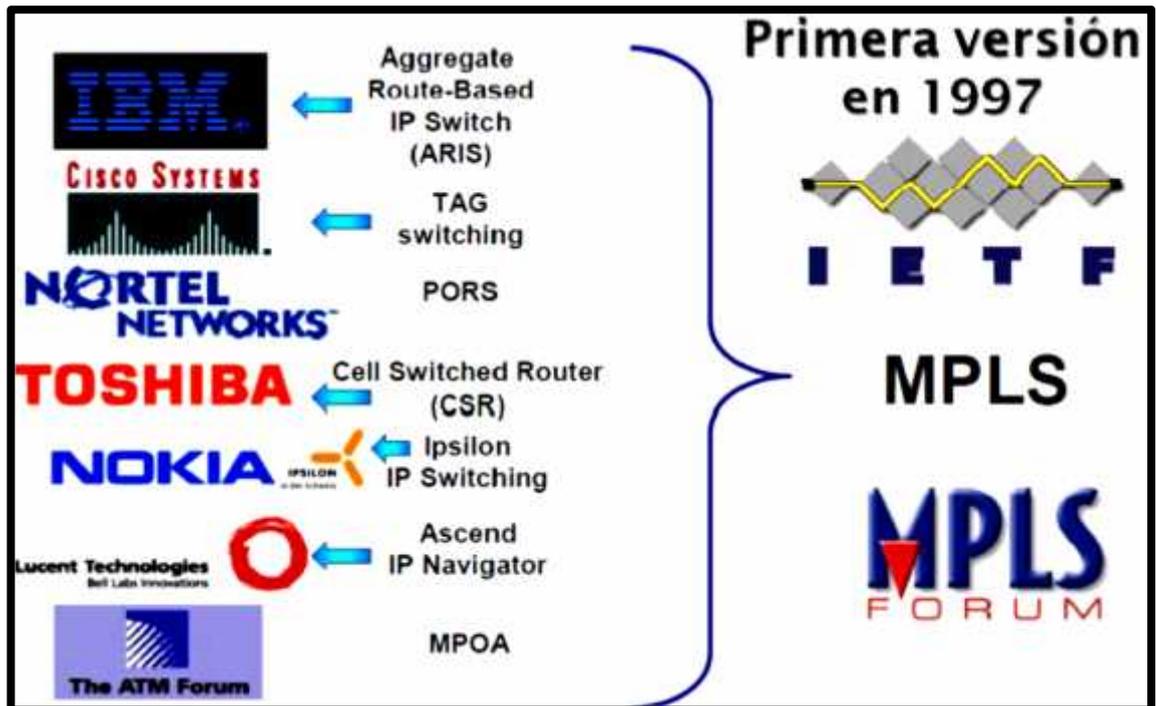


Gráfico 1. Origen de la Tecnología MPLS  
(Édison Coimbra, 2010)

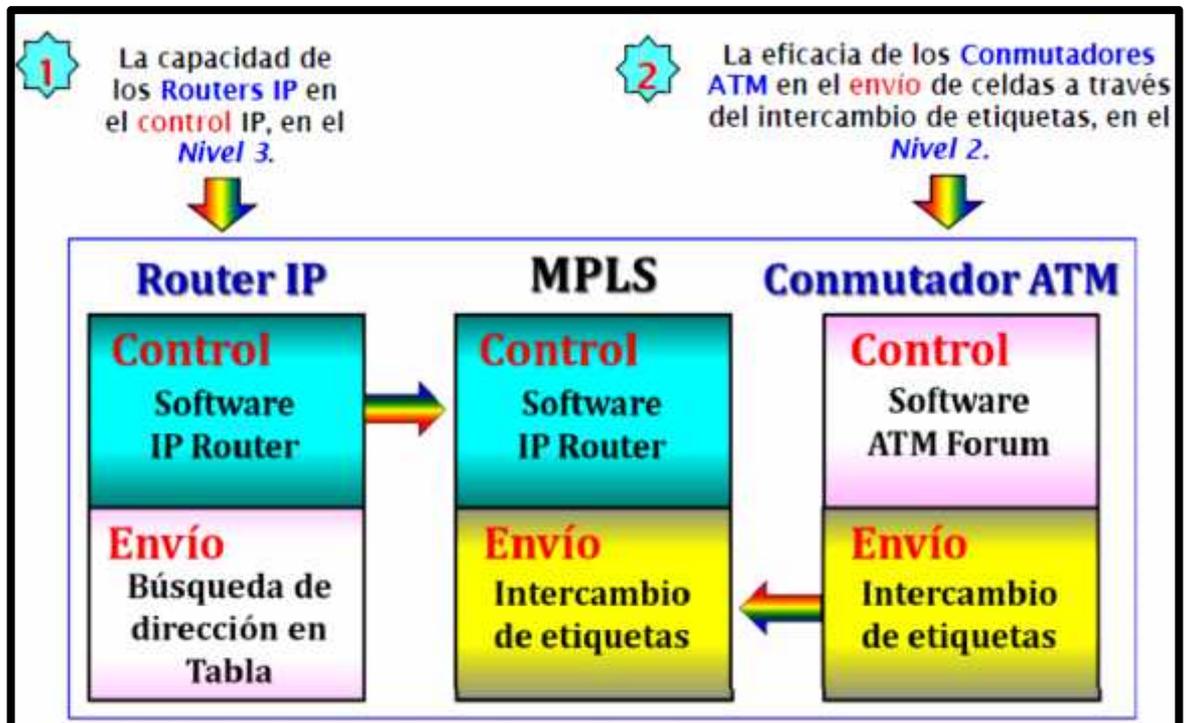


Gráfico 2. Evolución de IP\_ATM hacia MPLS  
(Édison Coimbra, 2010)

## 2.2. Fundamentación Teórica

### 2.2.1. ¿Qué es MPLS?

MPLS quiere decir Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo (*Multiprotocol Label Switching*), es una tecnología relativamente nueva que se desarrolló para solucionar la mayoría de los problemas que existen en la técnica actual de reenvío de paquetes, asignando etiquetas a los paquetes en función de su prioridad de despacho; permite construir redes virtuales privada (VPNs), flexibles y ampliables, que respaldan la prestación de servicios en diferentes niveles. (Canalis, 2003)

Opera entre la capa de enlace de datos y la capa de red del modelo OSI, fue diseñado para unificar el servicio de transporte de datos para las redes basadas en circuitos y las basadas en paquetes, puede ser utilizado para transportar diferentes tipos de tráfico incluyendo tráfico de voz y de paquetes IP. (Peralta, 2012)



**Gráfico 3. Descripción de la Ubicación de MPLS en el modelo OSI**

Fuente. (<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1311/1/0046T172.pdf>, 2008)

Según el énfasis que se tenga a la hora de explicar sus características y utilidad, MPLS se puede presentar como un sustituto de la conocida arquitectura IP sobre ATM, también como un protocolo para hacer túneles (sustituyendo a las técnicas habituales de “tunneling”), o bien, como una técnica para acelerar el encaminamiento de paquetes. (Tejedor, 2012)

No obstante, se debe considerar MPLS como el avance más reciente en la evolución de las tecnologías de Routing y Forwarding en las redes IP, lo que implica una evolución en la manera de construir y gestionar las redes que se requieren para esta época. (Tejedor, 2012)

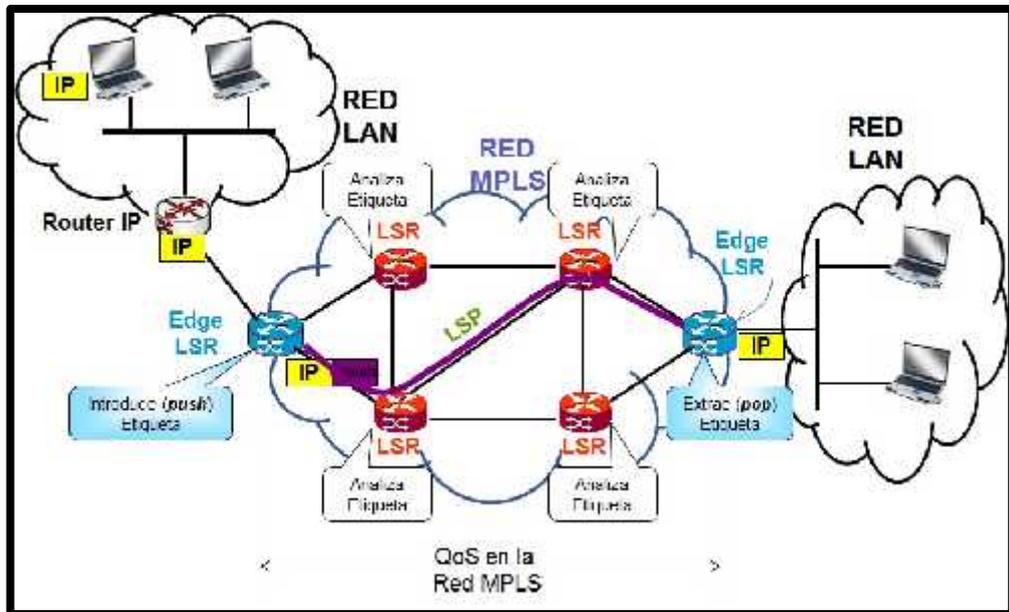


Gráfico 4. Demostración Básica de una Red MPLS

Fuente: (<http://www-2.dc.uba.ar/...ivas/MPLS-parte1-1C2011.ppt>, 2011)

### 2.2.2. ¿Cómo Funciona MPLS?

Una red MPLS consiste en un conjunto de Enrutadores de Conmutación de Etiquetas (*LSR*) que tienen la capacidad de conmutar y rutear paquetes en base a la etiqueta que se ha añadido a cada paquete. (Barberá, 2007)

Cada etiqueta define un flujo de paquetes entre dos puntos finales. Cada flujo es diferente y es llamado Clase de Equivalencia de Reenvío (*FEC*), así como también cada flujo tiene un camino específico a través de los *LSR* de la red, es por eso que se dice que la tecnología MPLS es “orientada a conexión”. (Barberá, 2007)

Cada *FEC*, además de la ruta de los paquetes contiene una serie de caracteres que define los requerimientos de *QoS* del flujo. (Barberá, 2007)

Los routers de la red MPLS no necesitan examinar ni procesar el encabezado IP, solo es necesario reenviar cada paquete dependiendo el valor de su etiqueta. (Barberá, 2007)

Esta es una de las ventajas que tienen los routers MPLS sobre los routers IP, en donde el proceso de reenvío es más complejo. (Barberá, 2007)

En un router IP cada vez que se recibe un paquete se analiza su encabezado IP para compararlo con la tabla de enrutamiento (*routing table*) y ver cuál es el siguiente salto (*next hop*). (Morales, 2007)

El hecho de examinar estos paquetes en cada uno de los puntos de tránsito que deberán recorrer para llegar a su destino final significa un mayor tiempo de procesamiento en cada nodo y por lo tanto, una mayor duración en el recorrido. (Morales, 2007)

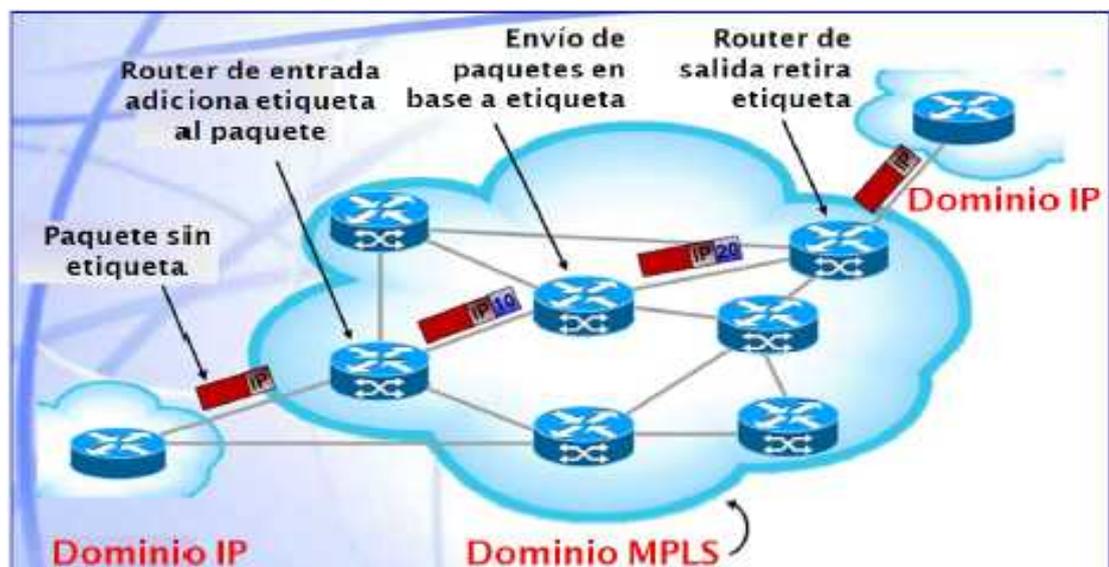
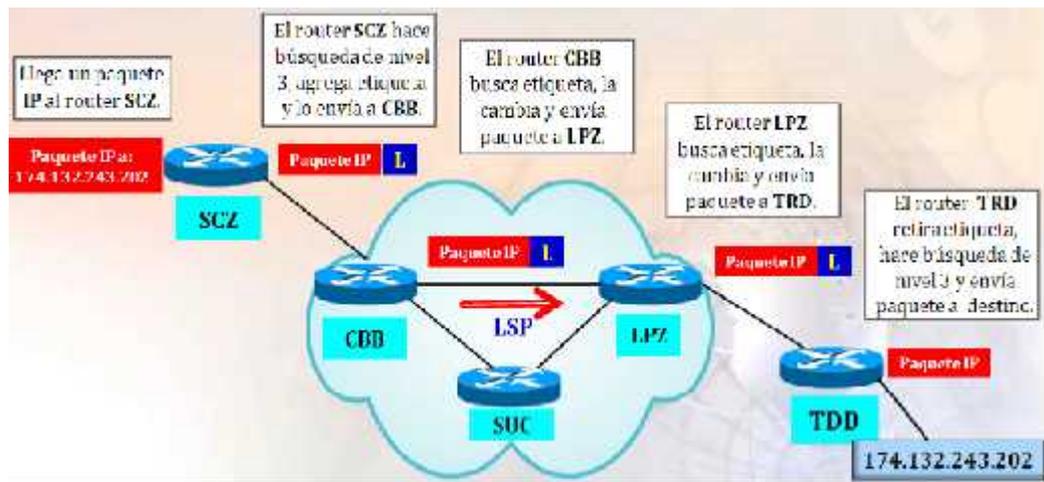


Gráfico 5. Distribución de Paquetes de la Red MPLS  
(Édison Coimbra, 2010)



Las etiquetas sólo tienen significado local (no tienen vínculos con los host en toda la Internet).

Gráfico 6. Descripción paso a paso del funcionamiento del envío de paquetes en una Red MPLS (Édison Coimbra)

### 2.2.3. Ventajas y Desventajas de MPLS

#### 2.2.3.1. Ventajas

Fernández (2014) determinó las siguientes ventajas:

- Un Paquete puede entrar por un punto final físicamente conectado a la red, o por otro router que no sea MPLS y que esté conectado a una red de computadoras sin conexión directa a la nube MPLS.
- El reenvío de la información se lleva a cabo mediante una búsqueda simple (*lookup*) en una tabla predefinida que enlaza los valores de las etiquetas con las direcciones del siguiente salto (*next hop*).
- Los paquetes enviados de mismos endpoints pueden tener diferente FEC, por lo que las etiquetas serán diferentes y tendrán un PHB distinto en cada LSR. Esto puede generar diferentes flujos en la misma red.

### **2.2.3.2. Desventajas**

Según el punto de vista de García (2008) llego a determinar las siguientes desventajas:

- En primer lugar, uno de los argumentos esgrimidos a favor de desarrollar MPLS, el incremento en la velocidad de proceso en los dispositivos de encaminamiento, ha declinado con la aparición de nuevos equipos más rápidos y potentes, como los denominados “**Gigabit routers**”.
- Si bien la posibilidad de apilar múltiples etiquetas aporta beneficios indudables, el incremento de la proporción de cabecera transportada contribuye a reducir el rendimiento de la red.
- Identificar mediante una etiqueta la calidad de servicio deseada no implica que esta solicitud se satisfaga. Es imprescindible que las tecnologías de red subyacentes provean los mecanismos necesarios para garantizar dicha calidad.
- MPLS está limitado al ámbito de conectividad de la Red del proveedor de Servicios.

### **2.2.3.3. Ventajas con Respecto otras Tecnología**

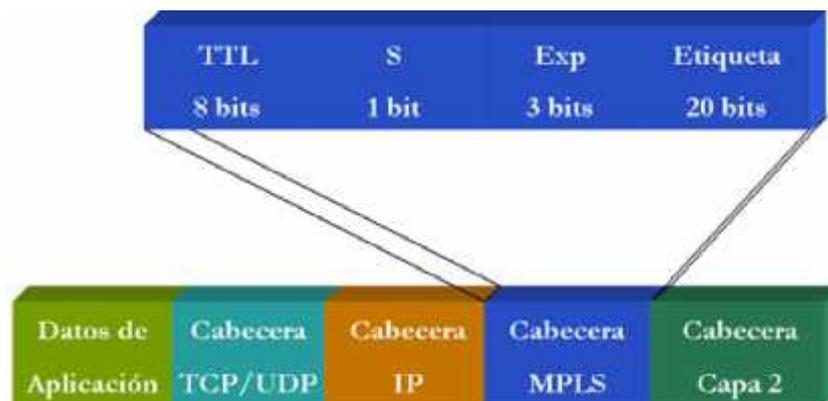
Fernández (2014) determinó que las ventajas de MPLS con respecto a las demás tecnologías con las siguientes:

- MPLS es un esquema de reenvío que es independiente tanto de la tecnología de nivel de red que esté sobre él, como de la de enlace que esté por debajo. Esto posibilita que se puedan aprovechar las tecnologías existentes mientras se migra a otras más modernas, facilitando así la recuperación de las inversiones en infraestructura de red.

- Es una tecnología escalable, gracias a la estructura de la pila de etiquetas MPLS es fácil construir jerarquías de dominios MPLS por lo que se puede pasar de ámbitos más reducidos a ámbitos más globales de forma casi transparente.
- Permite usar cualquier protocolo de encaminamiento y de distribución tradicional o de última generación.
- Permite aplicar técnicas de ingeniería de tráfico con lo que la red deja de ser un simple elemento físico de transporte de información y se vuelve mucho más versátil.
- Realiza una única clasificación de los paquetes entrantes al dominio MPLS por lo que éste proceso se reduce enormemente con respecto a tecnologías como IP.
- Proporciona una conmutación basada en etiquetas que es muy rápida y eficiente.
- MPLS tiene ventaja sobre IPSec ya que en las redes virtuales implementadas con dicha tecnología solo se aplican al backbone del proveedor de servicios, lo que provee un escenario transparente para el usuario final.

#### **2.2.4. Estructura de una Red MPLS**

La cabecera MPLS posee 32 bits de longitud, distribuidos en cuatro campos, cada uno con una función específica.



**Gráfico 7. Descripción de la Cabecera de la Red MPLS**  
(Javier Igor Doménico & Luna Victoria García, 2011)

- **Campo Label o Etiqueta:** En base a este campo, los LSR pueden efectuar la conmutación. Esta etiqueta es asignada por el Ingress LER según parámetros descritos en el LSA. Como se indicó antes, los LSP son los que cambian la etiqueta a lo largo de su recorrido para poder formar un túnel LSP y la última etiqueta es extraída por el Egress LER. (Gray, 2001)
- **Campo Experimental EXP:** Campo para uso experimental, pero actualmente se utiliza para transmitir información DiffServ por la creciente demanda de prioridades en el protocolo IP con lo que se tendrían ocho niveles de prioridad incluyendo el esquema de Best Effort. (Gray, 2001)
- **Campo Stacking:** Gracias a este campo, se tienen jerarquías de etiquetas. MPLS tiene la capacidad de etiquetar tráfico MPLS de una red vecina con lo que se forma una pila o stack. Toma el valor 1 para la primera entrada en la pila, y cero para el resto. (Gray, 2001)
- **Campo TTL Time to Live:** Al igual que en el protocolo IP, este campo sirve como un contador del número de saltos para poder evitar la creación de bucles o loops que se puedan generar en el envío de los paquetes etiquetados. Este campo reemplaza al TTL de la cabecera IP durante el viaje del datagrama por la red MPLS y es disminuido en una unidad por cada nodo por el que pasa; si llegase a cero en algún LSP, será descartado. (Gray, 2001)

## 2.2.5. Arquitectura de la Red MPLS

En la arquitectura de la red MPLS se deben vincular los elementos participantes y que además deben cumplir un papel fundamental en el funcionamiento de la red. Dichos elementos son detallados a continuación:

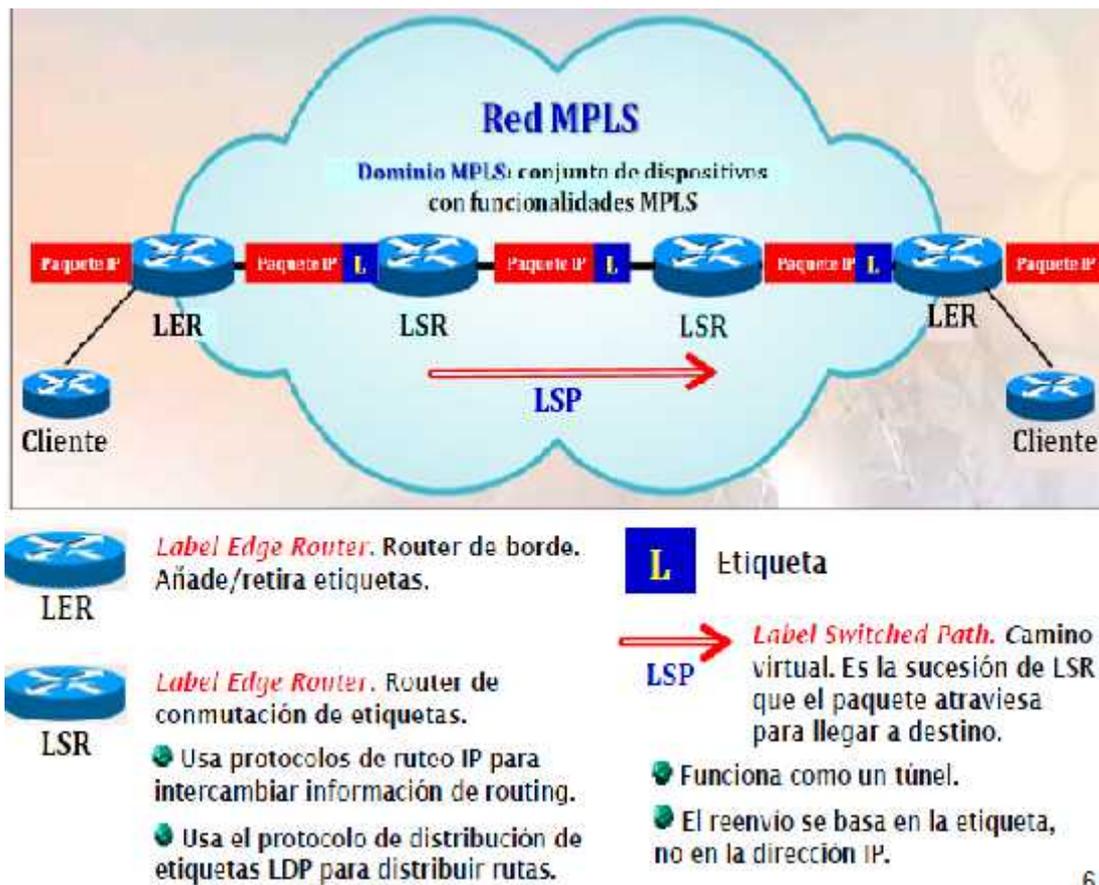


Gráfico 8. Componentes y Conceptos Básicos de la Red MPLS  
(Édison Coimbra, 2010)

### 2.2.5.1. Router Conmutador de Etiquetas (LRS: Label Switch Router)

El LSR es un router conmutador de etiquetas que basa su funcionamiento de envío en el chequeo de la etiqueta o pila de etiquetas que ha sido añadida a un paquete IP en la frontera de ingreso al dominio MPLS. (Gavilanes L. M., 2007)

No realiza funciones de chequeo de capa de red ya que para el envío basta con analizar la etiqueta contenida en el paquete IP etiquetado, la cual le indica su siguiente salto. El LSR remueve la etiqueta y asigna otra para indicar el siguiente salto dentro de la red MPLS. (Gavilanes L. M., 2007)



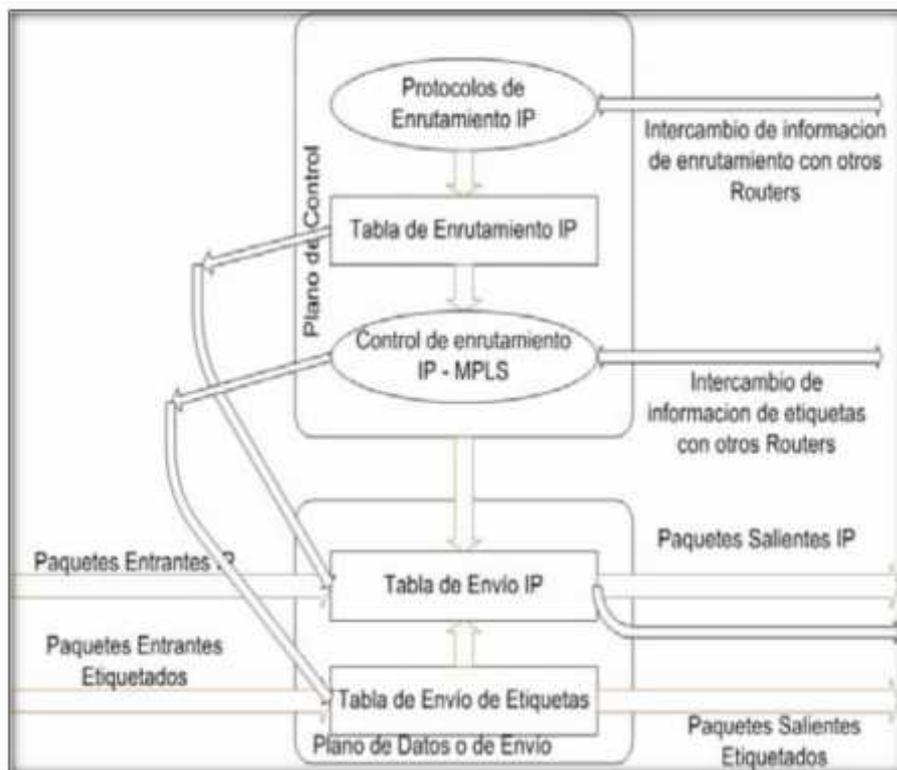
**Gráfico 9. Diagrama de Bloques del LSR**

(Luis Villegas Gavilanes, 2007)

### 2.2.5.2. Router de Frontera de Etiquetas (LER: Label Edge Router)

El LER es un enrutador el cual se encuentra en la frontera de una red MPLS. Se encarga de realizar y brindar funcionalidades de aplicaciones del cliente cuando esté conectado a la red de un proveedor MPLS. Este elemento se encuentra presente tanto en el ingreso como en el egreso de la red, cumpliendo las funciones principales de la misma. Estos enrutadores cumplen funciones ya sea para un Dominio MPLS como para un Dominio no MPLS. (Gavilanes A. B., 2007)

Cuando un paquete ingresa etiquetado a un LER de salida en la red MPLS, este dispositivo de red le realiza el chequeo correspondiente y al consultar con su tabla de etiquetas el LER de salida decide si el siguiente salto lo saca o no del dominio MPLS. Si el siguiente salto lo saca de la nube, el LER de salida removerá la etiqueta del paquete y lo enviara a su destino por enrutamiento convencional. Si el siguiente salto es una nube MPLS (puede ser él mismo LER, u otro dominio MPLS) el LER de salida mediante su tabla de etiquetas tomará la decisión correspondiente. (Jarrín, 2007)



**Gráfico 10. Diagrama de Bloques del LER**  
(Luis Villegas Gavilanes, 2007)

### 2.2.5.3. Clase Equivalente de Envío (FEC: Forwarding Equivalence Class)

La Clase Equivalente de Envío (FEC) hace referencia a un subconjunto de paquetes IP que son tratados de la misma forma por un ruteador (sobre la misma ruta y con el mismo tratamiento de envío).

Se puede decir que en el enrutamiento convencional, cada paquete está asociado a un nuevo FEC en cada salto. En MPLS la operación de asignar una FEC a un paquete solo se realiza una vez que el mismo ingrese a la red. (Jarrín, 2007)

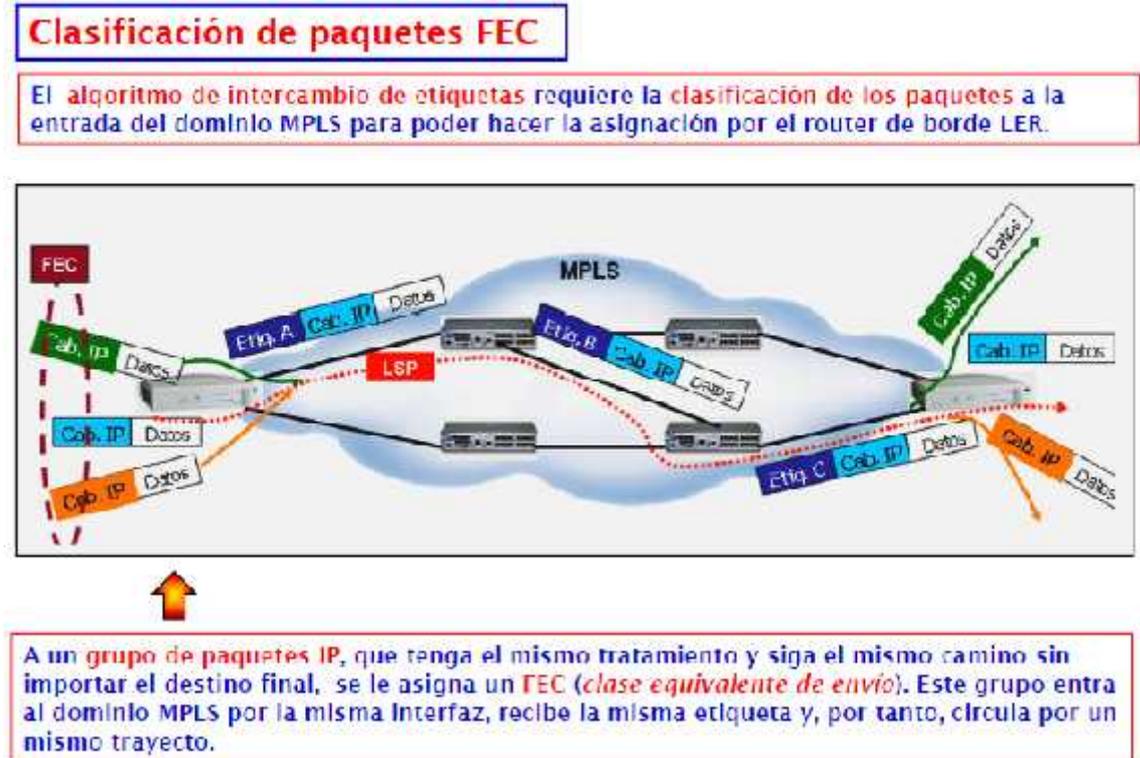


Gráfico 11. Clasificación de la Distribución de los Paquetes Fec

(Édison Coimbra, 2010)

#### 2.2.5.4. NHLFE (Next Hop Label Forwarding Entry)

Es una entrada a una tablade envío en la que se indica la etiqueta del siguiente hop. Por lo tanto, cuando un paquete entra a una red MPLS, se le asigna un determinado FEC. (Salviat, 2005)

#### 2.2.6. Etiquetas (Label)

La etiqueta en MPLS es un identificador de longitud corta y constante que se emplea para identificar una clase de envío equivalente (FEC), normalmente con carácter local. La etiqueta o pilas de etiquetas indican el camino que un paquete IP etiquetado



- También LDP realiza las negociaciones de las características relacionadas con tráfico y de las capacidades MPLS.
- Se usa un protocolo de transporte ordenado y confiable como protocolo de señalización. El LDP usa TCP.

### 2.2.6.2. La Pila de etiquetas (Label Stack)

En un modelo más general, MPLS soporta la colocación de múltiples etiquetas a un solo paquete; en este caso, se soporta un diseño de ruteo jerárquico. Estas etiquetas se organizan en una pila o “stack” con una forma last-in, first-out (LIFO), y forma la llamada pila de etiquetas o label stack. El principal empleo de la pila de etiquetas se tiene cuando se emplea una operación MPLS llamada Tunneling. (Salviat, 2005)

### 2.2.6.3. Uniones a Etiquetas

Las etiquetas son enlazadas a una FEC como resultado de algún evento o política que indica la necesidad por dicha etiqueta. Estos eventos de unión pueden ser divididos en dos categorías:

- **Uniones Data-Driven:** Ocurre cuando el tráfico comienza a fluir, éste es sometido al LSR y es reconocido como un candidato a label switching (usa la recepción de un paquete para disparar el proceso de asignación y distribución de etiquetas). Las uniones a etiquetas son establecidas sólo cuando son necesitadas y son asignadas a flujos individuales de tráfico IP, y no a paquetes individuales. (Salviat, 2005)
- **Uniones Control-Driven:** Se establecen como resultado de la actividad del plano de control y son independientes del flujo de datos. Las uniones pueden ser establecidas como respuesta a actualizaciones de ruteo (usa procesamiento de protocolos de ruteo como OSPF y BGP), o por la recepción de mensajes

RSVP (usa procesamiento de control de tráfico basado en peticiones).  
(Salviat, 2005)

#### **2.2.6.4. Distribución de Etiquetas**

En cuanto al proceso de distribución de etiquetas, se plantean conceptos que indican la dirección en que éste ocurre: upstream y downstream. Por ejemplo: tenemos dos LSRs, R1 y R2, y estos concuerdan en atar la etiqueta L a la FEC Z, para paquetes mandados de R1 a R2. Entonces se dice que con respecto a esta unión, R1 es el LSR upstream y R2 es el LSR downstream. Cuando se dice que un nodo es upstream y otro es downstream con respecto a una unión, significa “únicamente” que etiqueta en particular representa a una FEC en paquetes que viajan del nodo upstream al nodo downstream (significancia local de la etiqueta). Esto “no” implica que todos los paquetes de tal FEC tengan que ser necesariamente ruteados del nodo upstream al nodo downstream. (Salviat, 2005)

La arquitectura MPLS no reconoce solamente a un método de señalización para la distribución de etiquetas. Protocolos existentes han sido extendidos, de manera que la información de etiquetas pueda ser “cargada a costas” dentro de los contenidos del protocolos (por ejemplo BGP, o túneles RSVP). El IETF ha definido en paralelo con la arquitectura MPLS, un nuevo protocolo conocido como el Protocolo de Distribución de Etiquetas (LDP), para un explícito manejo y señalización del espacio de etiqueta. (Rodríguez, 2008)

También se han definido extensiones al protocolo LDP base, para soportar ruteo explícito basado en requerimientos QoS y CoS; estas extensiones se concentran en el protocolo Constraint-Based Label Distribution Protocol (CR-LDP). (Salviat, 2005)

Los principales protocolos existentes y sus principales características son LDP, RSVP, CR-LDP, Protocol-Independent Multicast (PIM) y BGP (en el caso de VPNs). (Salviat, 2005)

Es una manera de manejar tráfico dentro de una red, al agrupar tipos similares de tráfico en clases, y asignarles a cada clase una prioridad en el nivel de servicio. (Salviat, 2005)

#### **2.2.6.5. Control de Distribución de Etiquetas**

MPLS define dos modos de control para la distribución de etiquetas entre LSRs vecinos:

- **Control independiente:** En este modo, un LSR reconoce una FEC en particular y toma la decisión de unir una etiqueta a la FEC independientemente de distribuir la unión a sus LSR pares. (Tan, 2004)
- **Control Ordenado:** En este modo, un LSR une una etiqueta a una FEC dado, si y solo si se trata de un LER. Es decir, que el LER o también llamado label manager, es responsable de la distribución de etiquetas. (Salviat, 2005)

#### **2.2.6.6. Esquemas de Distribución de Etiquetas**

En la arquitectura MPLS, la decisión de unir una etiqueta en particular a una FEC en particular se realiza por el LSR que es downstream con respecto a dicha unión. Entonces el LSR downstream informa al LSR upstream de la unión. (Barberá, 2007)

Por lo tanto las etiquetas son asignadas en tendencia downstream, y las uniones de etiquetas son distribuidas en dirección downstream a upstream. (Barberá, 2007)

Con un control ordenado, la distribución de etiquetas puede ser disparada por el uso de dos posibles escenarios o esquemas: (Barberá, 2007)

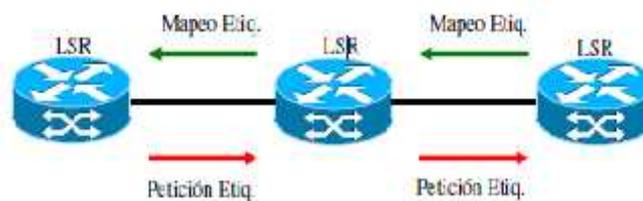
- **Distribución de Etiquetas Downstream (no solicitada) – DOU:** En este método se permite que un LSR distribuya las uniones de etiquetas a LSRs que no los han requerido. (Barberá, 2007)
- **Distribución de etiquetas Downstream-on-Demand (solicitada) – DOD:** Permite a un LSR requerir explícitamente, al siguiente hop de una FEC en particular, una unión de etiqueta para dicha FEC. (Barberá, 2007)

#### 2.2.6.7. Fusión de etiquetas (Label Merging)

Los flujos de tráfico entrantes a un ruteador provenientes de diferentes interfaces, pueden ser fusionados y conmutados usando una etiqueta en común, si y solo si están viajando rumbo a un mismo destino. Esto es conocido como una fusión de flujos o agregación de flujos. (Barberá, 2007)

#### 2.2.6.8. Mecanismos de Señalización

- **Petición de Etiquetas (label request):** Usando este mecanismo, un LSR hace una petición de etiqueta a su vecino downstream, de manera que la pueda unir a una FEC específica. Este mecanismo puede ser empleado por toda la cadena de LSRs hasta el LER de egreso. (Barberá, 2007)
- **Mapeo de Etiquetas (label mapping):** En respuesta a una petición de etiqueta, un LSR downstream entonces manda (mapea) una etiqueta al LSR upstream correspondiente, usando este mecanismo de mapeo. (Barberá, 2007)



**Gráfico 13. Mecanismo de Señalización**  
(Luis Miguel Salviat Cortés, 2005)

### **2.2.6.9. Proceso de Envío en MPLS y tablas que lo asisten**

Un ruteador MPLS tiene como primera obligación, el procesar paquetes con etiquetas entrantes. A veces a esta información se le llama tabla cross connect (de interconexión), o en términos más adecuados y usados se le llama tabla NHLFE (Next Hop Label Forwarding Entry). Una tabla de este tipo se utiliza para el envío de paquetes etiquetados. (Morales, 2007)

La principal ventaja de usar estas tablas en vez del tradicional ruteo, es que esta información puede ser procesada como datos de tipo Capa 2, donde el procesamiento es considerablemente más rápido que el ruteo. (Morales, 2007)

La tabla NHLFE está formada principalmente por todas las etiquetas que pueden ser encapsuladas dentro de los paquetes. Cada NHLFE contiene: el siguiente salto (next hop) del paquete, y la operación que la pila de etiquetas debe ejecutar, que es la siguiente: (Morales, 2007)

- Reemplazar la etiqueta que se encuentra primera en la pila con una nueva etiqueta específica.
- Ejecutar un “pop” en la pila.
- Repite el paso 1, y después ejecuta un “push” de una o varias nuevas etiquetas en la pila.

Después de ejecutar el pop en la pila, la etiqueta obtenida se agrega al paquete, y es entonces cuando el paquete es enviado al siguiente hop por medio de la interfaz de salida. (Morales, 2007)

Como la NHLFE se encuentra en la interfaz de transmisión, la tabla no necesita almacenar información de la interfaz de salida.

La estructura de datos (tabla) con la que un LSR interpreta etiquetas entrantes es llamada Mapa de Etiquetas Entrantes o Incomig Label Map (ILM). Una tabla ILM se forma de todas las etiquetas entrantes que un LSR o LER de egreso puede reconocer. (Morales, 2007)

El contenido de cada entrada ILM es: etiqueta, código de operación, FEC y un campo opcional que contiene un enlace a la estructura de salida utilizada para el envío de los paquetes (NHLFE). Cada interfase lógica del LSR almacena su propia tabla ILM. (Morales, 2007)

En el caso de un LER de ingreso, existe una estructura que tiene el propósito de ayudarle al ruteador a decidir que etiquetas agregar a un paquete en particular. Esta estructura es llamada FEC-to-NHLFE (FTN), es decir un mapeo de cada FEC a un conjunto de NHLFEs. Se usa para enviar paquetes que llegan no etiquetados, y que van a serlo antes de ser enviados. Una entrada FTN está formada por: una FEC y una entrada NHLFE. El procesamiento general que realiza esta tabla es la siguiente: (Salviat, 2005)

- Decide a que FEC pertenece un paquete.
- Encuentra la FEC dentro de la tabla FTN.
- Envía el paquete a la entrada NHLFE que corresponde a la FTN.

En resumen: un LSR usa el mapeo FTN para enviar paquetes no etiquetados, y usa mapeo ILM cuando se trata de enviar paquetes etiquetados. (Salviat, 2005)

#### **2.2.6.10. Retención de etiquetas**

Canalis (2003) define la arquitectura MPLS como el tratamiento para uniones FEC/etiquetas en LSRs que no son el siguiente hop de una FEC en particular. Se definen dos modos:

- **Conservativo:** En este modo, las uniones FEC/etiqueta recibidas por LSRs que no son el siguiente hop dentro de una FEC en particular son descartadas.
- **Liberal:** En este modo, las uniones recibidas por LSRs que no son el siguiente hop de la FEC son retenidas.

#### **2.2.6.11. Ruta Conmutada de Etiquetas (LPS: Label Switched Path)**

El LSP es la ruta construida a base de concatenar uno o más LSRs dentro de un nivel jerárquico por el que un paquete etiquetado y perteneciente a una determinada clase puede circular. En MPLS todos los paquetes pertenecientes a una misma clase equivalente de envío circulan por el mismo LSP. (Gavilanes L. M., 2007)

##### **2.2.6.11.1. Tipos de LSP**

MPLS provee tres opciones para establecer una LSP:

- **Ruteo hop-by-hop**

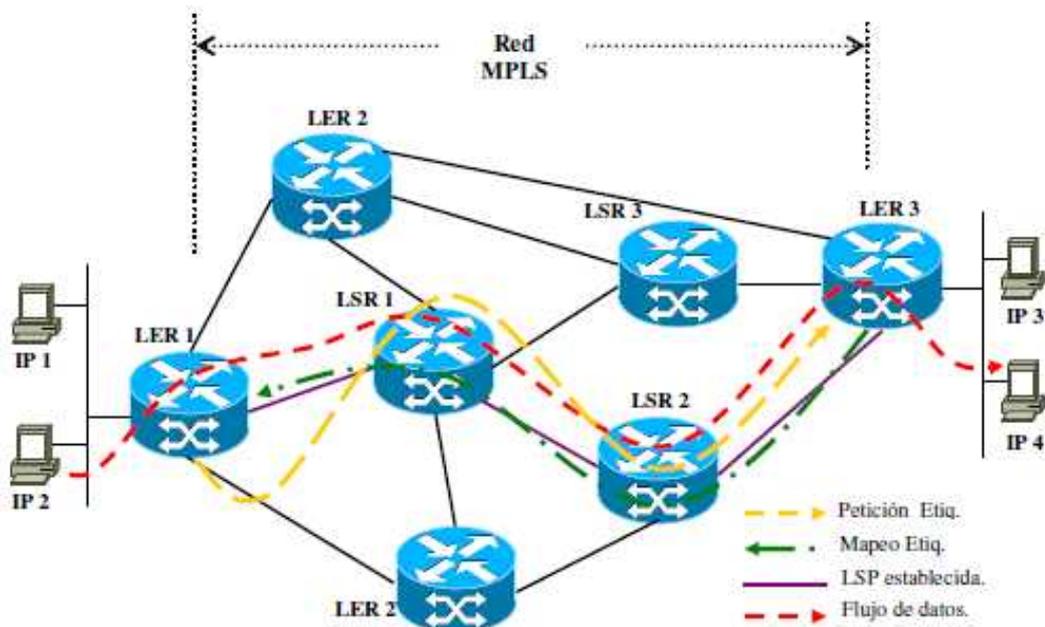
Cada LSR selecciona independientemente el siguiente hop para una FEC dada. Esta metodología es similar a la que se usa en redes IP. El LSR usa cualquiera de los protocolos de ruteo disponibles. (Salviat, 2005)

- **Ruteo explícito**

El LSR de ingreso especifica la lista de nodos por la cual viaja la trayectoria explícita. Sin embargo, la ruta especificada puede ser no óptima. A lo largo de su trayectoria, los recursos deben ser reservados para asegurar una calidad de servicio para el tráfico de datos. Esto se puede realizar mediante el concepto de ingeniería de tráfico. (Salviat, 2005)

- **Ruteo Mediante un Algoritmo**

Por último está el ruteo mediante un algoritmo a base de restricciones en donde se toman en cuenta los requisitos de varios flujos de paquetes y los recursos disponibles en cada salto y en diferentes nodos. Una red MPLS que implementa esta técnica de selección de rutas está consciente en todo momento de la utilización de los recursos, de la capacidad disponible y de los servicios proporcionados. (Gray, 2001)



**Gráfico 14. Esquema de Operacional de la Red MPLS**

(Luis Miguel Salviat Cortés, 2005)

A continuación se especifica paso a paso las operaciones MPLS, que se realizan con respecto a un paquete que entra al dominio MPLS.

#### **2.2.6.11.2. Creación de Tablas**

- Cuando un LSR recibe las uniones a etiquetas crea entradas para la base de información de etiquetas (LIB). Los contenidos de la LIB especifican el mapeo entre una etiqueta y una FEC.

- El mapeo entre la tabla de puertos y etiquetas de entrada con la tabla de puertos y etiquetas de salida.
- Las entradas son actualizadas cada vez que se efectúa una renegociación de las uniones a etiquetas. (Salviat, 2005)

### Tabla de etiquetas

Cada línea en la tabla de etiquetas o tabla de envío MPLS, contiene un par de etiquetas E/S correspondiente a cada interfaz.



En los routers de borde LER sólo hay una etiqueta.

El algoritmo de intercambio de etiquetas permite la creación de caminos virtuales conocidos como LSP (Label-Switched Path), equivalente a los PVC de ATM.

**Gráfico 15. Tabla de Etiquetas de un Router de Conmutación LSR**

(Edison Coimbra G., 2010)

### 2.2.6.11.3. Inserción de etiquetas y chequeo de tablas

- El LER de ingreso usa la tabla LIB para encontrar el siguiente hop, y hace una petición de una etiqueta para una FEC en particular.
- Los LSRs subsecuentes solo usan la etiqueta para encontrar el siguiente hop.
- Una vez que un paquete llega al LER de egreso, la etiqueta es removida y el paquete es entregado a su destino. (Salviat, 2005)

## 2.2.7. Aplicaciones de la Red MPLS

La potencialidad de MPLS consiste en que ha dado origen a una serie de aplicaciones como Ingeniería de Tráfico, Manejo de Clase de Servicio y Redes Privadas Virtuales (VPN), que hacen del concepto de convergencia una realidad. (Tejedor, 2012)

### 2.2.7.1. Ingeniería de Tráfico

La Ingeniería de Tráfico (TE) es una disciplina que procura la optimización del rendimiento de las redes operativas, abarca la aplicación de la tecnología y los principios científicos a la medición, caracterización, modelado, y control del tráfico que circula por la red. Las mejoras del rendimiento de una red operacional, en cuanto a tráfico y modo de utilización de recursos, son los principales objetivos de la Ingeniería de Tráfico, esto se consigue enfocándose a los requerimientos del rendimiento orientado al tráfico, mientras se utilizan los recursos de la red de una manera fiable y económica. (Martín, 2009)

Una ventaja práctica de la aplicación sistemática de los conceptos de ingeniería de tráfico a las redes operacionales es que ayuda a identificar y estructurar las metas y prioridades en términos de mejora de la calidad de servicio dado a los usuarios finales de los servicios de la red, la aplicación de los conceptos ayuda en la medición y análisis del cumplimiento de éstas metas. (Martín, 2009)

La ingeniería de tráfico se subdivide en dos ramas principalmente diferenciadas por sus objetivos: (Martín, 2009)

- **Orientada a Tráfico:** Esta rama tiene como prioridad la mejora de los indicadores relativos al transporte de datos, como por ejemplo: minimizar la pérdida de paquetes minimizar el retardo, maximizar el throughput, obtener distintos niveles de acuerdo para brindar calidad de servicio, etc. (Martín, 2009)

- **Orientada a Recursos:** La optimización de la utilización de los recursos de la red, de manera que, no se saturen partes de la red mientras otras permanecen subutilizadas, tomando principalmente el ancho de banda como recurso a optimizar. (Martín, 2009)

Ambas ramas convergen en un objetivo global, que es minimizar la congestión. Un reto fundamental en la operación de una red, es incrementar la eficiencia de la utilización del recurso mientras se minimiza la posibilidad de congestión. (Martín, 2009)

Los paquetes luchan por el uso de los recursos de la red cuando se transportan a través de la red. Un recurso de red se considera que está congestionado si la velocidad de entrada de paquetes excede la capacidad de salida del recurso en un intervalo de tiempo. (Martín, 2009)

La congestión puede hacer que algunos de los paquetes de entrada sean retardados e incluso descartados. La congestión aumenta los retardos de tránsito, las variaciones del retardo, la pérdida de paquetes, y reduce la previsión de los servicios de red. (Martín, 2009)

Claramente, la congestión es un fenómeno nada deseable y es causada por ejemplo por la insuficiencia de recursos en la red. (Martín, 2009)

En casos de congestión de algunos enlaces, el problema se resolvía a base de añadir más capacidad a los enlaces. (Martín, 2009)

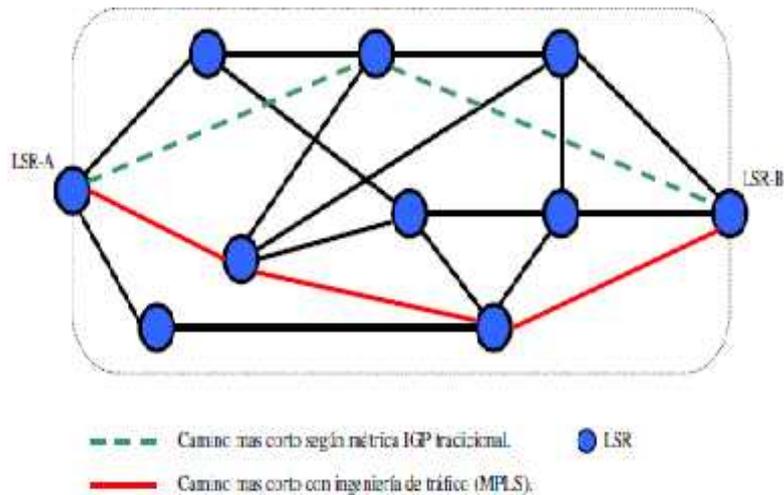
La otra causa de congestión es la utilización ineficiente de los recursos debido al mapeado del tráfico. El objetivo básico de la Ingeniería de Tráfico es adaptar los flujos de tráfico a los recursos físicos de la red. (Martín, 2009)

La idea es equilibrar de forma óptima la utilización de esos recursos, de manera que no haya algunos que estén sobre-utilizados, creando cuellos de botella, mientras otros puedan estar subutilizados. En general, los flujos de tráfico siguen el camino más corto calculado por el algoritmo IGP correspondiente. (Martín, 2009)

La Ingeniería de Tráfico consiste en trasladar determinados flujos seleccionados por el algoritmo IGP sobre enlaces más congestionados, a otros enlaces más descargados, aunque estén fuera de la ruta más corta (con menos saltos). (Martín, 2009)

En resumen Martín (2009) determina que la Ingeniería de Tráfico provee de capacidades para realizar lo siguiente:

- Mapear caminos primarios alrededor de conocidos cuellos de botella o puntos de congestión en la red.
- Lograr un uso más eficiente del ancho de banda agregado disponible, asegurando que subgrupos de la red no se vuelvan sobre-utilizados, mientras otros subgrupos de la red son inutilizados a lo largo de caminos potenciales alternativos.
- Maximizar la eficiencia operacional.
- Mejorar las características de la performance del tráfico orientado de la red, minimizando la pérdida de paquetes, minimizando períodos prolongados de congestión y maximizando el throughput.
- Mejorar las características estadísticas de los límites de la performance de la red (como ser tasa de pérdidas, variación del delay y delay de transferencia).
- Proveer de un control preciso sobre cómo el tráfico es re-enrutado cuando el camino primario se enfrenta con una sola o múltiples fallas. (Martín, 2009)



**Gráfico 16. Comparación de Camino IGP v/s TE**

(Adrián Delfino & Sebastián Rivero & Marcelo San Martín, 2009)

### 2.2.7.1.1. Beneficios principales de ingeniería de tráfico MPLS

- Permite al eje troncal (backbone) expandirse sobre las capacidades de la ingeniería de tráfico de las redes de Modo de Transferencia Asíncrona (ATM) y Frame Relay (FE) de Capa 2. (Véase modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos OSI). (Barberá, 2007)
- La ingeniería de tráfico es esencial para los ejes troncales de proveedores de servicios. Dichos ejes deben soportar un uso elevado de su capacidad de transmisión. (Canalis, 2003)
- Utilizando MPLS las capacidades de ingeniería de tráfico son integradas a la Capa 3 (OSI) lo que optimiza el ruteo de tráfico IP gracias a las pautas establecidas por la topología y las capacidades de la troncal. (Tejedor, 2012)
- La ingeniería de tráfico MPLS rutea el flujo de tráfico a lo largo de la red basándose en los recursos que dicho flujo requiere y en los recursos disponibles en toda la red. (Canalis, 2003)

- MPLS emplea la ruta más corta que cumpla con los requisitos del flujo de tráfico, que incluye: requisitos de ancho de banda, de medios y de prioridades sobre otros flujos. (Tejedor, 2012)

#### **2.2.7.1.2. ¿Cómo funciona la Ingeniería de Tráfico MPLS?**

- El flujo de paquetes viaja a través de un túnel de datos en el eje troncal creado por el Protocolo de Reserva de Recursos (*RSVP*), la ruta de dicho túnel está dada por los requisitos de recursos del túnel y de la red (*constraint-base drouting*). El Protocolo de Enrutamiento Interno (*IGP*) rutea el tráfico a dichos túneles. (Rekhter, 2000)
- Con un buen manejo del tráfico en las redes, se pueden evitar congestionamientos, mejorar el desempeño general y reducir la latencia y el desecho de paquetes. En pocas palabras se maximiza la capacidad de la red y se minimizan los costos. (Rekhter, 2000)

#### **2.2.7.1.3. Aplicaciones de Ingeniería De Tráfico**

La ingeniería de tráfico tiene muchas aplicaciones, por ejemplo podría utilizarse ingeniería de tráfico cuando:

- Se presente algún problema con los enlaces ya que esto hace que un LSP no funcione, en este momento se puede habilitar un camino o varios alternativos para evitar que la comunicación se interrumpa. (GARCIA, 2008)
- Los protocolos de encaminamiento que eligen el camino más corto de los posibles pueden provocar que, pese a existir caminos alternativos, sólo se utilice uno y por tanto se sature, con ingeniería de tráfico se puede desviar parte de este tráfico por otro camino posible. (GARCIA, 2008)

- Cuando se requiere que cierto tráfico fluya por un LSP concreto. (GARCIA, 2008)

#### **2.2.7.1.4. Balanceo de Carga**

El Balanceo de Carga es un aspecto clave en los esquemas de TE aplicados a las redes IP. Es utilizado como un mecanismo para la asignación adaptativa de tráfico a los enlaces de salida disponibles, dicha asignación se realiza de acuerdo al estado actual de la red; el conocimiento de dicho estado puede estar basado en la utilización, retardo del paquete, pérdida del paquete, etc. (Black, 2001)

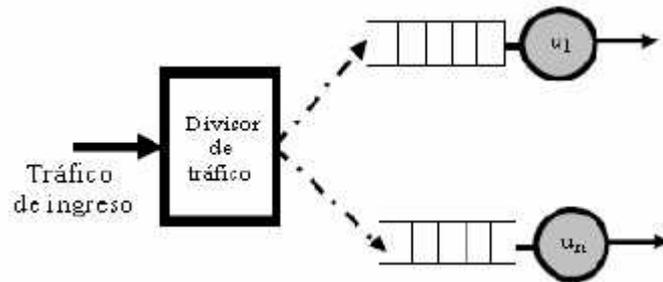
Por tal razón, la eficiencia de cualquier mecanismo de balanceo de carga depende crucialmente del proceso de medidas del tráfico que ingresa a la red y se requiere una gran habilidad para controlarlo de forma precisa, dada la naturaleza dinámica del mismo. (Black, 2001)

Por regla general, las decisiones y operaciones relacionadas con el balanceo de carga se realizan en los nodos de ingreso, quienes tienen, un mejor conocimiento del tráfico que se inyecta a la red. (Black, 2001)

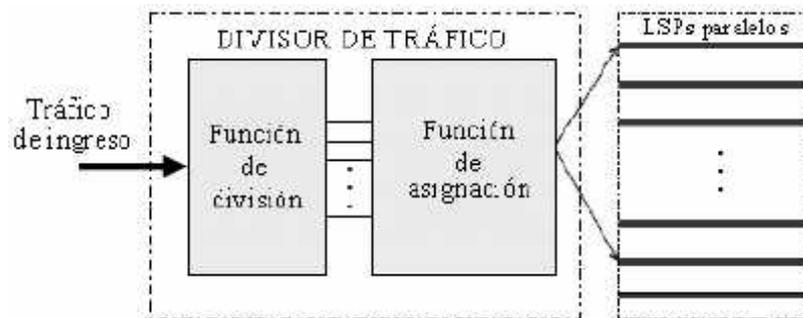
Los nodos intermedios se encargan de realizar funciones de re-envío y en ciertos casos de recolectar información sobre el tráfico en la red y enviarla al nodo de ingreso. (Black, 2001)

El Balanceo de Carga (Load Balancing), también conocido como Compartición de Carga (Load Sharing) o División de Tráfico (Traffic Splitting) es un mecanismo importante para mejorar el funcionamiento (en aspectos de caudal, retardo, jitter y pérdidas) y las prestaciones de la red. (Black, 2001)

Un sistema de balanceo de carga comprende regularmente un Divisor de Tráfico (Traffic Splitter) y múltiples enlaces de salida (Outgoing Links). (Black, 2001)



**Gráfico 17. Modelo básico de referencia para balanceo de carga**  
(Luis Miguel Cortés Salviat, 2007)



**Gráfico 18. Modelo Funcional para balanceo de carga**  
(Luis Miguel Cortés Salviat, 2007)

- **La Función de División:** Encargada de repartir el tráfico entrante en porciones adecuadas y acorde a las capacidades de los enlaces de salida y garantizando mantener la secuencia de los paquetes. (Bruce S. Davie, 2008)
- **La Función de Asignación:** Constituye la parte del mecanismo de balanceo de carga encargada de determinar a cuál LSP y en qué momento entregarle la porción de tráfico que debe transportar. (Bruce S. Davie, 2008)

Los mecanismos de balanceo de carga son clasificados de forma aproximada en dos grupos principales:

- **Basados en Conexión:** Donde los flujos de datos son representados con un reducido número de parámetros, y las decisiones de encaminamiento y reenvío afectan a todo el flujo. (Bruce S. Davie, 2008)

- **Basados en Paquetes:** Se aplican cuando la división de carga trabaja a nivel de paquete, la cual está bien adaptada a la naturaleza no orientada a conexión de las redes IP. (Bruce S. Davie, 2008)

Un buen sistema de balanceo de carga deberá ser capaz de dividir el tráfico entre múltiples enlaces de salida de forma equitativa o mediante alguna proporción predefinida. (Bruce S. Davie, 2008)

Los requerimientos básicos que los esquemas de división de tráfico deben satisfacer para poder realizar balanceo de carga son:

- **Baja Sobrecarga:** Los algoritmos de división de tráfico deben ser muy simples y preferiblemente no tener estados o que estos sean reducidos, pues el procesamiento de cada paquete generaría demasiada sobrecarga. (Peralta, 2012)
- **Alta Eficiencia:** Una distribución de tráfico muy desigual, puede resultar en una utilización poco uniforme del enlace y en pérdida de ancho de banda (Peralta, 2012).
- **Conservar el orden de los paquetes en los flujos:** Los paquetes mal ordenados dentro de un flujo TCP pueden producir señales de congestión erróneas y hacer que se produzca una degradación del throughput. (Peralta, 2012)

Los algoritmos de balanceo de carga en MPLS, se desarrollan en base a que MPLS es por naturaleza una tecnología de backbone para redes IP que conectaría a muchos ISP (Internet Service Provider). (Peralta, 2012)

Dado que entre los ISP's de hoy existen múltiples trayectos con el fin de garantizar un buen nivel de redundancia y tener un buen nivel de disponibilidad, los trayectos paralelos pueden ser aprovechados para realizar una división adecuada del tráfico que entra en la red y repartirlo correctamente entre todos aquellos enlaces disponibles. (Bruce S. Davie, 2008)

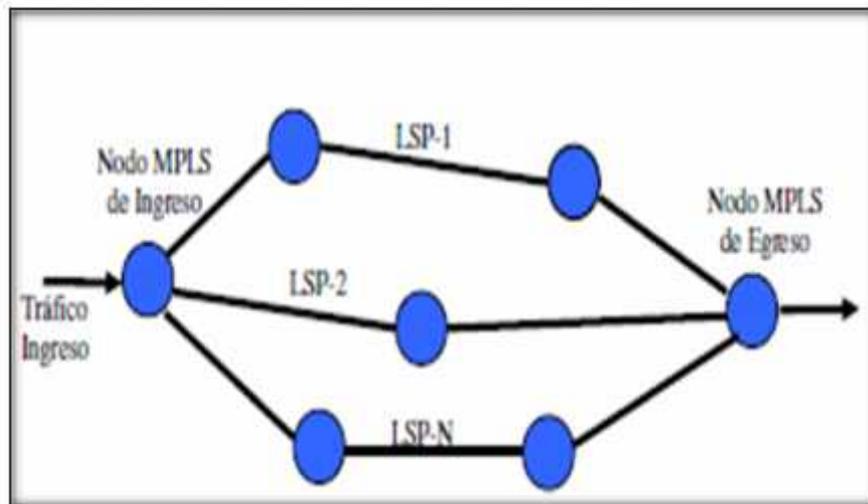


Gráfico 19. Descripción de LSPs paralelos de la Red MPLS

(Luis Miguel Cortés Salviat, 2007)

#### 2.2.7.1.5. Algoritmos de Balanceo de Carga

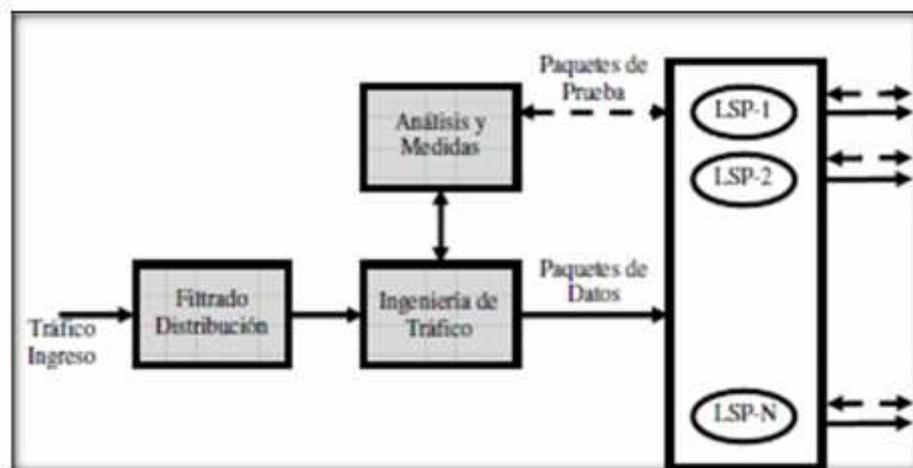
Los inconvenientes presentes en las redes actuales que impiden lograr un adecuado balanceo de carga tienen relación con el algoritmo de encaminamiento que utilizan, el cual fundamentalmente es el algoritmo del Camino más Corto (Shortest Path). Con este algoritmo, cada paquete que entra en la red buscará el camino de menor número de saltos que le permita alcanzar el destino, el cual regularmente para todos los paquetes es el mismo, así existan en la red otros caminos con mayor número de saltos pero mucho más rápidos. (Gray, 2001)

Esto degrada el funcionamiento de la red en aspectos como: la congestión que se produce sobre el enlace del camino más corto, disminución del throughput efectivo de la red, entre otros. Dentro de las propuestas de balanceo de carga que se pueden encontrar en la literatura, destacan las siguientes:

- **Mate (MPLS Adaptive Traffic Engineerin)**

El objetivo principal de Mate es evitar la congestión en la red mediante el balanceo adaptativo de la carga entre múltiples trayectos, basado en medidas y análisis de la congestión. Algunas de sus características: (Gavilanes A. B., 2007)

- Control extremo a extremo entre los nodos de ingreso y egreso.
- No se requiere nuevo hardware o protocolo en los nodos intermedios.
- No se requiere conocer la demanda de tráfico.
- Las decisiones de optimización están basadas en la medida de congestión del trayecto.
- Mínimo re-ordenamiento de paquetes.



**Gráfico 20. Esquema Funcional de Mate**

(Luis Miguel Cortés Salviat, 2007)

La red MATE define Engineered Traffic como el tráfico que requiere ser balanceado y Cross Traffic como el tráfico que ingresa a la red a través de los nodos intermedios y sobre los cuales no se tienen ningún tipo de control. (Gavilanes A. B., 2007)

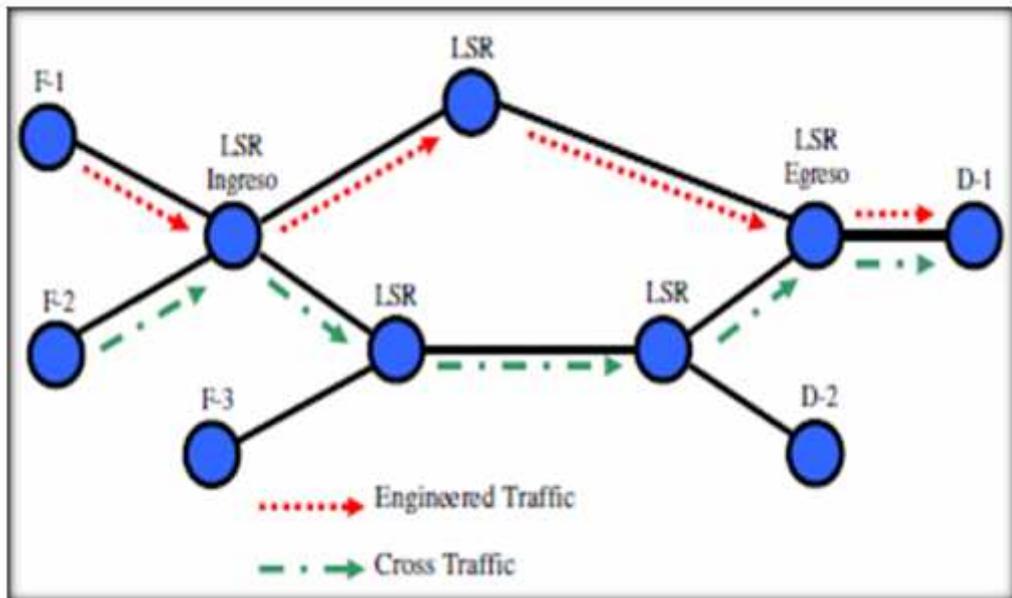


Gráfico 21. Clases de Tráfico Definidos por Mate

(Luis Miguel Cortés Salviat, 2007)

Estas funciones están ubicadas en el nodo de ingreso de la red MPLS y se describen brevemente a continuación: (Gavilanes A. B., 2007)

- Los paquetes entrantes al nodo de ingreso de la red MPLS llegan al bloque funcional de Filtrado y Distribución, quien es el responsable de distribuir el tráfico entre los diferentes LSP's, de tal forma que se evite que los paquetes que llegan al destino lo hagan fuera de secuencia.
- La función de Ingeniería de Tráfico, consiste de dos fases, Monitorización y Balanceo de Carga. Es responsable de decidir cuándo y cómo se conmuta el tráfico entre los LSP's. Esto se realiza mediante estadísticas, las cuales son obtenidas de las medidas realizadas sobre los paquetes de prueba.
- La función de Análisis y Medidas, es responsable de obtener estadísticas de los LSP's (en un solo sentido) tales como el retardo y la pérdida de paquetes. Esto se logra mediante el envío periódico de paquetes de prueba desde el nodo emisor hasta el nodo receptor y la devolución posterior del mismo.

- **Topology-based Static Load Balancing Algorithm (TSLB)**

Este algoritmo es una mejora del camino más corto (Shortest Path). En este algoritmo, un nuevo tráfico es encaminado en primer lugar a través del camino más corto; si dicho camino tiene la capacidad suficiente para satisfacer el ancho de banda solicitado por el nuevo tráfico el camino se establece. Si este primer camino no cumple con las necesidades del tráfico entrante se buscará el siguiente trayecto hasta encontrar un camino que satisfaga el requerimiento. Si no se encuentra un camino que cumpla con el requerimiento el algoritmo falla. (Gavilanes L. M., 2007)

El principal inconveniente radica en que dado que las fuentes de tráfico transmiten aleatoriamente, un tráfico bajo tomará el camino más corto aunque éste tenga una capacidad muy superior a la requerida, distribuyendo por tanto el tráfico de forma poco razonable y disminuyendo la utilización de los recursos de la red y el throughput. (Gavilanes A. B., 2007)

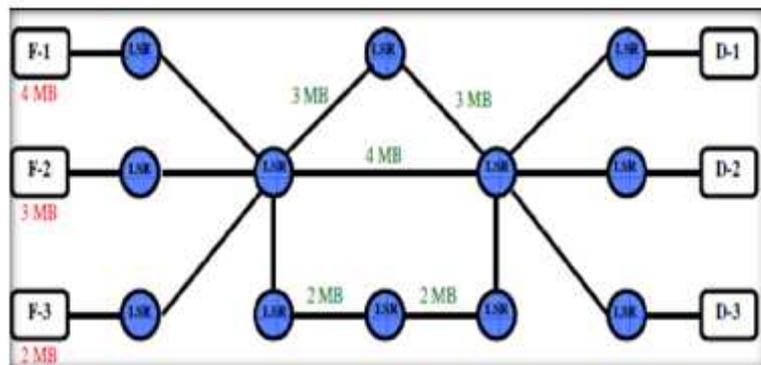


Gráfico 22. Topología de referencia para los algoritmos TSLB, RSLB, DLB  
(Luis Miguel Cortés Salviat, 2007)

- **Resource-based Static Load Balancing Algorithm (RSLB)**

Cuando un tráfico nuevo llega a la entrada, este seleccionará la ruta cuya capacidad disponible sea un tanto mayor a la solicitada por el nuevo flujo. Por tanto, este algoritmo podrá reservar las rutas de mayor capacidad para tráficos futuros que la requieran. (Gavilanes L. M., 2007)

El inconveniente de este algoritmo aparece con fuentes de tráfico que puedan tener una tasa de envío inestable, fluctuando en un rango especial.

Esta fluctuación en el tráfico puede conducir a pérdida de paquetes, especialmente cuando la tasa de ráfagas de la fuente excede la capacidad del enlace. (Gavilanes L. M., 2007)

- **Dynamic Load Balancing Algorithm (DLB)**

DLB toma en cuenta la topología de red y los requerimientos de ancho de banda simultáneamente. En condiciones de baja carga, los flujos de tráfico pueden ser repartidos sobre la ruta disponible más corta y de mayor capacidad; cuando la carga de la red cambie y se torne el tráfico más pesado, los flujos pequeños pueden ser reencaminados a otras rutas apropiadas y así reservar los enlaces de alta capacidad para los flujos que lo requieran. (Gavilanes L. M., 2007)

El inconveniente presentado por este algoritmo se da por el hecho de que los tiempos de re encaminamiento de los flujos previamente establecidos que se deben acomodar nuevamente deben ser muy rápidos ya que de lo contrario existirán pérdidas de información. (Gavilanes L. M., 2007)

- **DYLBA (Dynamic Load Balancing Algorithm)**

Es un algoritmo que implementa una técnica de búsqueda local, donde el proceso básico es la modificación de la ruta para un único LSP. La idea fundamental que utiliza es la de reencaminar eficientemente LSP's de los enlaces más congestionados. (Tan, 2004)

Para los enlaces establecidos se definen procedimientos para monitorear su capacidad y se definen umbrales de congestión. (Tan, 2004)

Los LSP's más congestionados son identificados por la mínima capacidad disponible en la red. Para realizar el cálculo de la ruta explícita y ejecutar el algoritmo de balanceo de carga, cada encaminador en la red necesita conocer la topología actual y las capacidades residuales de cada enlace, para determinar e identificar los enlaces más congestionados. Se asume que cada encaminador en la red MPLS ejecuta el algoritmo Estado del Enlace (Link State) con extensiones para conocimiento de ancho de banda residual (Residual Bandwidth Advertisements). (Tan, 2004)

Cuando el establecimiento de un nuevo LSP produce la detección de congestión sobre uno de los enlaces de la red (cuando solo se dispone de una cantidad  $x$  de ancho de banda residual) el algoritmo de balanceo y el proceso de re encaminamiento entran en funcionamiento. (Tan, 2004)

Un parámetro crítico en el algoritmo es la definición del umbral usado para detectar los enlaces congestionados. (Tan, 2004)

#### **2.2.7.2. Calidad de Servicio (QoS) y Clases de Servicios (CoS)**

Una de las características clave de MPLS, comparado con redes tradicionales como Frame Relay y ATM, es que está diseñado para proveer servicios garantizados. Es decir, que según los requisitos de los usuarios, permite diferenciar servicios tradicionales tales como el WWW, el correo electrónico o la transferencia de ficheros (para los que el retardo no es crítico), de otras aplicaciones mucho más dependientes del retardo y de la variación del mismo, como son las de video y voz interactiva. (Black, Uyles D., 2000)

QoS y clases de servicios factores fundamentales de esta tecnología pueden ser implementados a través de ingeniería de tráfico. Esta capacidad permite proveer a los distintos usuarios; un servicio de nivel estable (Service level Agreements, SLAs) en aspectos como: ancho de banda, tiempo de demora, y variación del mismo. (Robert Lloyd-Evans, 2002)

Generando un valor agregado a los prestadores de servicios y proponiendo a estos últimos la migración hacia estas redes. (Robert Lloyd-Evans, 2002)

#### **2.2.7.2.1. ¿Por qué la importancia de QoS?**

En los últimos años el tráfico de redes ha aumentado considerablemente, la necesidad de transmitir cada vez más información en menos tiempo, como video y audio en tiempo real (*streaming media*). La solución no es solo aumentar el ancho de banda (*bandwidth*) cada vez más, ya que en la mayoría de los casos esto no es posible y además es limitado. Es aquí donde la administración efectiva de recursos que provee QoS entra a relucir. (Black, Uyles D., 2000)

#### **2.2.7.2.2. Beneficios principales de QoS**

QoS trabaja a lo largo de la red y se encarga de asignar recursos a las aplicaciones que lo requieran, dichos recursos se refieren principalmente al ancho de banda. Para asignar estos recursos QoS se basa en prioridades, algunas aplicaciones podrán tener más prioridades que otras, sin embargo se garantiza que todas las aplicaciones tendrán los recursos necesarios para completar sus transacciones en un periodo de tiempo aceptable. (Robert Lloyd-Evans, 2002)

QoS otorga mayor control a los administradores sobre sus redes, mejora la interacción del usuario con el sistema y reduce costos al asignar recursos con mayor eficiencia (*bandwidth*). (Robert Lloyd-Evans, 2002)

Mejora el control sobre la latencia (*Latency y jitter*) para asegurar la capacidad de transmisión de voz sin interrupciones y por ultimo disminuye el porcentaje de paquetes desechados por los enrutadores: confiabilidad (*Reliability*). (Robert Lloyd-Evans, 2002)

### 2.2.7.2.3. InterServ y DiffServ

Varios mecanismos son los que utiliza MPLS para dar estabilidad de QoS y CoS dentro de su red. En el modelo InterServ (Integrated Services), RSVP obtiene los requerimientos para establecer un flujo de tráfico con QoS, permitiendo a los distintos LSR las negociaciones necesarias para generar un tráfico garantizado y además parámetros o recursos como ancho de banda y latencia end to end. (Black, Uyles D., 2000)

El modelo DiffServ (Differentiated Services) del IETF. Define una variedad de mecanismos para poder clasificar el tráfico en un reducido número de clases de servicio (CoS), otorgando un servicio no necesariamente garantizado para el curso del tráfico con diferentes prioridades. Para ello se emplea el campo ToS (Type of Service), en la cabecera de paquete IP para proveer esta clasificación. (Black, Uyles D., 2000)

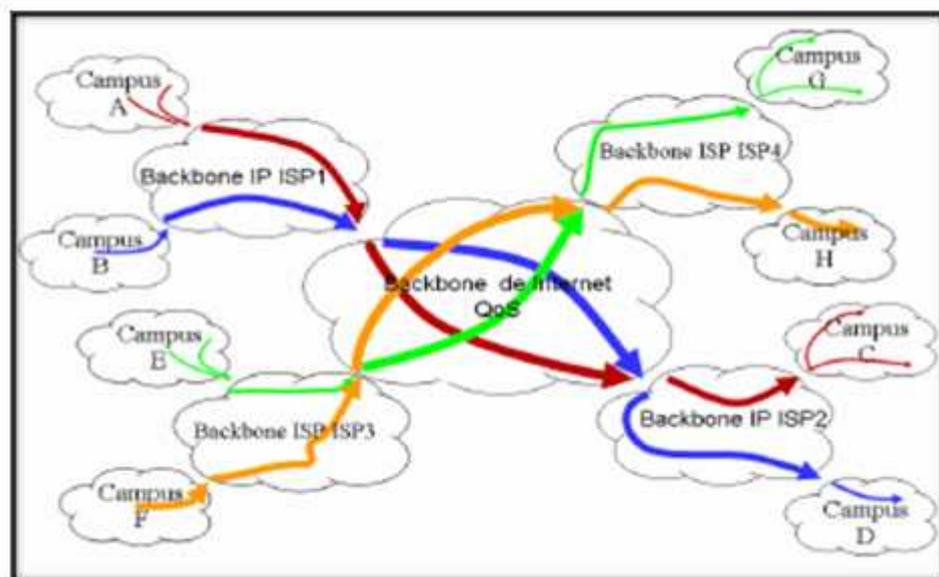
MPLS se adapta perfectamente a ese modelo, ya que las etiquetas MPLS tienen el campo EXP para poder propagar la clase de servicio CoS en el correspondiente LSP.

De este modo, una red MPLS puede transportar distintas clases de tráfico, ya que:

- 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. (Robert Lloyd-Evans, 2002)
- Entre cada par de LSR exteriores se pueden provisionar múltiples LSPs, cada uno de ellos con distintas prestaciones y con diferentes garantías de ancho de banda. Por ejemplo, un LSP puede ser para tráfico de máxima prioridad, otro para una prioridad media y un tercero para tráfico best-effort, tres niveles de

servicio, primero, preferente y turista, que, lógicamente, tendrán distintos precios. (Robert Lloyd-Evans, 2002)

- Mientras que InterServ ofrece ancho de banda garantizado para el tráfico, no provee escalabilidad u operabilidad en grandes redes, por otro lado la arquitectura DiffServ, es una alternativa escalable pero no provee de una garantía total. (Robert Lloyd-Evans, 2002)
- Recientemente la IETF workgroup se ha enfocado en la combinación de elementos de DiffServ e ingeniería de tráfico, para dar servicios garantizados de flujos de datos MPLS dentro de la red. La información DiffServ en la cabecera IP es mapeada e introducida dentro de la etiqueta de información de los paquetes MPLS. (Robert Lloyd-Evans, 2002)
- Qos puede ser y es generalmente implementado en el borde de la red MPLS donde el usuario comienza con la transmisión de los paquetes que requieren un tráfico en tiempo real. (Robert Lloyd-Evans, 2002)



**Gráfico 23. Esquema de Calidad de Servicio QoS**

(Javier Igor Doménico&Luna Victoria García,2009)

## 2.2.7.5. Redes Virtuales Privadas MPLS

### 2.2.7.3.1. El concepto de VPN

Una VPN (Virtual Private Network) es una tecnología en la que se establecen canales seguros de comunicación que ofrecen protección a los datos transmitidos mediante el uso de algoritmos de encriptación y/o autenticación criptográfica. (Black, 2001)

Una VPN es virtual porque es físicamente una red distinta, es privada porque la información que transita por los túneles es encriptada para brindar confidencialidad, y es una red porque consiste en enlaces de comunicación, pudiendo incluir enrutadores, switches y gateways de seguridad. (Black, 2001)

VPN es una tecnología punto a punto, ampliamente adoptada en redes que requieren confidencialidad permanente, tanto en redes privadas como entre proveedores de Servicio de Internet y sus clientes. En el mercado existe una gran variedad de soluciones VPN, sin embargo aquí solo se hará referencia a VPN MPLS. (Black, 2001)

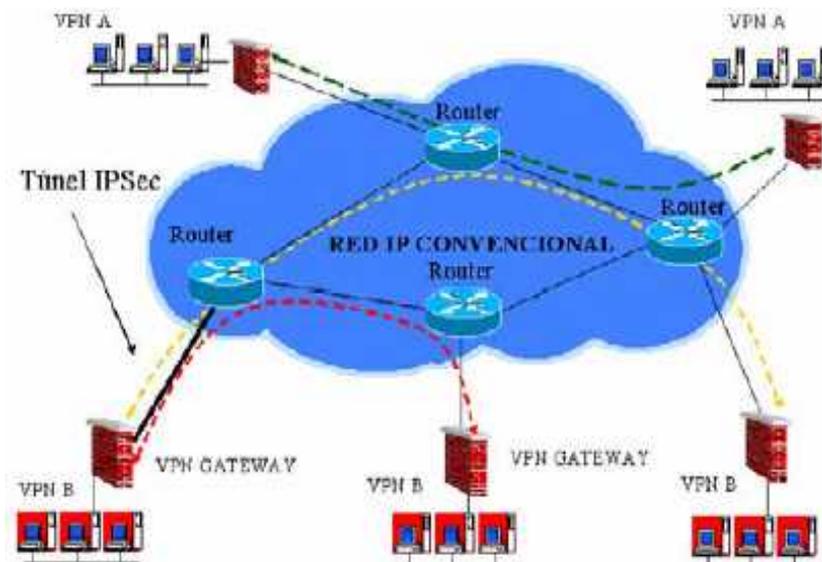


Gráfico 24. Ejemplo de una Red Privada Virtual O VPN

(Black, 2001)

Las redes VPN pueden ser organizadas en dos categorías:

- **Basadas en Clientes:** La VPN es configurada en equipos exclusivamente localizados en el cliente y usando protocolos de túneles para el curso de tráfico sobre redes públicas. IPSec agrega seguridad y capacidad de encriptación para IP. Este es típicamente manejado donde se encuentra el clientes, es decir, fuera del proveedor de servicio. (Canalis, 2003)
- **Basadas en redes:** Aquí la VPN es configurada en equipos de los proveedores de servicios y manejadas por los mismos. MPLS VPN es un ejemplo de estas redes. (Canalis, 2003)

Las VPNs tradicionales se han venido construyendo sobre infraestructuras de transmisión compartidas con características implícitas de seguridad y respuesta predeterminada. Tal es el caso de las redes de datos Frame Relay, que permiten establecer PVCs entre los diversos nodos que conforman la VPN. La seguridad y las garantías las proporcionan la separación de tráficos por PVC y el caudal asegurado (CIR). Algo similar se puede hacer con ATM, con diversas clases de garantías. Los inconvenientes de este tipo de solución es que la configuración de las rutas se basa en procedimientos más bien artesanales, al tener que establecer cada PVC entre nodos, con la complejidad que esto supone al proveedor en la gestión (y los mayores costes asociados). Si se quiere tener conectados a todos con todos, en una topología lógica totalmente mallada, añadir un nuevo emplazamiento supone retocar todos los lazos del cliente y restablecer todos los nuevos PVCs. (Canalis, 2003)

La popularización de las aplicaciones TCP/IP, ha llevado a tratar de utilizar estas infraestructuras IP para el soporte de VPNs, tratando de conseguir una mayor flexibilidad en el diseño e implantación y menores costes de gestión y provisión de servicio. La forma de utilizar las infraestructuras IP para servicio VPN (IP VPN) ha sido la de construir túneles IP de diversos modos. (Canalis, 2003)

El objetivo de un túnel sobre IP es crear una asociación permanente entre dos extremos, de modo que funcionalmente aparezcan conectados. Lo que se hace es utilizar una estructura no conectiva como IP para simular esas conexiones: una especie de tuberías privadas por las que no puede entrar nadie que no sea miembro de esa IP VPN. (Canalis, 2003)

Sin embargo, el problema real que plantean estas IP VPNs, es que están basadas en un modelo topológico superpuesto sobre la topología física existente, es decir, basado en túneles extremos a extremo (o circuitos virtuales permanentes) entre cada par de routers de clientes en cada VPN. De ahí las desventajas en cuanto a la poca flexibilidad en la provisión y gestión del servicio, así como en el crecimiento cuando se quieren añadir nuevos emplazamientos. Con una arquitectura MPLS se obvian estos inconvenientes. (Canalis, 2003)

MPLS VPN es mantenida y manejada por el proveedor de servicio, con lo cual puede proveer al consumidor ahorros muy significativos, además de una gran escalabilidad de crecimiento comparado con otras tecnologías VPN. MPLS VPN lleva diferentes tipos de tráfico del cliente, de forma única y separada para el envío de flujo de datos por cada VPN establecida. Este método de funcionamiento evita la necesidad de establecer y mantener circuitos virtuales permanentes, algo que, junto con la aplicación de técnicas de priorización de tráfico, hace de MPLS una solución ideal para crear redes VPN IP completamente malladas. (Canalis, 2003)

Estos mecanismos además de proveen la separación del tráfico y es totalmente transparente en el usuario final, que pertenece a un grupo VPN. MPLS VPN provee seguridad inherente, llevando tráfico IP seguro, como Frame Relay o ATM reduciendo la necesidad de encriptación. Miercom, una empresa independiente de consultoría y evaluación e investigación de redes, evaluó la seguridad de una red VPN en varios routes y concluyó que (2001): “Nuestros resultados de las pruebas demostraron que VPN basadas en MPLS ofrece la misma seguridad que Frame Relay o ATM.” (Canalis, 2003)

MPLS VPN se clasifica en dos categorías, aquellas que operan sobre capa 3 y las que operan sobre capa 2.

### 2.2.7.3.2. IPSec

IPSec (Internet Protocol Security) es un conjunto de extensiones al protocolo IP. Es un estándar de la IETF (Internet Engineering Task Force) definido en el RFC 2401. Provee servicios de seguridad como autenticación, integridad, control de acceso y confidencialidad.

Es implementado en la capa de Red, de tal forma que su funcionamiento es completamente transparente al nivel de aplicaciones. IPSec provee un mecanismo estándar, robusto y con posibilidades de expansión, para proveer seguridad al protocolo IP y protocolos de capas superiores. (Salviat, 2005)

La arquitectura de IPSec define la granularidad con la que el usuario puede especificar su política de seguridad. (Salviat, 2005)

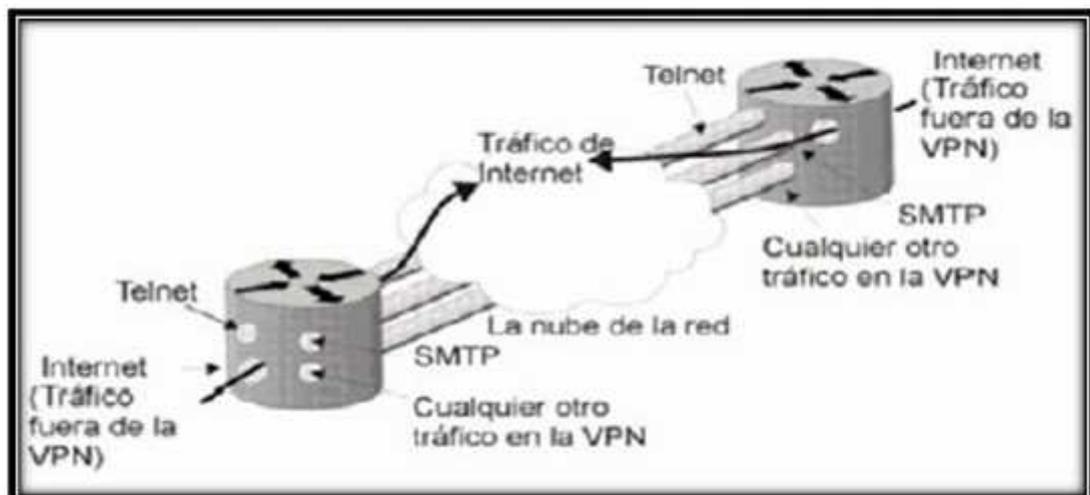


Gráfico 25. Túneles de Comunicación Protegidos por IPSec entre redes separadas

(Luis Miguel Cortés Salviat, 2005)

IPSec hace posible la creación de “túneles” seguros entre dos gateways (típicamente un router, cortafuegos o, incluso, software sobre un PC conectado a la red privada del usuario) a través de redes públicas. Los túneles IPSec son establecidos dinámicamente y liberados cuando no están en uso. Para establecer un túnel, los dos gateways IPSec han de autenticarse entre sí y definir cuáles serán los algoritmos de seguridad y las claves que utilizarán. Así, IPSec proporciona comunicaciones seguras y la separación lógica entre los flujos del tráfico de la red privada virtual (VPN) frente al resto de las transmisiones que cursan la red IP compartida. (Salviat, 2005)

### 2.2.7.3.3. VPN MPLS de Capa 2

Las redes VPN MPLS sobre capa 2, son VPN que se ha venido desarrollando a fines del 2003. Las VPN MPLS de capa 2 se encuentra en plena fase de estandarización, pero la industria se ha centralizado en el anteproyecto de Martini de la IETF, denominado así por su primer autor Luca Martini, estos diseños definen la metodología para establecer túneles VPN de capa 2 a través de redes MPLS que maneja todo tipo de tráfico de capa 2 incluyendo Ethernet, Frame Relay, ATM, TDM, y PPP/HDLC. (Salviat, 2005)

Existen dos tipos de VPN MPLS sobre capa 2 que define la metodología Martini: (Salviat, 2005)

- **Punto a punto o point-to-point:** Similar a ATM y Frame Relay, la conexión punto a punto atraviesa toda la red (LSPs). (Salviat, 2005)
- **Multipunto:** Que soporta diferentes jerarquías de topologías, VPLS (Virtual Private LAN Services) es un modelo multipunto que ha generado bastante interés últimamente. (Salviat, 2005)

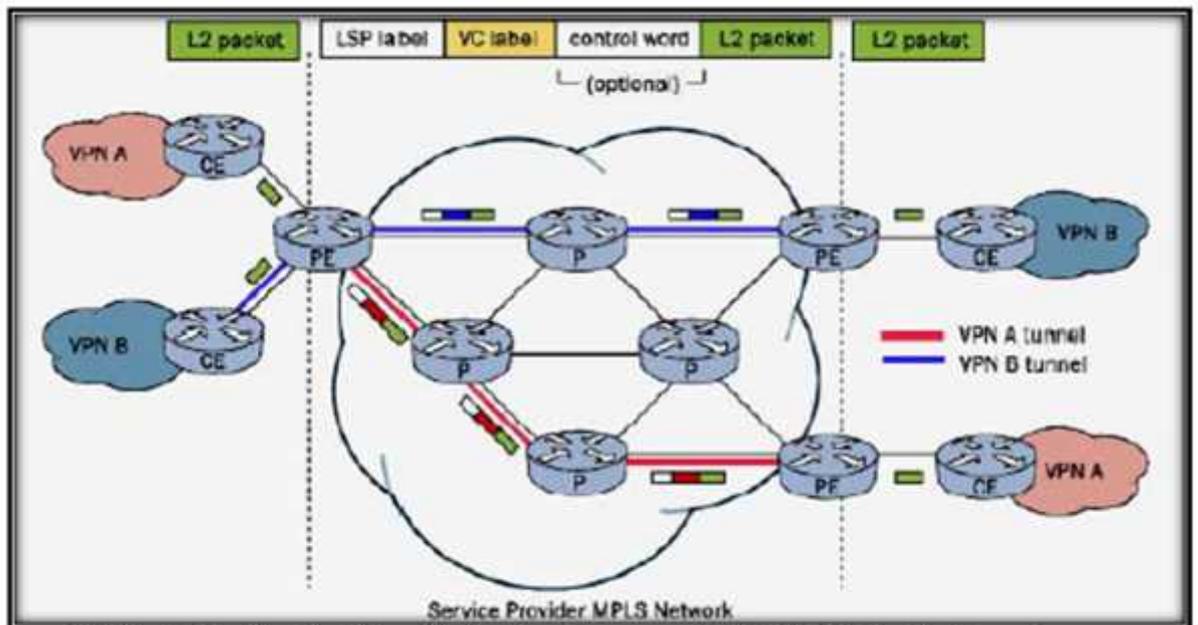


Gráfico 26. Explicación del envío de Paquetes en una Red VPN MPLS sobre Capa 2

(Luis Miguel Cortés Salviat, 2005)

En VPN de capa 2, los routers PE y CE no tienen necesidad de ruteo como las VPN de capa 3, en lugar de eso, solo necesitan que exista una conexión entre PE y CE, así el router PE simplemente conmuta el tráfico entrante hacia los túneles configurados de uno o más routers PE distintos y pertenecientes a la misma red. Una VPN MPLS de capa 2 determina la accesibilidad mediante un plano de datos, aprendiendo las direcciones correspondientes. Al contrario de VPN de capa 3, el cual determina la accesibilidad mediante un plano de control que intercambian los router con BGP. (Salviat, 2005)

En VPN de capa 2 usa de manera similar el almacenamiento de etiquetas de las VPN de capa 3, aquí la creación de túneles a través de etiquetas externas determina el hop-by-hop sobre el camino a través de la red. (Salviat, 2005)

La etiqueta interior Virtual Circuit (VC), identifica la Vlan, VPN o conexión hacia el punto final, además existe la opción de agregar una etiqueta de control o Control Word label, para llevar la información sobre el encapsulado del paquete de capa 2. (Salviat, 2005)

Las VPN MPLS de capa 2, distintas ventajas para el transporte de datos, según los requerimientos de la empresa, cualquier cosa porta es transparente en las redes MPLS. Ellas también pueden correr cualquier medio de transporte incluyendo ATM, Frame Relay, Packet sobre SONET, y Ethernet, habilitando la integración de redes IP orientadas a conexión con redes orientadas a conexión. Por otro lado, las VPNs de capa 2 no son escalables como las VPNs de capa 3. (Salviat, 2005)

La red mallada de LSPs debe ser instalada entre todas las VPN, un requerimiento que no es aconsejable para un gran número de Vlans. Además estas redes no tienen la ventaja de descubrimiento automático de ruteo que ofrece las VPN de capa 3, por lo tanto solo satisface situaciones en donde el número de miembros que pertenecen a una VPN son pequeños y estáticos. (Salviat, 2005)

#### **2.2.7.3.4. VPN MPLS de capa 3**

Las VPN sobre capa 3 esta estandarizada por la RFC 2547, donde existe un completo desarrollo de la configuración, utilizan extensiones del protocolo BGP (Border Gateway Protocol), específicamente el multiprotocolo interno BGP (MP-iBGP), para la distribución de la información de ruteo dentro de la VPN o backbone provisto. El estándar MPLS utiliza sus mecanismos (previamente discutidos) para el envío de tráfico sobre el backbone VPN. En redes virtuales MPLS de capa 3, la arquitectura se conforma principalmente por un par de routers que son el CE (Customer edge) y el PE (Provider Edge). (Salviat, 2005)

El router CE provee información al router PE de los clientes que pertenecen a la red privada que se encuentra detrás de este. En cambio el router PE almacena información privada de ruteo, la cual es formulada a través de una tabla virtual de ruteo e información (Virtual Routing Forwarding table, VRF); cada VRF es esencialmente una red privada IP. El router PE mantiene y separa tablas VRFs por cada VPN, consecuentemente esta provee un adecuado aislamiento y seguridad. (Salviat, 2005)

Y a su vez cada usuario de una VPN tiene acceso solo a sitios o host que pertenecen a la misma VPN. Además de la tabla VRF, el router PE también almacena la información de ruteo normal que necesita para el envío de tráfico sobre la red pública. (Salviat, 2005)

### 2.2.8. Convergencia Real: MPLS

El backbone IP-MPLS posibilita la convergencia, es decir, la existencia de una sola red para todos los servicios de telecomunicaciones. Aquí una breve demostración gráfica:

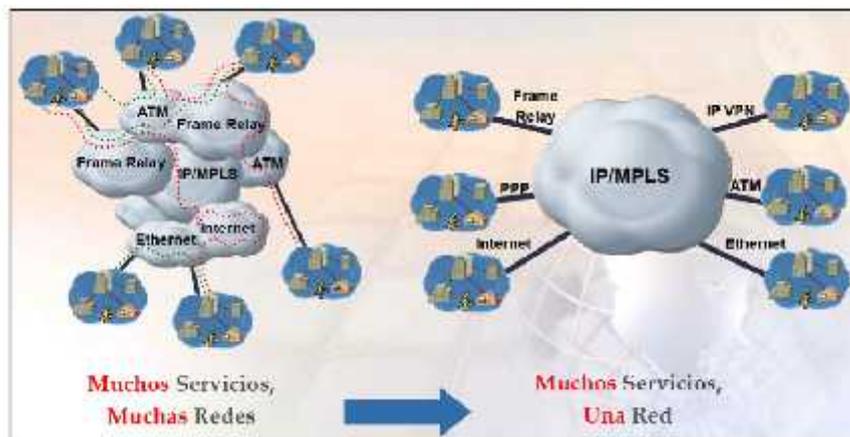


Gráfico 27. Explicación Gráfica de la Red MPLS y la Convergencia IP  
(Luis Miguel Cortés Salviat, 2005)

### 2.2.9. Ideas Preconcebidas Sobre MPLS

Durante el tiempo que se ha desarrollado el estándar, se han extendido algunas ideas falsas o inexactas sobre el alcance y objetivos de MPLS, hay quienes piensan que MPLS se ha desarrollado para ofrecer un estándar a los proveedores que les permitirá evolucionar de los Conmutadores ATM a Routers de Backbone de altas prestaciones, aunque esta puede haber sido la finalidad original de los desarrollos de conmutación multinivel, los recientes avances en tecnologías de Silicio ASIC permite a los Routers funcionar con una rapidez similar para la consulta de tablas a las de los conmutadores ATM. (Gray, 2001)

Si bien es cierto que MPLS mejora notablemente el rendimiento del mecanismo de envío de paquetes este no era el principal objetivo del grupo. Los objetivos establecidos por este grupo en la elaboración del estándar son: (Gray, 2001)

- MPLS debía funcionar sobre cualquier tecnología de transporte, no solo ATM. (Gray, 2001)
- MPLS debía soportar el envío de paquetes tanto Unicast como Multicast. (Gray, 2001)
- MPLS debía ser compatible en el modelo de Servicios Integrados de la IETF incluyendo el protocolo **RSVP** (*Resource Reservation Protocol*). (Gray, 2001)
- MPLS debía permitir el crecimiento constante de la Internet. (Gray, 2001)
- MPLS debía ser compatible con los procedimientos de operación, administración y mantenimiento de las actuales redes IP.
- También hubo quien pensó que MPLS perseguía eliminar totalmente el encaminamiento convencional por prefijos de red, ésta es otra idea falsa y nunca se planteó como objetivo del grupo ya que el encaminamiento tradicional de nivel 3 siempre sería un requisito en Internet por los siguientes motivos: (Gray, 2001)
- El filtrado de paquetes en los cortafuegos (FW) de acceso a las LAN corporativas y en límites de las redes de los NSPs es un requisito fundamental para poder gestionar la red y los servicios con las necesarias garantías de seguridad. Para ello se requiere examinar la información de la cabecera de los paquetes, lo que impide prescindir del uso del nivel 3 en ese tipo de aplicaciones. (Gray, 2001)

- No es probable que los sistemas finales (host) implementen MPLS. Necesitan enviar los paquetes a un primer dispositivo de red (nivel 3) que pueda examinar la cabecera del paquete para tomar luego las correspondientes decisiones sobre su envío hasta su destino final. En este primer salto se puede decidir enviarlo por Routing convencional o asignar una etiqueta y enviarlo por su **LSP (LabelSwitched Path)**. (Gray, 2001)
  
- Las etiquetas MPLS tienen solamente significado local (es imposible mantener vínculos globales entre etiquetas y host en toda la Internet). Esto implica que en algún punto del camino algún dispositivo de nivel 3 debe examinar la cabecera del paquete para determinar con exactitud por donde lo envía: por routing convencional o entregándolo a un LSR que lo expedirá por un nuevo LSP. (Gray, 2001)
  
- Del mismo modo, el último **LSR (Label Switch Router)** de un LSP debe usar encaminamiento de nivel 3 para entregar el paquete al destino, una vez suprimida la etiqueta, como se verá seguidamente al describir la funcionalidad MPLS. (Gray, 2001)

El aspecto fundamental de MPLS consiste en la separación entre las funciones de routing (el control de la información sobre la topología y tráfico en la red), de las funciones de forwarding (envío en sí de los datos entre los elementos de red). (Gray, 2001)

#### **2.2.10. ¿MPLS Elimina el Enrutamiento?**

El modo de funcionamiento de MPLS asimila algunas de las funciones de la capa de transporte y de red no podrá hacer que el enrutamiento IP clásico desaparezca, ya que MPLS se implementa sobre equipos intermedios y es poco probable que los equipos finales lo lleguen a implementar, estos dispositivos seguirán enviando sus paquetes a otros dispositivos que serán los encargados de decidir si son enviados mediante enrutado convencional o por medio de LSPs. (Harnedy, 2002)

Si se opta por ésta última opción de envío, en el destino deberá existir un dispositivo que sea capaz de quitar la etiqueta de la cabecera y entregar la comunicación a la dirección IP especificada en su origen. (Harnedy, 2002)

Resulta materialmente imposible el mantenimiento de una relación de etiquetas y máquinas en un mundo tan amplio y cambiante como es Internet, por lo que las etiquetas que manejan los dispositivos MPLS sólo pueden tener una consideración local, puesto que son los dispositivos intermedios quienes tienen que tomar decisiones sobre el siguiente salto y para ello tendrán que seguir basándose en la dirección de red. (Harnedy, Sean J., 2002)

### **2.2.11. MLPS en Ecuador**

#### **TELCONET**

Según la página de Telconet indica que la empresa tiene una gran trayectoria de telecomunicaciones al servicio del país, los cuales se detallan a continuación:

- Primeros en desarrollar y empezar la construcción de una Fábrica de Cables de Fibra.
- Primeros en construir una Red IP MPLS a 10 Gigas.
- Primeros en desarrollar y comercializar Servicios de Transmisión de Video de High Definition para canales de televisión a través de fibra óptica.
- Primeros en brindar Servicios de Video Conferencia High Definition en todo el Ecuador a través de fibra óptica.
- Primeros en montar una plataforma de Red Cisco NGN de muy altas prestaciones.

- Primeros en brindar servicios de Internet y Transmisión de Datos en más de 110 ciudades en el Ecuador. *Leer más en anexos*

Movistar, Claro y CNT son los proveedores de servicios más fuertes existentes en nuestro país sin embargo la información de cada empresa es confidencial y privada por ende no puedo mostrarla en mi tesis de grado.

## **CNT**

### **PLATAFORMA IP/MPLS**

La CNT E.P. cuenta con una red de switches que le permite brindar servicios de Internet a algunos ISPs del País, y circuitos de datos para clientes corporativos.

La plataforma IP/MPLS posee cobertura a nivel Nacional. Está conformada por switches MPLS de Capa 2 y 3 sobre la cual se brinda el manejo de comunicación para los IPDSLAM de la red xDSL.

La red IP/MPLS también se utiliza para aprovisionar enlaces punto a punto o punto multipunto de gran capacidad (mayores que 2 Mbps) y generalmente se utiliza accesos de fibra óptica.

La red IP/MPLS se basa en anillos redundantes de fibra óptica con capacidad Gigabit Ethernet lo que brinda alta velocidad de transporte, excelente disponibilidad y tecnología de punta. *Leer más en anexos*

## **2.3. Formulación de la Hipótesis**

### **2.3.1. Hipótesis General**

El uso de una aplicación que permita simular la forma de configuración de los equipos del núcleo de una red MPLS, demostrará las ventajas que ofrece la tecnología.

### **2.3.2. Hipótesis Particulares**

1. El IETF define MPLS con el fin de proporcionar Calidad de Servicio (QoS) a una red de datos, en un entorno de mayor fiabilidad y con las necesarias garantías de conmutación multinivel.
2. MPLS se puede explicar de forma general como una tecnología que integra sin discontinuidades los niveles 2 y 3 del estándar OSI (enlace de datos y red), combinando eficazmente las funciones de control del routing, protocolo de distribución y aplicaciones potenciales, con la simplicidad y rapidez de la conmutación de nivel 2, esto quiere decir que el reenvío de paquetes en la red es más eficiente que una red tradicional.
3. Necesitamos conocer una herramienta confiable minimice los errores en el diseño que se desee implementar.
4. La simulación del diseño nos permitirá conocer si las redes basadas en MPLS en redes distribuidas son capaces de soportar las demandas actuales que exigen las empresas y usuarios.

## 2.4. Señalamiento de Variables

### 2.4.1. Variables Independientes

Interconexión de sucursales.

### 2.4.2. Variables Dependientes

Diseño y tecnología aplicada

### 2.4.3. Matriz Causa Efecto

<b>Formulación del Problema</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>
<b>¿Se podría considerar a las redes basadas en la tecnología MPLS, una solución óptima para el desarrollo y diseño de redes Lan y Wan en una empresa que desea interconectar sucursales remotas entre si?</b>	Investigar la tecnología MPLS, con el fin de demostrar mediante la simulación de un diseño que permita interconectar sucursales remotas, las ventajas de implementar MPLS en el mercado de la red de transporte.	El uso de una aplicación que permita simular la forma de configuración de los equipos del núcleo de una red MPLS, demostrará las ventajas que ofrece la tecnología.

<b>Sistematización del Problema</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicas</b>
<b>¿Por qué la IETF decidió crear la Tecnología MPLS?</b>	Investigar las razones por la cual la IETF creó de la tecnología MPLS.	El IETF define MPLS con el fin de proporcionar Calidad de Servicio (QoS) a una red de datos, en un entorno de mayor fiabilidad y con las necesarias garantías de conmutación multinivel.

<p><b>¿MPLS solucionará los problemas de reenvío de paquetes que presentan las actuales tecnologías?</b></p>	<p>Analizar los factores relevante que interviene en una red MPLS, describiendo claramente sus componentes globales (enrutamiento (routing), reenvío (forwarding), sus protocolos de distribución y aplicaciones potenciales (redes privadas virtuales, ingeniería de tráfico, calidad de servicio.) en las redes IP.</p>	<p>MPLS se puede explicar de forma general como una tecnología que integra sin discontinuidades los niveles 2 y 3 del estándar OSI (enlace de datos y red), combinando eficazmente las funciones de control del routing, protocolo de distribución y aplicaciones potenciales, con la simplicidad y rapidez de la conmutación de nivel 2, esto quiere decir que el reenvío de paquetes en la red es más eficiente que una red tradicional.</p>
<p><b>¿El software GN3 es una herramienta confiable que nos permitirá minimizar errores en el diseño que podríamos implementar?</b></p>	<p>Analizar y Determinar si el software GN3 es una herramienta confiable que minimizará los errores en la implementación.</p>	<p>Necesitamos conocer una herramienta confiable minimice los errores en el diseño que se desee implementar.</p>
<p><b>¿Realizar un diseño que nos permita estudiar la estructuración de las redes MPLS en redes distribuidas de múltiples sucursales?</b></p>	<p>Diseñar una simulación que permita estudiar la aplicación de las redes basadas en MPLS en redes distribuidas del múltiples sucursales.</p>	<p>La simulación del diseño nos permitirá conocer si las redes basadas en MPLS en redes distribuidas son capaces de soportar las demandas actuales que exigen las empresas y usuarios.</p>

**Tabla 1. Matriz Causa Efecto**  
(Solange Castro, 2014)

## 2.5. Marco Conceptual

**Ancho de Banda** (bandwidth): En conexiones a Internet el ancho de banda es la cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período de tiempo dado. El ancho de banda se indica generalmente en bites por segundo (BPS), kilobites por segundo (kbps), o megabites por segundo (mps). (Wordpress)

**ATM:** Asynchronous Transfer Mode. Modo de Transferencia Asíncrona. Es una tecnología de alto desempeño, orientada a conmutación de celdas y con tecnología de multiplexaje. Esta usa paquetes de tamaño fijo para llevar diferentes tipos de tráfico. (Canalis, 2003)

**Backbone:** Conexión de alta velocidad dentro una red que interconecta los principales sitios de la Internet. Las redes de grandes empresas pueden estar compuestas por múltiples LAN (segmentos) y se conectan entre sí a través del backbone, que es el principal conducto que permite comunicar segmentos entre sí. (Tomsu)

**Best Effort:** En telecomunicaciones se habla de “best effort”, que se podría traducir (aunque habitualmente no se hace) como “el mejor esfuerzo”, para definir la forma de prestar aquellos servicios para los que no existe una garantía de calidad de servicio (QoS). (Alvez, Infraestructura Mpls, 2009)

Esto implica que no existe una pre-asignación de recursos, ni plazos conocidos, ni garantía de recepción correcta de la información. (Alvez, Infraestructura Mpls, 2009)

**BGP (Border Gateway Protocol):** Es un protocolo mediante el cual se intercambia información de encaminamiento o ruteo entre sistemas autónomos. (Andersson, 2007)

**Calidad de Servicio (QoS):** Es el rendimiento promedio de una red de telefonía o de computadoras, particularmente el rendimiento visto por los usuarios de la red.1 Cuantitativamente medir la calidad de servicio son considerados varios aspectos del servicio de red, tales como tasas de errores, ancho de banda, rendimiento, retraso en la transmisión, disponibilidad, jitter, etc. (Black, Uyles D., 2000)

**TTL (Time to Live):** Es un concepto usado en redes de computadores para indicar por cuántos nodos puede pasar un paquete antes de ser descartado por la red o devuelto a su origen. (Alvez, Infraestructura Mpls, 2009)

**CE (Customer Edge):** Es un router ubicado en las instalaciones del cliente que proporciona una interfaz Ethernet entre la red LAN del cliente y la red central del proveedor. (Andersson, 2007)

**Clase Equivalente de Envío (Forwarding Equivalence Class: FEC):** Clase que define un conjunto de paquetes que se envían sobre el mismo camino a través de una red, aun cuando sus destinos finales sean diferentes. (Barberá, 2007)

**Compartición de Carga (Load Sharing):** Se refiere a la técnica usada para compartir el trabajo a realizar entre varios procesos, ordenadores, discos u otros recursos. Está íntimamente ligado a los sistemas de multiprocesamiento, o que hacen uso de más de una unidad de procesamiento para realizar labores útiles. (Black, Uyles D., 2000)

**Comportamiento por Salto (PHB):** El objetivo de PHB es proporcionar una cantidad específica de recursos de red a una clase de tráfico en la red contigua. (Black, 2001)

**Protocol-Independent Multicast (PIM):** Es un Protocolo de encaminamiento que crea una estructura de árbol de distribución entre los clientes multicast formando dominios. (Black, 2001)

**CSPF (Constrained Shortest Path First):** Es un algoritmo que busca el camino más corto. (Andersson, 2007)

**Delay de Transferencia:** Es el tiempo que tarda un paquete de datos entre dos puntos determinados, se incluyen los tiempos de propagación, transmisión y procesamiento. (Alvez, Infraestructura Mpls, 2009)

**DiffServ (Differentiated Services):** Proporcionan un método que intenta garantizar la calidad de servicio en redes de gran tamaño, como puede ser Internet. (Andersson, 2007)

**División de Tráfico (Traffic Splitting):** Es un mecanismo importante para mejorar el funcionamiento (en aspectos de caudal, retardo, jitter y pérdidas) y las prestaciones de la red. (Alvez, Fundamentos de MPLS VPN)

**Downstrem:** Se refiere a la velocidad con que los datos pueden ser transferidos de un servidor a un cliente, lo que podría traducirse como velocidad de bajada (downloading). (Barberá, 2007)

**DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing):** La multiplexación por división en longitud de onda, tiene su origen, en la posibilidad de acoplar las salidas de diferentes fuentes emisoras de luz, cada una a una longitud de onda diferente, sobre una misma fibra óptica. (Black, Uyles D., 2000)

**Edge:** Enhanced Data Rates for GSM Evolution (Tasas de Datos Mejoradas para la evolución de GSM). (Canalis, 2003)

**Estado de Enlace (Link State):** Se basa en que un router o encaminador comunica a los restantes nodos de la red, identifica cuáles son sus vecinos y a qué distancia está de ellos. Con la información que un nodo de la red recibe de todos los demás, puede construir un "mapa" de la red y sobre él calcular los caminos óptimos. (Bruce S. Davie, 2008)

**Etiquetas:** Es un identificador corto, de longitud fija y con significado local empleado para identificar un FEC. (Black, Uyles D., 2000)

**Flujo de tráfico (Traffic Trunk):** Los paquetes recorren una ruta para ingresar a un sistema y para salir de él. En un nivel granular, los paquetes se reciben y se transmiten mediante los anillos de recepción (Rx) y de transmisión (Tx) de una NIC. Desde estos anillos, los paquetes recibidos se transfieren a la pila de red para su posterior procesamiento mientras los paquetes salientes se envían a la red. (Barberá, 2007)

**Frame Relay:** Es una técnica de comunicación mediante retransmisión de tramas para redes de circuito virtual, introducida por la ITU-T a partir de la recomendación I.122 de 1988. Consiste en una forma simplificada de tecnología de conmutación de paquetes que transmite una variedad de tamaños de tramas o marcos ("frames") para datos, perfecto para la transmisión de grandes cantidades de datos. (Andersson, 2007)

**Fusión de etiquetas (Label Merging):** Es la capacidad de reenvío de dos paquetes diferentes que pertenecen a la misma FEC, pero llegan con diferentes etiquetas, con la misma etiqueta de salida. (Andersson, 2007)

**GN3:** Es un simulador gráfico que te permite diseñar topologías de red complejas y poner en marcha simulaciones sobre ellos, también permite instalar las IOS de alta gama. (SEGUNDO)

**HDLC:** (High-Level Data Link Control, control de enlace de datos de alto nivel) Es un protocolo de comunicaciones de propósito general punto a punto, que opera a nivel de enlace de datos. (Andersson, 2007)

**IETF: Internet Engineering Task Force:** Grupo voluntario que investiga y resuelve problemas técnicos. (Cisco)

**Ingeniería de Tráfico (TE):** En telefonía o en general en telecomunicaciones se denomina ingeniería o gestión de tráfico a diferentes funciones necesarias para planificar, diseñar, proyectar, dimensionar, desarrollar y supervisar redes de telecomunicaciones en condiciones óptimas de acuerdo a la demanda de servicios, márgenes de beneficios de la explotación, calidad de la prestación y entorno regulatorio y comercial. (Barberá, 2007)

**Ip:** Internet Protocol. Protocolo de Internet. Se puede considerar el más importante de los protocolos sobre los cuales se basa la Internet. (Bruce S. Davie, 2008)

**IPSec (Internet Protocol Security):** Es un conjunto de protocolos cuya función es asegurar las comunicaciones sobre el Protocolo de Internet (IP) autenticando y/o cifrando cada paquete IP en un flujo de datos. IPsec también incluye protocolos para el establecimiento de claves de cifrado. (Alvez, Infraestructura Mpls, 2009)

**IPv4:** (Protocolo de Internet versión 4) es la cuarta versión del protocolo Internet Protocol (IP), y la primera en ser implementada a gran escala. Definida en el RFC 791.= IPv4 usa direcciones de 32 bits, limitándola a  $2^{32} = 4.294.967.296$  direcciones únicas, muchas de las cuales están dedicadas a redes locales (LANs). (Canalis, 2003)

**IPv6:** (Protocolo de Internet versión 6) es una versión del protocolo Internet Protocol (IP), definida en el RFC 2460 y diseñada para reemplazar a Internet

Protocol version 4 (IPv4) RFC 791, que actualmente está implementado en la gran mayoría de dispositivos que acceden a Internet. (Canalis, 2003)

**ISP (Internet Service Provider):** Es la empresa que brinda conexión a Internet a sus clientes. (Barberá, 2007)

**La Clase Equivalente de Envío (FEC):** Conjunto de paquetes que pueden ser tratados de forma idéntica en el proceso de envío. Se envía por una misma ruta, aunque los destinos finales sean diferentes (Alvez, Fundamentos de MPLS VPN)

**Lan:** Local Area Network. Red de Área Local. Un tipo de arreglo para comunicación de datos a alta velocidad. Red limitada en el espacio, concebida para abastecer a sub-unidades organizativas. (Alvez, Fundamentos de MPLS VPN)

**LDP:** Label Distribution Protocol. Protocolo de Distribución de Etiquetas. Es un protocolo de intercambio y distribución de etiquetas entre los LSR de una red MPLS. (Alvez, Fundamentos de MPLS VPN)

**LER: (Label Edge Router):** Elemento que inicia o termina el túnel (pone y quita cabeceras). Es decir, el elemento de entrada/salida a la red MPLS. Un router de entrada se conoce como Ingress Router y uno de salida como Egress Router. Ambos se suelen denominar Edge Label Switch Router ya que se encuentran en los extremos de la red MPLS. (Alvez, Fundamentos de MPLS VPN)

**LIB (Label Information Base):** Es la tabla de software mantenido por IP / MPLS routers capaces de almacenar los detalles de puerto y la etiqueta del router MPLS correspondiente al hacer estallar / empujadas en paquetes MPLS entrantes / salientes. (Alvez, Fundamentos de MPLS VPN)

**LSP (Label Switched Path) (Ruta Conmutada de Etiquetas):** Es una ruta a través de uno o más LSRs en un nivel de jerarquía que sigue un paquete de un FEC en particular. (Alvez, Fundamentos de MPLS VPN)

**LSR (Label Switch Router):** Es un enrutador de alta velocidad especializado en el envío de paquetes etiquetados por MPLS. (Alvez, Fundamentos de MPLS VPN)

**MPLS (MultiProtocol Label Switching):** Intercambio de Etiquetas Multiprotocolares. Es un estándar del IETF que surgió para agrupar diferentes soluciones de conmutación multinivel. (Alvez, Fundamentos de MPLS VPN)

**Next Hop:** Es un término de enrutamiento que se refiere al router más cercano que un paquete puede pasar. (Alvez, Fundamentos de MPLS VPN)

**NHLFE (Next Hop Label Forwarding Entry):** Se utiliza para la transmisión de un paquete etiquetado. (Alvez, Fundamentos de MPLS VPN)

**PE (Provider Edge):** Es un enrutador entre una red de área del proveedor de servicios y zonas administradas por otros proveedores de la red. Un proveedor de la red suele ser un proveedor de servicios de Internet. (Alvez, Fundamentos de MPLS VPN)

**PPP(Point-to-point Protocol) (Protocolo punto a punto):**Es un protocolo de nivel de enlace estandarizado en el documento RFC 1661. Comúnmente usado para establecer una conexión directa entre dos nodos de red. Puede proveer autenticación de conexión, cifrado de transmisión (usando ECP, RFC 1968), y compresión. PPP es usado en varios tipos de redes físicas incluyendo, cable serial, línea telefónica, línea troncal, telefonía celular, especializado en enlace de radio y enlace de fibra óptica como SONET. (Alvez, Fundamentos de MPLS VPN)

**Protocolo de Distribución de Etiquetas (LDP):** Es un protocolo para la distribución de etiquetas MPLS entre los equipos de la red. (Alvez, Fundamentos de MPLS VPN)

**Protocolo IP (Internet Protocol):** Es un protocolo de comunicación de datos digitales clasificado funcionalmente en la Capa de Red según el modelo internacional OSI. (Alvez, Fundamentos de MPLS VPN)

**Routers:** Originalmente se identificaba como el término gateway, sobre todo en referencia a la red Internet. En general debe considerarse como un elemento responsable de discernir cuál es el camino más adecuado. (Black, 2001)

**RSVP (Resource Reservation Protocol):** Resource Reservation Protocol. Protocolo de Reservación de Recursos. Es un conjunto de reglas de comunicación que permite canales o caminos en la Internet sean reservados para multicast (cuando un paquete se manda a muchos usuarios), transmisión de video o cualquier otro uso diferenciado. RSVP es parte del modelo IIS (Internet Integrated Service) el cual asegura servicios de mejor-esfuerzo, tiempo-real y control de compartición de links. (Alvez, Fundamentos de MPLS VPN)

**SDH (Synchronous Digital Hierarchy):** Es una tecnología estándar para la transmisión síncrona de datos en medios ópticos. (Black, Uyless D., 2000)

**SONET (Synchronous Optical NETwork):** Define una tecnología para transportar muchas señales de diferentes capacidades a través de una jerarquía óptica síncrona y flexible. Esto se logra por medio de un esquema de multiplexado por interpolación de bytes. La interpolación de bytes simplifica la multiplexación y ofrece una administración de la red extremo a extremo. (Black, 2001)

**Switches:** Es un aparato que canaliza los datos provenientes de múltiples puertos a un puerto en específico que llevara los datos a su destino. (Bruce S. Davie, 2008)

**TCP (Transmission Control Protocol) (Protocolo de Control de Transmisión):**

Es uno de los protocolos fundamentales en Internet. Crea conexiones entre sí a través de las cuales puede enviarse un flujo de datos. (Tomsu)

**Throughput:** Es el volumen de trabajo o de información neto que fluye a través de un sistema, como puede ser una red de computadoras. (Cisco)

**Transferencia Asíncrona (ATM):** Es una tecnología de telecomunicación desarrollada para hacer frente a la gran demanda de capacidad de transmisión para servicios y aplicaciones. (Harnedy, Sean J., 2002)

**VPLS (Virtual Private LAN Services):** Permite sitios dispersos geográficamente compartir un dominio de difusión Ethernet mediante la conexión de sitios a través de pseudo-cables. (Peralta, 2012)

**VPN:** Virtual Private Network. Red Privada Virtual. Servicio ofrecido por carriers (portadoras comunes), en el cual la red pública conmutada provee capacidades similares aquellas de las líneas privadas, tales como acondicionamiento, chequeo de errores, transmisión a alta velocidad, full duplex, basada en cuatro hilos conductores con una calidad de línea adecuada para transmisión de datos. (Tomsu)

**Wan:** Una red de área amplia, o WAN, por las siglas de (wide area network en inglés), es una red de computadoras que abarca varias ubicaciones físicas, proveyendo servicio a una zona, un país, incluso varios continentes. Es cualquier red que une varias redes locales, llamadas LAN, por lo que sus miembros no están todos en una misma ubicación física. (Tomsu)

## CAPÍTULO 3

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Modalidad Básica de la Investigación

**Investigación Documental:** Es el instrumento de apoyo que facilita, dentro del proceso de investigación científica, el dominio de las técnicas empleadas para el uso de la Bibliografía. Permite la creación de habilidades para el acceso a investigaciones científicas, reportadas en Fuentes documentales de forma organizada. (Pardinas)

1. Se desarrolla a través de una serie de pasos ordenados y cuidadosos que describen hechos o fenómenos, con objetivos precisos. (Pardinas)
2. Tiene como finalidad la base de la construcción de Conocimientos. (Pardinas)
3. Es coherente. (Pardinas)
4. Emplea una Metodología. (Pardinas)
5. Utiliza los procedimientos lógicos y mentales de toda Investigación: Análisis, Síntesis, Deducción e Inducción. Recopilación adecuada de datos de fuentes documentales que permiten redescubrir hechos, sugerir problemas, orientar hacia otras fuentes de investigación, orientar formas para elaborar [instrumentos de investigación], elaborar Hipótesis, entre otros aspectos. (Pardinas)
6. Utilización de diferentes técnicas de: localización y fijación de datos, análisis de documentos y de contenidos. (Pardinas)

### 3.2. Nivel o Tipo de Investigación

De acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación, reúne las características de un estudio exploratorio, descriptivo y confirmativa-verificación empírica.

**Investigación Exploratoria:** Cuando no existen investigaciones previas sobre el objeto de estudio o cuando nuestro conocimiento del tema es tan vago e impreciso que nos impide sacar las más provisorias conclusiones sobre qué aspectos son relevantes y cuáles no, se requiere en primer término explorar e indagar, para lo que se utiliza la investigación exploratoria. (Calle)

Para explorar un tema relativamente desconocido se dispone de un amplio espectro de medios y técnicas para recolectar datos en diferentes ciencias como son la revisión bibliográfica especializada, entrevistas y cuestionarios, observación participante y no participante y seguimiento de casos. (Calle)

- Realizaré investigaciones correspondientes al tema en páginas confiables y en libros para obtener los conceptos más comprensibles sobre las redes MPLS.
- **Investigación Confirmativa:** Es la que el positivismo como la única científica, y su propósito es verificar las hipótesis derivadas de las teorías; este tipo de investigación indaga acerca de las posibles relaciones entre eventos, a partir del control de una serie de variables extrañas. (Guevara)
- Verificar la veracidad de los beneficios y ventajas que ofrece la IETF en la red MPLS.

### 3.3. Población y Muestra

- **Población:** El concepto de población en estadística va más allá de lo que comúnmente se conoce como tal. Una población se precisa como un conjunto finito o infinito de personas u objetos que presentan características comunes. (Pardinas)

- La Población de la tesis es el grupo de personas que laboran diariamente en la red MPLS de Cnt. De aquellas personas que trabajan en el área el conjunto que formo parte de la población fueron 4 personas.

**Destacamos algunas definiciones:**

*"Una población es un conjunto de todos los elementos que estamos estudiando, acerca de los cuales intentamos sacar conclusiones". Levin & Rubin (1996).*

*"Una población es un conjunto de elementos que presentan una característica común". Cadenas (1974)*

- **Muestra:** La muestra es una representación significativa de las características de una población, que bajo, la asunción de un error (generalmente no superior al 5%) estudiamos las características de un conjunto poblacional mucho menor que la población global. (Pardinas)

El proyecto de tesis tuvo como muestra las 4 personas claves del área de MPLS perteneciente a la empresa CNT, los cuales ayudaron considerablemente en despejar y ampliar conceptos sobre el tema tratado.

*"Se llama muestra a una parte de la población a estudiar que sirve para representarla". Murria R. Spiegel (1991).*

*"Una muestra es una colección de algunos elementos de la población, pero no de todos". Levin & Rubin (1996).*

*"Una muestra debe ser definida en base de la población determinada, y las conclusiones que se obtengan de dicha muestra solo podrán referirse a la población en referencia", Cadenas (1974).*

### 3.4. Operacionalización de Variables e Indicadores

Variable	Dimensiones	Indicadores
<b>Falta de Información en básica en español.</b>	Estudiantes	Estudiantes que empiezan a conocer y desean aprender de formas sencillas las bases fundamentales del Protocolo MPLS.
		Estudiantes que poco o nada hablan inglés y desean información en español.
		Estudiantes que desean conocer una herramienta útil, amigable y fácil de manejar al momento de desarrollar su proyecto.
<b>Interconexión de Sucursales.</b>	Empresas Medianas y Grandes	Empresas que utilizan MPLS en el Ecuador.
		Empresas que desean optimizar el servicio entre sus sucursales.
		Empresas que necesitan ahorrar costo y potenciar el servicio y aumentar el nivel de calidad en los servicios que ofrecen.

**Tabla 2. Operacionalización de Variables e Indicadores**

(Solange Castro, 2015)

Variable	Dimensiones	Indicadores
<b>Diseño y Tecnología Aplicada</b>	Tecnología	Existencia y Aplicación de la Tecnología en el Mundo.
		Existencia y Aplicación en el Ecuador.
		Existencia y Aplicación en la CNT.
		Beneficios de MPLS con respecto a las Protocolos anteriores y que aún siguen vigente en el Mundo.
		Confiabilidad de MPLS en el momento de transportar los paquetes.
		MPLS sería una solución acertada para aquellas empresas que generar una demanda de tráfico.

**Tabla 3. Operacionalización de Variables e Indicadores**

(Solange Castro, 2015)

### 3.5. Plan de Recolección de Información

#### 3.5.1. La entrevista

La entrevista es un tipo de interacción verbal que, a diferencia de la conversación espontánea, suele tener un objetivo predeterminado que consiste en obtener información sobre hechos, personas o culturas. La entrevista se emplea en diversos campos profesionales. Los investigadores de las ciencias sociales recurren a ella para obtener datos para sus investigaciones; los médicos para diagnosticar a sus pacientes; los periodistas para recabar la información necesaria para la redacción de una crónica o presentar a un personaje de interés público. (Santillana)

La entrevista será dirigida al Ing. Manuel Zatzabal del área de Red MPLS de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones Región Costa (Guayaquil), en la cual se efectuará una conversación sobre los diseños e implementaciones de las redes MPLS en la ciudad de Guayaquil para enriquecer la investigación y elaboración del diseño que se implementara en esta tesis.

### **3.5.2. Observación**

La observación es la técnica de investigación básica, sobre las que se sustentan todas las demás, ya que establece la relación básica entre el sujeto que observa y el objeto que es observado, que es el inicio de toda comprensión de la realidad. (Bunge)

Según Bunge la observación en cuanto es un procedimiento científico se caracteriza por ser: **Intencionada:** porque coloca las metas y los objetivos que los seres humanos se proponen en relación con los hechos, para someterlos a una perspectiva teleológica.

**Ilustrada:** porque cualquier observación para ser tal está dentro de un cuerpo de conocimientos que le permite ser tal; solo se observa desde una perspectiva teórica. (Bunge)

**Selectiva:** porque necesitamos a cada paso discriminar aquello que nos interesa conocer y separarlo del cúmulo de sensaciones que nos invade a cada momento. (Bunge)

**Interpretativa:** en la medida en que tratamos de describir y de explicar aquello que estamos observando. Al final de una observación científica nos dotamos de algún tipo de explicación acerca de lo que hemos captado, al colocarlo en relación con otros datos y con otros conocimientos previos. (Bunge)

Mediante la observación analizare cada uno de los comandos, topologías y diseño que deba considerar apropiado para el mejor diseño que implementare en la tesis. (Bunge)

### **3.5.3. Revisión Documental**

Es una técnica de revisión y de registro de documentos que fundamenta el propósito de la investigación y permite el desarrollo del marco teórico y/o conceptual, que se inscriben el tipo de investigación exploratoria, descriptiva, etnográfica, teoría fundamental, pero que aborda todo paradigma investigativo (cuantitativo, cualitativo y/o multi-método) por cuanto hace aportes al marco teórico y/o conceptual. (Calle)

Mediante la Revisión de Documentos implementados en empresas, poder ampliar los conocimientos adquiridos en la investigación.

### **3.6. Plan de Procesamiento de la Información**

La información recolectada será analizada y comparada con la Red Tradicional y la Red MPLS la cual nos mostrara las diferencias, los costos y las ventajas de trabajar con una Red MPLS. (Bunge)

### **3.7. Cuestionario de Preguntas**

1. ¿Cuántos años tiene la tecnología MPLS funcionando en el mercado mundial?

---

---

2. ¿Cuántos años tiene la tecnología MPLS funcionando en el Ecuador?

---

---

3. ¿Cuántos años tiene la tecnología MPLS implementada en CNT?

---

---

4. ¿Cuáles son las diferencias más relevantes de la tecnología MPLS y las tecnologías anteriores?

---

---

5. ¿Cree usted que la tecnología MPLS está reemplazando el mercado actual?

---

---

6. ¿MPLS es la solución actual para las nuevas redes de transporte?

---

---

7. ¿Cree usted que la tecnología MPLS es una solución acertada para las empresas que decidan implementarla?

---

---

8. Considera que la tecnología MPLS es confiable, para el transporte de paquetes, ¿Por qué?

---

---

9. ¿Considera que la tecnología MPLS, solucionará la demanda de tráfico que cada año incrementa en el mundo de las comunicaciones?

---

---

10. ¿Cuáles serían las desventajas de MPLS?

---

---

11. ¿Considera al software GNS3 una aplicación confiable para el desarrollo previo a la implementación de algún diseño?

---

---

12. ¿Existen en el mercado actual un software mejor que el GNS3?

---

---

## CAPÍTULO 4

### ANÁLISIS Y RESULTADOS

#### 4.1. Análisis de los Resultados

##### 4.1.1. Entrevista

Las entrevistas serán realizadas a los servidores públicos claves para obtener información, a través de preguntas que serán planteadas durante el avance de la tesis.

#### 4.2. Interpretación de Datos

Se obtienen los resultados de las encuestas realizadas a los servidores públicos claves que laboran en el área de la tecnología MPLS.

Estos resultados son importantes porque desde el punto de vista de cada entrevistado obtendré información sobre las tecnologías MPLS.

#### **Encuestado: Ing. Luis Villegas**

##### **1. ¿Cuántos años tiene la tecnología MPLS funcionando en el mercado mundial?**

15 años.

##### **2. ¿Cuántos años tiene la tecnología MPLS funcionando en el Ecuador?**

En Ecuador la primera empresa en implementar MPLS fue Telconet hace 10 años.

##### **3. ¿Cuántos años tiene la tecnología MPLS implementada en CNT?**

En CNT se implementó hace 7 años aproximadamente.

**4. ¿Cuáles son las mejoras que ofrece la tecnología MPLS con respecto a las tecnologías anteriores?**

Por supuesto. El enrutamiento Ip anterior usaba más procesamiento y en teoría más tiempo en la conmutación de una ruta.

**5. ¿Cree usted que la tecnología MPLS está reemplazando el mercado actual?**

Por supuesto.

**6. ¿MPLS es la solución actual para las nuevas redes de transporte?**

Actualmente si, sin embargo existen otras tecnologías que podrían trabajar en conjunto con MPLS.

**7. ¿Cree usted que la tecnología MPLS es una solución acertada para las empresas que decidan implementarla?**

Para empresas medianas y grandes por supuesto que sí.

**8. Considera que la tecnología MPLS es confiable, para el transporte de paquetes, ¿Por qué?**

Es más rápido, además MPLS tiene túneles encriptados.

**9. ¿Considera que la tecnología MPLS, solucionará la demanda de tráfico que cada año incrementa en el mundo de las comunicaciones?**

Podría ser acompañado de otros protocolos tales como IPV6 que dan mayor cantidad de IP públicas al mundo valiéndose de la mayor rapidez de MPLS.

**10. ¿Cuáles serían las desventajas de MPLS?**

No

**11. ¿Considera al software GNS3 una aplicación confiable para el desarrollo previo a la implementación de algún diseño?**

Claro como aplicaciones didácticas y para generaciones de proyectos previas.

**12. ¿Existen en el mercado actual un software mejor que el GNS3?**

Sí. Existen versiones mejorada llamada XRV que ayuda a monitorear en conjunto con GNS3, sin embargo hasta la presente fecha GN# es el mejor

**Encuestado: Sr. Eddy Yépez**

**1. ¿Cuántos años tiene la tecnología MPLS funcionando en el mercado mundial?**

13 a 15 años.

**2. ¿Cuántos años tiene la tecnología MPLS funcionando en el Ecuador?**

Se Implementó desde el 2004.

**3. ¿Cuántos años tiene la tecnología MPLS implementada en CNT?**

En CNT se implementó hace 7 a 8 años aproximadamente.

**4. ¿Cuáles son las mejoras que ofrece la tecnología MPLS con respecto a las tecnologías anteriores?**

Transporta todo tipo de datos. MPLS se puede encapsular todas las tecnologías existentes en el mercado.

**5. ¿Cree usted que la tecnología MPLS está reemplazando el mercado actual?**

Sí.

**6. ¿MPLS es la solución actual para las nuevas redes de transporte?**

Sí.

**7. ¿Cree usted que la tecnología MPLS es una solución acertada para las empresas que decidan implementarla?**

Depende de los Servicios que deseen implementar.

**8. Considera que la tecnología MPLS es confiable, para el transporte de paquetes, ¿Por qué?**

Si es más confiable porque permite dar mayor detalle a las QoS.

**9. ¿Considera que la tecnología MPLS, solucionará la demanda de tráfico que cada año incrementa en el mundo de las comunicaciones?**

MPLS solo no, depende de algunos recursos.

**10. ¿Cuáles serían las desventajas de MPLS?**

No.

**11. ¿Considera al software GNS3 una aplicación confiable para el desarrollo previo a la implementación de algún diseño?**

Sí.

**12. ¿Existen en el mercado actual un software mejor que el GNS3?**

Sí. IOSONUNIX O IOU

**Encuestado: Ing. Javier Samaniego**

**1. ¿Cuántos años tiene la tecnología MPLS funcionando en el mercado mundial?**

15 años aproximadamente.

**2. ¿Cuántos años tiene la tecnología MPLS funcionando en el Ecuador?**

El pionero fue Telconet en el año 2006.

**3. ¿Cuántos años tiene la tecnología MPLS implementada en CNT?**

En el 2003 se implementó la primera red MPLS en CNT, sin embargo por problemas político no se usaron los equipos, sin embargo fue en el año 2008 que se implementaron y se usaron.

**4. ¿Cuáles son las mejoras que ofrece la tecnología MPLS con respecto a las tecnologías anteriores?**

Qos, TE, Multicast y Unicast.

**5. ¿Cree usted que la tecnología MPLS está reemplazando el mercado actual?**

Ya fue reemplazado.

**6. ¿MPLS es la solución actual para las nuevas redes de transporte?**

Sí.

**7. ¿Cree usted que la tecnología MPLS es una solución acertada para las empresas que decidan implementarla?**

Sí.

**8. Considera que la tecnología MPLS es confiable, para el transporte de paquetes, ¿Por qué?**

Porque tiene el plus adicional de la VRF el cual separa el tráfico de los clientes.

**9. ¿Considera que la tecnología MPLS, solucionará la demanda de tráfico que cada año incrementa en el mundo de las comunicaciones?**

La demanda de tráfico está limitada por la transmisión no por la tecnología.

**10. ¿Cuáles serían las desventajas de MPLS?**

MPLS depende del Vrf y del Igp, es decir que si Vrf y Igp tiene problemas MPLS tienen problemas.

**11. ¿Considera al software GNS3 una aplicación confiable para el desarrollo previo a la implementación de algún diseño?**

Es versátil, útil y libre que pueden simular un laboratorio, aunque no reemplaza a la implementación real, pero se acerca bastante a lo real.

**12. ¿Existen en el mercado actual un software mejor que el GNS3?**

Sí. Pero son aplicaciones privadas.

**Encuestado: Ing. Manuel Zatzabal**

**1. ¿Cuántos años tiene la tecnología MPLS funcionando en el mercado mundial?**

10 a 15 años aproximadamente.

**2. ¿Cuántos años tiene la tecnología MPLS funcionando en el Ecuador?**

7 años.

**3. ¿Cuántos años tiene la tecnología MPLS implementada en CNT?**

7 años.

**4. ¿Cuáles son las mejoras que ofrece la tecnología MPLS con respecto a las tecnologías anteriores?**

Las mejoras que ofrece es que en una misma plataforma se puede ofrecer varios servicios.

**5. ¿Cree usted que la tecnología MPLS está reemplazando el mercado actual?**

Sí.

**6. ¿MPLS es la solución actual para las nuevas redes de transporte?**

Para las nuevas redes de transporte no, para los servicios de transportes sí.

**7. ¿Cree usted que la tecnología MPLS es una solución acertada para las empresas que decidan implementarla?**

Depende de los requerimientos de las empresas y depende si la empresa es mediana o grande, puesto que las pequeñas empresas no requieren de un servicio MPLS.

**8. Considera que la tecnología MPLS es confiable, para el transporte de paquetes, ¿Por qué?**

Sí.

**9. ¿Considera que la tecnología MPLS, solucionará la demanda de tráfico que cada año incrementa en el mundo de las comunicaciones?**

La solución de tráfico no lo soluciona MPLS sino transmisiones.

**10. ¿Cuáles serían las desventajas de MPLS?**

MPLS por sí sola no usa el potencial de su red, debe contar con aplicaciones adicionales.

**11. ¿Considera al software GNS3 una aplicación confiable para el desarrollo previo a la implementación de algún diseño?**

Claro. GNS3 provee de una plataforma de red la cual proporciona IOS que permiten interactuar de forma real con todos los componentes que proporciona la aplicación.

## **12. ¿Existen en el mercado actual un software mejor que el GNS3?**

En mi experiencia personal no conozco otro software mejor que el GNS3.

### **4.3. Verificación de Hipótesis**

Los datos obtenidos de las respuestas a los encuestados y lo extraído de las fuentes bibliográficas y tesis varias, puedo afirmar que la tecnología MPLS es actualmente la mejor opción que existe en el Ecuador para empresas medianas y grandes que proveen servicios de voz, datos y tv.

Esta afirmación se debe a que las hipótesis realizadas en el capítulo 2 indicaron lo siguiente:

1. LA IETF creo un protocolo que proporciona Calidad de Servicio, Fiabilidad y garantías de conmutación multinivel
2. GNS3 es una herramienta confiable que minimiza errores en el diseño a implementar.
3. La simulación del diseño en GNS3 demostró ser una herramienta capaz de soportar las redes basadas en MPLS.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Después de implementar el diseño entre sucursales en el simulador GNS3 he llegado a la conclusión que MPLS es un protocolo que presenta varios beneficios para empresas medianas y grandes existentes en el mercado ecuatoriano, puesto que su servicio de calidad y su ingeniería de tráfico disminuye notablemente el tráfico de una red.

Adicionalmente las razones por la cual la IETF creó el protocolo MPLS fueron los correctos porque soporta nuevos servicios que las redes ip convencionales no hacen, además de funcionar con cualquier otro tipo de tecnología de transporte.

Mpls puede integrar distintos dominios de red independientemente de su protocolo de capa 2 a través de distintas técnicas de encapsulamiento, esto se debe a la gestión multi-etiquetas que permite la combinación del enrutamiento de la capa de red con la conmutación de la capa de enlace para el envío de paquetes utilizando etiquetas cortas de longitud fija, separando el plano de control del plano de datos.

Para finalizar MPLS permite a los proveedores de servicios ser más competitivos y estar más actualizados en cuanto a avance tecnológico se refiere, también permite tener una infraestructura mejor preparada para soportar nuevos clientes y ofrecer mejor servicios a sus usuarios finales, adicionalmente GNS3 permite a los profesionales que carecen de experiencia básica obtenerla ya que el software posee una interfaces grafica amigable y fácil de entender.

## 5.2. Recomendaciones

Antes que nada debemos considerar ciertos aspectos para realizar las simulaciones con GNS3:

1. Necesitamos contar con el hardware lo suficientemente potente para procesar la información de muchos enrutadores simultáneamente. Siendo necesario tener como mínimo 4 GB de memoria RAM, una velocidad de procesador de al menos 4 GHz.
2. Tenemos que considerar previamente a la implementación de nuestro diseño los requerimientos de nuestro usuario.
3. Tomar en consideración las características técnicas que cada dispositivo que se desee usar para la implementación de nuestro diseño.
4. Existen mecanismos de balanceo de carga implementados en los encaminadores Cisco ® a través de su Cisco IOS, se recomienda usar balanceo de carga por destino; los sistemas de Juniper Networks a través de su sistema JUNOS®, y en redes experimentales de alta velocidad como la JGN (Japan Gigabit Network).
5. Es importante destacar que las redes privadas virtuales es una aplicación fundamental para los proveedores de servicios, ya que hoy en día, las grandes empresas quieren establecer una comunicación total, fluida y privada entre sus distintas sedes; mejorando la rentabilidad de estas mismas

## **CAPÍTULO 6**

### **PROPUESTA**

#### **6.1. Datos Informativos**

Diseño y Simulación De Una Red Mpls Para Interconectar Estaciones Remotas Utilizando El Emulador Gns3.

##### **6.1.1. Proponente**

Emileni Solange Castro Ullauri

##### **6.1.2. Objeto de Estudio**

Empresas o Institución Educativa que deseen interconectar sucursales.

##### **6.1.3. Beneficiarios**

Estudiantes que deseen Implementar el Proyecto

#### **6.2. Antecedentes de la Propuesta**

El presente trabajo se desarrolló pensando en la poca información en español que se encuentra sobre la tecnología MPLS es por estas razones que deseo dar a conocer los conceptos básicos de la tecnología y presentar un diseño que interconecte sucursales utilizando etiquetamiento de paquetes, y el desempeño de la tecnología mediante sus aplicaciones.

#### **6.3. Justificación**

El presente trabajo permitirá a la investigadora adquirir conocimientos de redes y tecnologías que se pueden aplicar en una empresa de acuerdo a la problemática que tenga, a su vez servirá de base para futuros investigadores que propongan una misma temática.

La propuesta es necesaria para tener claro los conceptos y conocer ampliamente la tecnología MPLS, sus niveles de calidad de servicio, su infraestructura, su arquitectura y la ingeniería de tráfico que posee dicha tecnología.

## **6.4. Objetivos**

### **6.4.1. Objetivo General**

- El objetivo de ésta investigación es dar a conocer la tecnología MPLS de una manera más sencilla para que cualquier persona con conocimientos nulos pueda entenderla.

### **6.4.2. Objetivos Específicos**

- Seleccionar los conceptos fundamentales de la tecnología de conmutación de etiquetas multiprotocolo (MPLS).
- Explicar los beneficios que brinda la tecnología MPLS en cuanto a la calidad del servicio.
- Implementar los procesos de implementar la tecnología MPLS en una red que interconecten sucursales entre sí mediante la simulación de la aplicación GNS3.

## **6.5. Análisis de Factibilidad**

### **6.5.1. Factibilidad Económica**

Implica la disponibilidad de capital, bien sea en efectivo o créditos de financiamiento, para llevar a cabo el desarrollo del proyecto.

Para que un proyecto económicamente factible, es necesario que el resultado de su desarrollo se traduzca en beneficios económicos y permita la rápida recuperación del capital invertido. (Gutierrez)

	<b>Sistema Actual</b>	<b>Implementación MPLS</b>
Tiempo Estimado en el Diseño y Simulación con el Software GNS3	15	2
Costo Mano de Obra Diaria	\$30,00	\$0
Tiempo estimado de implementación (días)	60	15
Mano de obra (\$)	\$800,00	\$0
Costo adquisición de hardware (3 router 2691)	\$2,100	\$2,100
Días de trabajo	60	7
<b>Total Inversión (\$)</b>	<b>\$2,930</b>	<b>\$2,100</b>
<b>RSI (Retorno sobre la inversión)</b>	<b>34.129%</b>	<b>47.61%</b>

**Tabla 4. Factibilidad Económica del Proyecto**  
(Solange Castro, 2015)

## 6.6. Fundamentación

Los Ing. en Sistemas, Telemática y Telecomunicaciones constantemente deben actualizarse en las nuevas tecnologías y protocolos que van surgiendo en el mercado sin embargo los cursos de actualizaciones tienen costos elevados que muchos no podemos pagar por diferentes razones, es por ello que pensé y decidí realizar como tema de tesis un diseño y simulación de una red mpls para interconectar estaciones remotas utilizando el emulador gns3 con el objetivo de explicar el protocolo de

conmutación de una manera fácil de entender que sirva a todas las personas que deseen aprender sobre el protocolo y que no cuentan con recursos económicos para poder tomarlos.

Las ventajas que presenta mi proyecto de tesis con respecto a los proyectos existente en el mercado que hablan del mismo tema es que la mayor cantidad de información confiable en internet y en los libros se encuentra en inglés y mucha de la información sobre la tecnología se podría entender si se tuvieran conocimientos previos sobre la misma, por tal razón mi tesis contiene la información en español y conceptos claros y claves que permitirá a toda persona que no entiende de la tecnología comprender la misma.

Adicionalmente en las entrevistas realizadas a los Ing. del área MPLS entendí que los beneficios que brinda la tecnología es dar soluciones seguras, flexibles y confiables, prioriza el tráfico dentro de la red, la calidad de servicio es diferenciada y los costos son mejores en comparación con los servicios tradicionales.

## **6.7. Metodología y Modelo Operativo**

### **6.7.1. Metodología**

#### **▪ Método de Análisis**

Consiste en la separación de las partes de un todo a fin de estudiar las por separado así como examinar las relaciones entre ellas. (Bunge)

Se identificara con detalle sus componentes globales, sus protocolos de distribución y aplicaciones potenciales.

#### **▪ Método Experimental**

Consiste en comprobar, medir las variaciones o efectos que sufre una situación cuando ellas se introducen una nueva causa dejando las demás causas en igual estudio. (Bunge)

Se aplicara este método en el momento de realizar el diseño en el emular GNS3 para demostrar que el software es una herramienta confiable y efectiva en el cumplimiento de los parámetros.

### 6.7.2. Modelo Operativo

Actividades	Recursos	Tiempo	Responsable	Costo
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Enunciado del Problema.</li> <li>▪ Formulación del Problema.</li> <li>▪ Sistematización del Problema.</li> <li>▪ Objetivos del Problema.</li> <li>▪ Justificación del Problema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Humano</li> <li>▪ Computadoras</li> </ul>	8 días	Solange Castro. Ing. Huilcapi	\$ 0
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Antecedentes Investigativos.</li> <li>▪ Formulación de la Hipótesis.</li> <li>▪ Señalamiento de las Variables.</li> <li>▪ Marco Conceptual.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Humanos</li> <li>▪ Computadoras</li> <li>▪ Libros</li> <li>▪ Internet</li> </ul>	26 días	Solange Castro. Ing. Huilcapi.	\$ 50
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Modalidad Básica de la Investigación.</li> <li>▪ Nivel o Tipo de Investigación.</li> <li>▪ Población y Muestra.</li> <li>▪ Operacionalización de Variables e Indicadores.</li> <li>▪ Plan de Recolección de Información.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Humanos</li> <li>▪ Computadoras</li> <li>▪ Libros</li> <li>▪ Internet</li> </ul>	3 días	Solange Castro.	\$ 50

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Análisis de los resultados.</li> <li>▪ Entrevista.</li> <li>▪ Cuestionario.</li> <li>▪ Interpretación de Datos.</li> <li>▪ Verificación de la Hipótesis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Humanos</li> <li>▪ Computadoras</li> </ul>	1 día	Solange Castro.	\$ 0
--	---	-------	-----------------	------

**Tabla 5. Modelo Operativo**  
(Solange Castro, 2014)

## 6.8. Administración

### 6.8.1. Cronograma de Actividades

Actividad	Duración	Inicio	Fin
1. Catatula	1 día	mié 10/01/14	mié 10/01/14
2. Declaratoria de responsabilidad	1 día	mié 10/01/14	mié 10/01/14
3. Agradecimiento	1 día	mié 10/01/14	mié 10/01/14
4. Índice	1 día	mié 10/01/14	mié 10/01/14
5. Resumen	1 día	mié 10/01/14	mié 10/01/14
6. Abstract	1 día	mié 10/01/14	mié 10/01/14
7. Introducción	1 día	mié 10/01/14	mié 10/01/14
8. Capítulo 1: Planteamiento del Problema	6 días	lun 10/06/14	sáb 10/13/14
10. Enunciado del Problema	2 días	lun 10/13/14	mar 10/14/14
11. Formulación del Problema	1 día	mié 10/15/14	mié 10/15/14
12. Sistematización del Problema	1 día	lun 10/16/14	lun 10/16/14
13. Objetivos del Problema	2 días	vie 10/17/14	sáb 10/18/14
14. Justificación del Problema	2 días	lun 10/20/14	mar 10/21/14
15. Capítulo 2: Marco Teórico	16 días	mié 10/22/14	mié 11/06/14
16. Antecedentes Investigativos	1 día	lun 10/27/14	lun 10/27/14
17. Fundamentación Teórica	2 días	mar 10/28/14	mié 10/29/14
18. ¿Qué es MPLS?	2 días	mié 10/29/14	lun 10/30/14
19. ¿Cómo funciona MPLS?	2 días	vie 10/31/14	lun 11/03/14
20. Ventajas y Desventajas de MPLS	2 días	mar 11/05/14	mié 11/06/14
21. Estructura de una Red MPLS	1 día	lun 11/04/14	lun 11/04/14
22. Arquitecturas de la Red MPLS	2 días	vie 11/07/14	lun 11/10/14
23. Triquetras	3 días	mar 11/11/14	lun 11/11/14
24. Aplicaciones de la red MPLS	1 día	vie 11/14/14	vie 11/14/14
25. Convergencia de Red MPLS	1 día	sáb 11/15/14	sáb 11/15/14
26. Ideas Preconcebidas Sobre MPLS	1 día	lun 11/17/14	lun 11/17/14
27. ¿MPLS Elimina el Enrutamiento?	1 día	mar 11/18/14	mar 11/18/14
28. MPLS en Ecuador	1 día	mié 11/19/14	mié 11/19/14
29. Formulación de la Hipótesis	2 días	lun 11/20/14	vie 11/21/14
30. Señalamiento de Variables	3 días	sáb 11/22/14	mar 11/25/14
31. Marco Conceptual	1 día	mié 11/26/14	mié 11/26/14
32. Capítulo 3: Marco Metodológico	3 días	lun 11/27/14	lun 11/27/14
33. Metodología de la Investigación	1 día	lun 11/27/14	lun 11/27/14
34. Nivel o Tipo de Investigación	1 día	lun 11/27/14	lun 11/27/14
35. Población y Muestra	1 día	lun 11/27/14	lun 11/27/14
36. Operacionalización de Variables e Indicadores	2 días	vie 11/28/14	sáb 11/29/14
37. Plan de recolección de información	1 día	lun 12/01/14	lun 12/01/14
38. Plan de procesamiento de la información	1 día	lun 12/01/14	lun 12/01/14
39. Capítulo 4: Análisis y Resultados	1 día	mar 12/02/14	mar 12/02/14
40. Análisis de los resultados	1 día	mar 12/02/14	mar 12/02/14
41. Interpretación de datos	1 día	mar 12/02/14	mar 12/02/14
42. Discusión de Resultados	1 día	mar 12/02/14	mar 12/02/14
43. Capítulo 5: Recomendaciones y Conclusiones	3 días	mié 12/03/14	mié 12/03/14
44. Recomendaciones y Conclusiones	1 día	mié 12/03/14	mié 12/03/14
45. Capítulo 6: Propuesta	8 días	lun 12/04/14	lun 12/15/14
46. Datos Informativos de la Propuesta	1 día	lun 12/04/14	lun 12/04/14
47. Antecedentes Investigativos de la Propuesta	1 día	lun 12/04/14	lun 12/04/14
48. Justificación de la Propuesta	1 día	vie 12/05/14	vie 12/05/14
49. Objetivos de la Propuesta	2 días	vie 12/05/14	mié 12/08/14
50. Análisis de Factibilidad de la Propuesta	3 días	sáb 12/06/14	sáb 12/06/14
51. Fundamentación de la Propuesta	3 días	lun 12/08/14	lun 12/08/14
52. Metodología y Modelo Operativo	1 día	mar 12/09/14	mar 12/09/14
53. Administración	1 día	mié 12/10/14	mié 12/10/14
54. Bibliografía	1 día	lun 12/11/14	lun 12/11/14
55. Anexos	1 día	sáb 12/13/14	sáb 12/13/14

**Gráfico 28. Cronograma de Actividades de la Tesis**  
(Solange Castro, 2014)

### 6.8.2. Presupuesto

El Presupuesto de la Investigación a Realizar no será alto, ya que se usara para el diseño de las redes un simulador el cual su licencia no tiene costo y se puede encontrar fácilmente en la web, adicionalmente se gastara en costo de transporte, copias y servicio internet, los cuales se detallan en el siguiente cuadro:

Detalle	Cantidad/ Tiempo	Subtotal
Transporte	700	\$250
Copias	1500	\$75
Servicio de Internet	5 meses	\$90
Emulador GNS3	-----	\$0
Total		<b>\$400</b>

**Tabla 6. Presupuesto de Tesis**  
(Solange Castro, 2014)

### 6.9. Software GNS3

Gns3 es un software simulador libre (freeware) creado para diseñar topologías de redes desde las más básica hasta la más compleja, simula router cisco y sus diferentes conexiones.

Gns3 usa Dynamips los cuales proporcionan los IOS de los equipos Cisco directamente en los router simulados lo que permite realizar las configuraciones exactamente igual como en los equipos físicos conectados a un cable de consola y usando un cable terminal.

Gns3 es una herramienta muy útil para los estudiantes que deseen aprender y entender las diferentes topologías de redes y sus protocolos, además es de mucha

utilidad para todos los futuros profesionales y profesionales que desean realizar laboratorios antes de rendir sus exámenes de Ccna, Ccnp, etc.

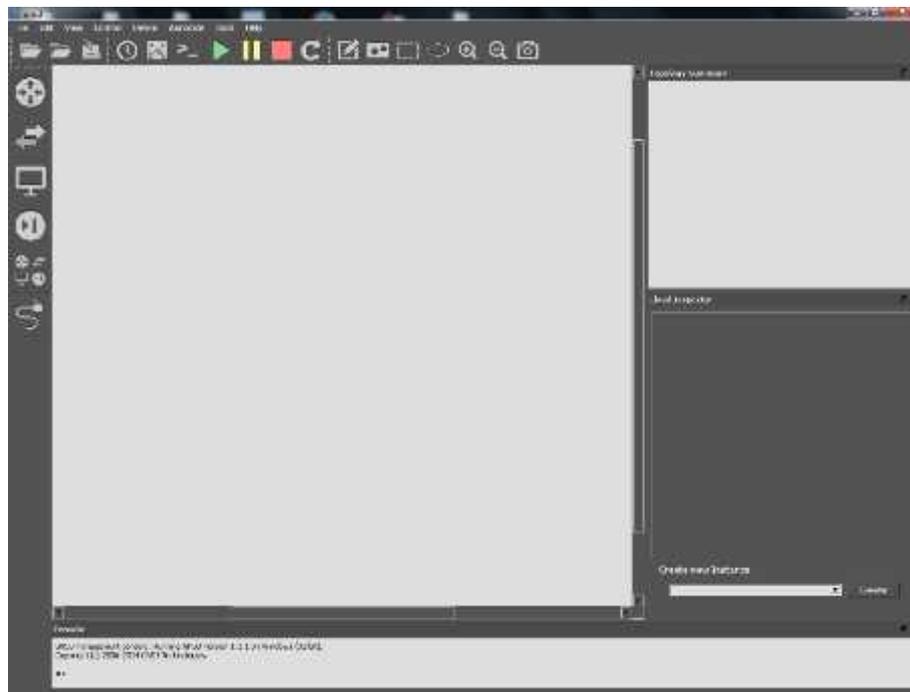
### 6.9.1. Ventajas de GNS3 sobre Packet Tracet

Gns3 trabaja en tiempo real en la computadora gracias a las imágenes de los IOS, sin embargo packet tracet emula los IOS en su forma básica, además que no puede usar protocolos como MPLS, BGP entre otras.

### 6.9.2. Desventajas de GNS3

Gns3 no puede usar una gran cantidad de router porque consume gran cantidad de memoria RAM, esto hace que el procesamiento de la computadora se vuelva extremadamente lento o se inhiba.

### 6.9.3. Interfaz Gráfica del GNS3



**Gráfico 29. Interfaz Gráfica de GNS3 1.2.1**  
(Solange Castro, 2014)

En su interfaz gráfica encontraremos las siguientes barras de herramientas, la cual se divide en 4 partes:

**Barra General:** Está constituida por elementos básicos tales como abrir nuevo archivo y abrir nuevo proyecto y guardar proyecto



**Gráfico 30. Herramienta Básica de GNS3 1.2.1**

(Solange Castro, 2014)

**Barra de Emulación:** Sirven para emular nuestro diseño.

1. Administrador de Snapshots: Permite hacer una captura de pantalla.



**Gráfico 31. Administrador de Snapshots de GNS3 1.2.1**

(Solange Castro, 2014)

2. Mostrar y Esconder las conexiones: Son todas las conexiones que se puede usar en nuestras interfaces.



**Gráfico 32. Mostrar y Esconder las conexiones de GNS3 1.2.1**

(Solange Castro, 2014)

3. Console Connect to all devices: Activa todas las conexiones en los puertos auxiliares de todos los dispositivos



**Gráfico 33. Console Connect to all devices de GNS3 1.2.1**

(Solange Castro, 2014)

4. Inicio: Inicia la emulación de la red, es decir que enciende todos los dispositivos de mi diseño.



**Gráfico 34. Inicio de GNS3 1.2.1**

(Solange Castro, 2014)

5. Pausa: Realiza la pausa de todo mi diseño



**Gráfico 35. Pausa de GNS3 1.2.1**

(Solange Castro, 2014)

6. Pare: Detiene la emulación de mi diseño



**Gráfico 36. Pare de GNS3 1.2.1**

(Solange Castro, 2014)

7. Reinicio: Reinicia toda la emulación de nuestro diseño



**Gráfico 37. Reinicio de GNS3 1.2.**

(Solange Castro, 2014)

**Barra de Dibujo:** Sirve para hacer comentarios, realizar dibujos extras a la topología, colocar nombres a los dispositivos que usamos en el diseño, ampliar y disminuir nuestro diseño y por ultimo sirve para capturar una imagen de nuestro diseño.



**Gráfico 38. Barra de Dibujo de GNS3 1.2.1**

(Solange Castro, 2014)

La interfaces de GNS3 posee una barra de herramientas llamada tipo de nodos en la cual encontraremos los diferentes dispositivos que podríamos utilizar para nuestra arquitectura de red. Aquí detallo a continuación:



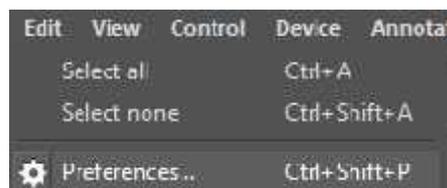
**Gráfico 39. Barra de Herramienta Tipo de Nodos de GNS3 1.2.1**

(Solange Castro, 2014)

#### 6.9.4. Introducción a la Simulación

El presente proyecto se explicara de manera sencilla la simulación de la tecnología MPLS, se enseñara las topologías básicas de MPLS, y la configuración básica de la misma.

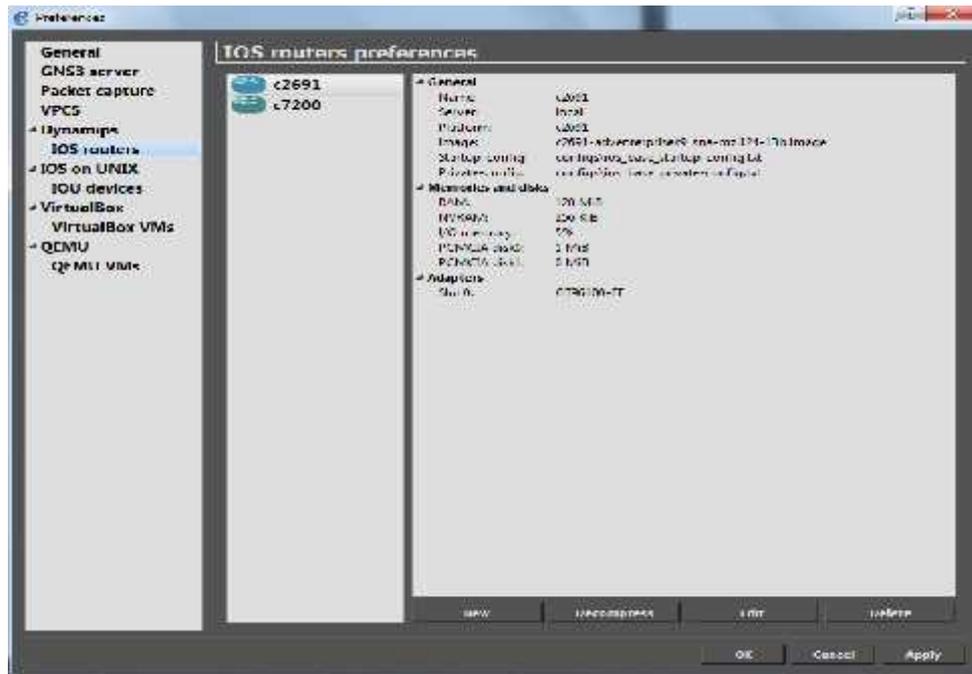
Pero antes de comenzar a configurar debemos descargar los IOS de los router con los que deseamos trabajar. Una vez realizada la descargar de los IOS damos clic en Edit y seleccionamos preferencias y buscamos el IOS que deseamos usar.



**Gráfico 40. Selección de IOS en GNS3 1.2.1**

(Solange Castro, 2014)

Luego aparecerá la siguiente pantalla donde subiremos los IOS que utilizaremos en nuestro diseño, después de esto podemos iniciar con la configuración de nuestro diseño:



**Gráfico 41. Pantalla IOS Router Preferences en GNS3 1.2.1**  
(Solange Castro, 2014)

## 6.10. Diseño y Configuración de la Red MPLS

### 6.10.1. Diseño de la Red MPLS

En el presente proyecto se configurara y realizara un diseño partiendo desde el ISP (núcleo) hasta el usuario final, en el cual se aplicara parte de los conocimientos explicados en el capítulo 2; explicare la configuración de los P (Provider's Router), PE (Provider's Edge Router), y de los CE (Customer's Edge Router) del core de mi red.

En el diseño utilizare router cisco 7200 en los P y los PE los cuales realizaran la distribución y enrutamiento de la red, adicionalmente estos routers servirán para realizar el proceso MPLS; también usaré routers 2691 en los CE para los clientes que se encuentran ubicados en Guayaquil, Quito y Cuenca, los cuales estarán conectados mediante conexiones Fastethernet, en donde el medio de transmisión podría ser fibra óptica, sin embargo esto es un tema que no tocare porque puede variar según los requerimientos del cliente y el factor económico del mismo.

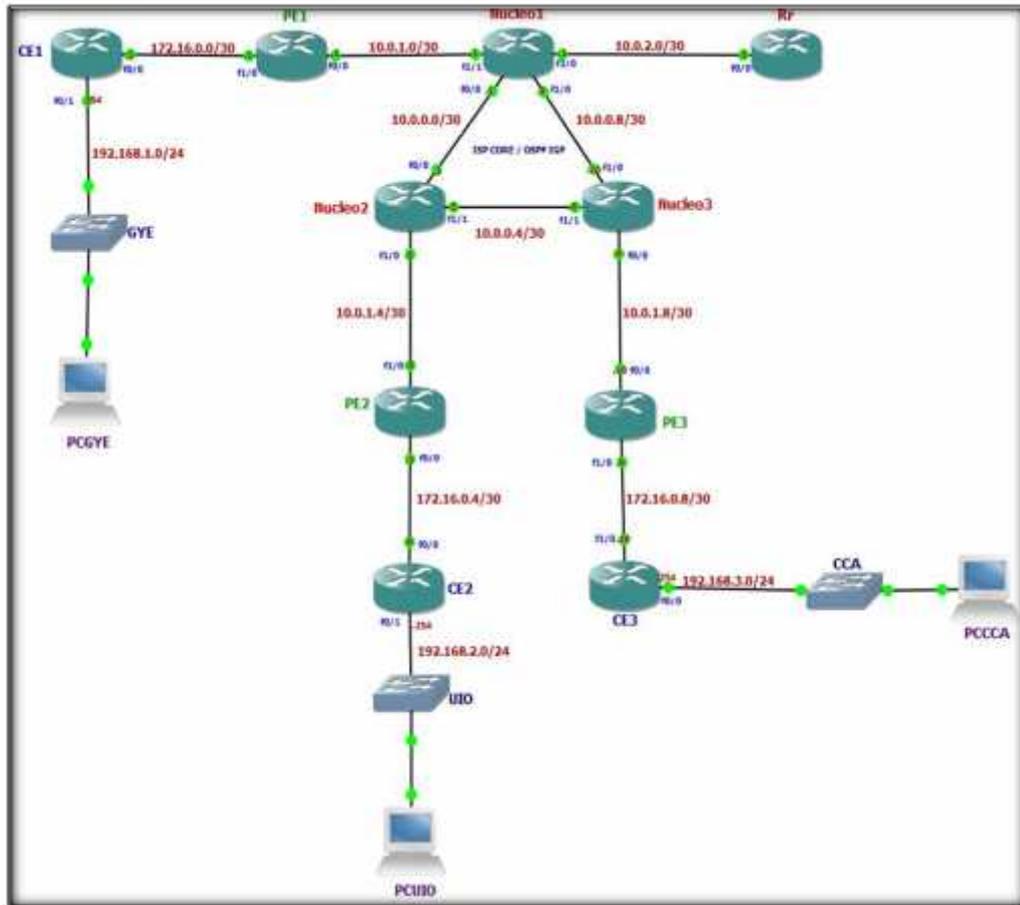
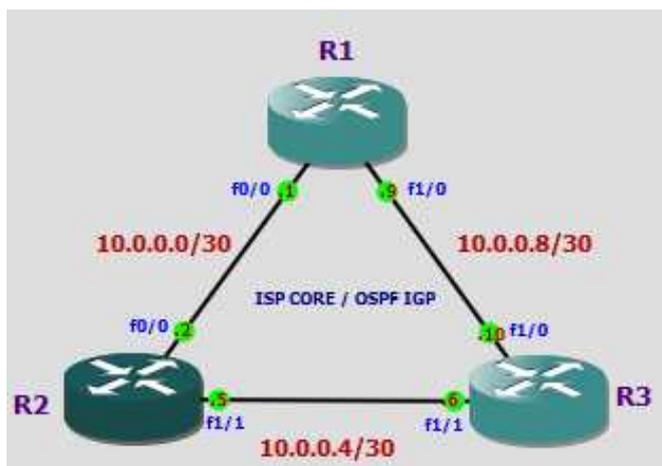


Gráfico 42. Arquitectura de la Red  
(Solange Castro, 2014)

## 6.10.2. Configuraciones Básicas de los Equipos

### 6.10.2.1. Configuración del Núcleo MPLS

Para empezar a configurar el núcleo MPLS se debe usar el protocolo LDP (Label Discovery Protocol) y el protocolo OSPF el cual usaremos en el núcleo. Se construirá una LIB (Label Information Base) y la LFIB (Label Forwarding Information Base), y conoceremos como trabaja el CEF (Cisco Express Forwarding).



**Gráfico 43. Topología Básica de ISP CORE / OSPF IGP**  
(Solange Castro, 2015)

Esta configuración se aplica para todos los Router de nuestro Core, en mi caso son 3, cada vez que se aumente una red al router se debe incluir la red a la configuración OSPF para que se puedan comunicar.

Para configurar cada router debemos dar clic derecho y seleccionar la opción configuración, dentro de configuración nos desplazamos a la opción slots para seleccionar el tipo de conexión, de esta forma lo hacemos con cada uno de los router del núcleo.



**Gráfico 44. Configuración de los Router**  
(Solange Castro, 2015)

Ahora ingresamos a la consola de cada router de nuestro núcleo para configurar de la siguiente manera:

```
R1#configure terminal
R1(config)#hostname Nucleo1
Nucleo1(config)#ip cef
Nucleo1(config)#interface Loopback0
Nucleo1(config-if)#ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
Nucleo1(config-if)#exit
Nucleo1(config)#mpls ip
Nucleo1(config)#int f0/0
Nucleo1(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.255.255.252.
Nucleo1(config-if)#duplex full
Nucleo1(config-if)#no shutdown
Nucleo1(config-if)#mpls ip
Nucleo1(config-if)#exit
Nucleo1(config)#int f1/0
Nucleo1(config-if)#ip address 10.0.0.9 255.255.255.252
Nucleo1(config-if)#speed 100
Nucleo1(config-if)#duplex full
Nucleo1(config-if)#no shutdown
Nucleo1(config-if)#mpls ip
Nucleo1(config-if)#end
```

Con esta configuración el ISP apenas está iniciando su operación y como no tiene usuarios conectados, por ahora el tráfico es interno.

Para comprobar que las interfaces del Nucleo1 están levantadas usos el comando **show ip interface brief** y se mostrara lo siguiente:

```
Nucleo1#sh ip interface brief
```

Interface	IP-Address	OK?	Method	Status	Protocol
<b>FastEthernet0/0</b>	<b>10.0.0.1</b>	<b>YES</b>	<b>manual</b>	<b>up</b>	<b>up</b>
<b>FastEthernet1/0</b>	<b>10.0.0.9</b>	<b>YES</b>	<b>manual</b>	<b>up</b>	<b>up</b>
FastEthernet1/1	unassigned	YES	unset	administratively down	down
FastEthernet2/0	unassigned	YES	unset	administratively down	down
FastEthernet2/1	unassigned	YES	unset	administratively down	down
<b>Loopback0</b>	<b>1.1.1.1</b>	<b>YES</b>	<b>manual</b>	<b>up</b>	<b>up</b>

Ahora configuramos el OSPF quedando de la siguiente manera:

```
Nucleo1(config)#router ospf 100
```

```
Nucleo1(config-router)#network 1.1.1.1 255.255.255.255 area 0
```

```
Nucleo1(config-router)#network 10.0.0.0 255.255.255.252 area 0
```

```
Nucleo1(config-router)#network 10.0.0.4 255.255.255.252 area 0
```

```
Nucleo1(config-router)#network 10.0.0.8 255.255.255.252 area 0
```

Luego configuramos los demás router de la misma forma y al final para confirmar que se están comunicando en OSPF se usa el comando **show ip route**, mostrándonos lo siguiente:

```
Nucleo1#show ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, **O - OSPF**, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, \* - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

1.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets

C 1.1.1.1 is directly connected, Loopback0

2.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets

**O 2.2.2.2 [110/2] via 10.0.0.2, 00:16:23, FastEthernet0/0**

3.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets

**O 3.3.3.3 [110/2] via 10.0.0.10, 00:16:23, FastEthernet1/0**

10.0.0.0/30 is subnetted, 3 subnets

C 10.0.0.8 is directly connected, FastEthernet1/0

C 10.0.0.0 is directly connected, FastEthernet0/0

**O 10.0.0.4 [110/2] via 10.0.0.10, 00:16:23, FastEthernet1/0**

[110/2] via 10.0.0.2, 00:16:23, FastEthernet0/0

Para habilitar MPLS en los router se realizan tres pasos:

1. MPLS no funcionará si no se habilita CEF, se requiere ejecutar el comando ip cef en cada router que se desea implementar MPLS.
2. Se debe habilitar MPLS de manera global mediante el comando mpls ip.

3. Finalmente, se configura el protocolo de distribución de etiquetas sobre las interfaces conectadas al núcleo MPLS con el fin de habilitar el intercambio de etiquetas entre los router, esto se hace a través del comando `mpls ip`.

Para confirmar que se están comunicando en MPLS usaremos en comando **Show mpls interface**

**Nucleo1#sh mpls inter**

Interface	IP	Tunnel	Operational
FastEthernet0/0	Yes (ldp)	No	Yes
FastEthernet1/0	Yes (ldp)	No	Yes

Completada la configuración de todos los routers conectados al núcleo, podemos verificar que se han establecidos las sesiones LDP y que se están comunicando, para confirmar su comunicación se usa el comando **show mpls ldp discovery** y **show mpls ldp neighbor**

**Nucleo1#show mpls ldp discovery**

Local LDP Identifier:

1.1.1.1:0

Discovery Sources:

Interfaces:

FastEthernet0/0 (ldp): xmit/rcv

LDP Id: 2.2.2.2:0

FastEthernet1/0 (ldp): xmit/rcv

LDP Id: 3.3.3.3:0

Nucleo1#**show mpls ldp neighbor**

Peer LDP Ident: 3.3.3.3:0; Local LDP Ident 1.1.1.1:0

**TCP connection: 3.3.3.3.62222 - 1.1.1.1.646**

State: Oper; Msgs sent/rcvd: 30/31; Downstream

Up time: 00:18:14

LDP discovery sources:

FastEthernet1/0, Src IP addr: 10.0.0.10

Addresses bound to peer LDP Ident:

10.0.0.6 3.3.3.3 10.0.0.10

Peer LDP Ident: 2.2.2.2:0; Local LDP Ident 1.1.1.1:0

TCP connection: 2.2.2.2.39987 - 1.1.1.1.646

State: Oper; Msgs sent/rcvd: 24/24; Downstream

Up time: 00:13:39

LDP discovery sources:

FastEthernet0/0, Src IP addr: 10.0.0.2

Addresses bound to peer LDP Ident:

10.0.0.2 2.2.2.2 10.0.0.5

Note el LDP Id en la salida del comando show mpls ldp discovery, ha escogido la dirección de manera similar como se escoge el router id en la mayoría de los protocolos, es decir selecciona la dirección ip más alta de la interface Loopback de enrutador, y si no se tiene ni una interface de Loopback, escoge la dirección más alta de la interface física, hay que resaltar que LDP se comunica usando TCP por medio del puerto 646, es importante recordar en caso que se tenga que implementar seguridad.

Ahora revisaremos la LIB y la LFIN del router Nucleo1

Nucleo1#**show mpls ip binding**

1.1.1.1/32

in label: imp-null

out label: 17 lsr: 3.3.3.3:0

out label: 17 lsr: 2.2.2.2:0

2.2.2.2/32

in label: 18

out label: imp-null lsr: 2.2.2.2:0 inuse

out label: 18 lsr: 3.3.3.3:0

3.3.3.3/32

in label: 16

out label: imp-null lsr: 3.3.3.3:0 inuse

out label: 18 lsr: 2.2.2.2:0

10.0.0.0/30

in label: imp-null

out label: 16 lsr: 3.3.3.3:0

out label: imp-null lsr: 2.2.2.2:0

10.0.0.4/30

in label: 17

out label: imp-null lsr: 3.3.3.3:0 inuse

out label: imp-null lsr: 2.2.2.2:0 inuse

10.0.0.8/30

in label: imp-null

out label: imp-null lsr: 3.3.3.3:0

out label: 16 lsr: 2.2.2.2:0

## Nucleo1#show mpls forwarding-table

Local tag	Outgoing tag or VC	Prefix or Tunnel Id	Bytes switched	tag	Outgoing interface	Next Hop
16	Pop tag	3.3.3.3/32	0		Fa1/0	10.0.0.10
17	Pop tag	10.0.0.4/30	0		Fa1/0	10.0.0.10
	Pop tag	10.0.0.4/30	0		Fa0/0	10.0.0.2
18	Pop tag	2.2.2.2/32	0		Fa0/0	10.0.0.2

Una vez terminada la configuración del núcleo de la red, se debe comprobar que todas las redes se comuniquen entre sí con el comando ping, pero esta comprobación la dejare para que ustedes tengan algo que hacer.

### 6.10.2.2. Configurando en Router Reflector

Un router que envía actualizaciones a routers clientes. Cuando un cliente envía una actualización al route reflector, es enviado a su vez o reflejado a otros clientes. El route reflector es el único router que es configurado en un grupo de routers con varios clientes.

Ahora se configurará el Route Reflector

```
Rr(config)#ip cef
```

```
Rr(config)#interface Loopback0
```

```
Rr(config-if)#ip address 7.7.7.7 255.255.255.255
```

```
Rr(config)#int f0/0
```

```
Rr(config-if)#duplex full
```

```
Rr(config-if)#ip address 10.0.2.2 255.255.255.252
```

```
Rr(config-if)#no shutdown
```

```
Rr(config-if)#exit
```

```
Rr(config)#router ospf 100
Rr(config-router)#log-
Rr(config-router)#log-adjacency-changes
Rr(config-router)#net
Rr(config-router)#network 7.7.7.7 0.0.0.0 area 0
Rr(config-router)#network 10.0.2.0 255.255.255.252 area 0
Rr(config-router)#exit
Rr(config)#router bgp 100
Rr(config-router)#no synchronization
Rr(config-router)#bgp log-neighbor-changes
Rr(config-router-af)# neighbor 4.4.4.4 activate
Rr(config-router-af)# neighbor 4.4.4.4 send-community extended
Rr(config-router-af)# neighbor 4.4.4.4 route-reflector-client
Rr(config-router-af)# neighbor 5.5.5.5 activate
Rr(config-router-af)# neighbor 5.5.5.5 send-community extended
Rr(config-router-af)# neighbor 5.5.5.5 route-reflector-client
Rr(config-router-af)# neighbor 6.6.6.6 activate
Rr(config-router-af)# neighbor 6.6.6.6 send-community extended
Rr(config-router-af)# neighbor 6.6.6.6 route-reflector-client
Rr(config-router-af)# exit-address-family
```

Las direcciones ip de los vecinos o neighbor son las direcciones ip de los Pe, una vez configurado el Rr empezaremos a configurar los Pe de la siguiente manera para complementar la configuración del Rr:

### 6.10.2.3. Configurando los PE

Para que se comuniquen los PE con los CE se usará el protocolo BGP y las tablas VRF con el propósito de que las rutas de los CE alcancen a las rutas de los PE.

Después de configurar los PE con el protocolo OSPF comenzamos a configurar las VRF de la siguiente manera:

```
R4#conf t
R4(config)#ip cef
R4(config)#hostname PE1
PE1(config)#interface Loopback0
PE1(config-if)#ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
PE1(config-if)#exit
PE1(config)#mpls ip
PE1(config)#int f0/0
PE1(config-if)#ip address 10.0.1.2 255.255.255.252
PE1(config-if)#duplex full
PE1(config-if)#no shutdown
PE1(config-if)#mpls ip
PE1(config-if)#exit
PE1(config)#router ospf 100
PE1(config-router)#network 10.0.1.0 255.255.255.252 area 0
PE1(config-router)#network 4.4.4.4 255.255.255.255 area 0
PE1(config-router)#exit
PE1(config)#ip vrf PE100
PE1(config-vrf)#rd 100:100
PE1(config-vrf)#route-target export 100:100
```

```
PE1(config-vrf)#route-target import 100:100
```

```
PE1(config-vrf)#exit
```

```
PE1(config)#mpls label protocol ldp
```

```
PE1(config)#end
```

Debemos tomar en consideración al momento de configurar los Vrf que si tenemos configurada previamente la dirección ip de las interfaces, estas se borrarán; para confirmar que la configuración Vrf es correcta se usa el comando **Show ip vrf** [El nombre de la vrf, en este caso se llama PE100].

```
PE1#sh ip vrf PE100
```

Name	Default RD	Interfaces
PE100	100:100	Fa0/0

Ahora se va a configurar el protocolo BGP y address Family

```
PE1(config)#router bgp 100
```

```
PE1(config-router)#no synchronization
```

```
PE1(config-router)#bgp log-neighbor-changes
```

```
PE1(config-router)#neighbor 7.7.7.7 remote-as 100
```

```
PE1(config-router)#neighbor 7.7.7.7 update-source Loopback0
```

```
PE1(config-router)#neighbor 7.7.7.7 next-hop-self
```

```
PE1(config-router)#no auto-summary
```

```
PE1(config-router)#address-family vpnv4
```

```
PE1(config-router-af)#neighbor 7.7.7.7 active
```

```
PE1(config-router-af)#neighbor 7.7.7.7 activate
```

```
PE1(config-router-af)#neighbor 7.7.7.7 send-community extended
```

```
PE1(config-router-af)#exit-address-family
```

```
PE1(config-router)#address-family ipv4 vrf PE100
PE1(config-router-af)#redistribute connected
PE1(config-router-af)#no auto-summary
PE1(config-router-af)#no synchronization
PE1(config-router-af)#exit-address-family
PE1(config-router)#end
PE1#wr
```

Hasta este punto todos los P, Pe, y Rr se comunican entre sí, continuamos con la configuración de los CE:

#### **6.10.2.4. Configurando los CE**

La configuración de los CE es la más sencilla como se muestra a continuación:

```
interface FastEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
!
interface FastEthernet0/0.100
encapsulation dot1Q 100
ip address 172.16.1.2 255.255.255.252
!
interface FastEthernet0/1
ip address 192.168.1.254 255.255.255.0
speed auto
```

full-duplex

!

!

ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.16.1.1 name DefautRoute

## BIBLIOGRAFÍA

Alvez, R. (n.d.). Fundamentos de MPLS VPN. Retrieved from <http://www.cert.uy/wps/wcm/connect/3f5c2e804edd1794962896f04da0fafa/Presentaci%C3%B3n+de+MPLS-VPN.pdf?MOD=AJPERES>

Alvez, R. (2009). *Infraestructura Mpls*.

Andersson. (2007). *MPLS: Una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI*. Retrieved from <http://www.rediris.es/difusion/publicaciones/boletin/53/enfoque1.html>

Black, U. D. (2001). *MPLS and Label Switching Networks*. Michigan: Prentice Hall.

Black, Ulyess D. (2000). *QOS in Wide Area Networks*. Prentice Hall PTR.

Bruce S. Davie, A. F. (2008). *MPLS: Next Steps: Next Steps*. Morgan Kaufmann.

Canalis, M. S. (2003, Octubre). *Una Arquitectura de Backbone para la Internet del siglo XXI*. Retrieved 11 01, 2014, from Una Arquitectura de Backbone para la Internet del siglo XXI: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfic828r/sources/bmfic828r.pdf>

Cisco. (n.d.). *Multiprotocol Label Switching Mpls*. Retrieved from <http://es.slideshare.net/proydesa/cisco-mpls-en-castellano>

DOMINGUEZ, G. A. (n.d.). *Aplicación GNS3*. Retrieved from <http://www.gns3.net/>

Fernández, M. A. (2014). MPLS: Ventajas. *NETWORKWORD* , 15.

GARCIA, M. O. (2008). *MPLS, EL PRESENTE DE LAS REDES IP*. Retrieved from MPLS, EL PRESENTE DE LAS REDES IP: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1311/1/0046T172.pdf>

Gavilanes, A. B. (2007). *Diseño e Implementación Mediante el Simulador Dynamips de una Red*. Retrieved 2014 2014, 2014, from Diseño e Implementación Mediante el Simulador Dynamips de una Red: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1064/1/1892.pdf>

Gavilanes, L. M. (2007). *Diseño e Implementación Mediante el Simulador Dynamips de una Red*. Retrieved 10 29, 2014, from Diseño e Implementación Mediante el Simulador Dynamips de una Red: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1064/1/1892.pdf>

- Gracia, A. B. (2012). Implementación de Redes MPLS. Guayaquil.
- Gray, E. W. (2001). *MPLS: Implementing the Technology*. Michigan: Addison-Wesley.
- Grupos. (n.d.). *Mpls y sus Componentes*. Retrieved from [http://ldc.usb.ve/~poc/RedesII/Grupos/G5/mpls\\_y\\_sus\\_componentes.htm](http://ldc.usb.ve/~poc/RedesII/Grupos/G5/mpls_y_sus_componentes.htm)
- Harnedy, S. J. (2002). *The MPLS Primer: An Introduction to Multiprotocol Label Switching*. Michigan: Prentice Hall PTR.
- Harnedy, Sean J. (2002). *The MPLS Primer: An Introduction to Multiprotocol Label Switching*. Michigan: Prentice Hall PTR.
- Jarrín, A. A. (2007). *Diseño e Implementación Mediante el Simulador Dynamips de una Red*. Retrieved 10 29, 2014, from Diseño e Implementación Mediante el Simulador Dynamips de una Red: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1064/1/1892.pdf>
- Loshin, Peter. (2001). *Big Book of MPLS (multiprotocol Label Switching) RFCs*. Morgan Kaufmann.
- Martín, A. D. (2009, 08). *Ingeniería de Tráfico en Redes MPLS*. Retrieved 10 31, 2014, from Ingeniería de Tráfico en Redes MPLS: [http://iie.fing.edu.uy/investigacion/grupos/artes/fce/net-te/Ingenieria\\_de\\_Trafico\\_en\\_Red\\_MPLS-Paper.pdf](http://iie.fing.edu.uy/investigacion/grupos/artes/fce/net-te/Ingenieria_de_Trafico_en_Red_MPLS-Paper.pdf)
- Monografías. (n.d.). *Introducción a la Red Mpls*. Retrieved Septiembre 15, 2014, from <http://www.monografias.com>
- Morales. (2007, Octubre). *Hacia las Nuevas Tecnologías*. Retrieved from Hacia las Nuevas Tecnologías: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lis/morales\\_d\\_1/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lis/morales_d_1/capitulo2.pdf)
- Movistar. (n.d.). *Movistar Nacional*. Retrieved Septiembre 15, 2014, from <http://www.movistar.com.pa/onsite/datos-banda-ancha/136/mpls-nacional/42/>
- MPLS: Una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI*
- Peralta, J. (2012, 10 30). *MPLS (Multi Protocol Label Switching)*. Retrieved from MPLS (Multi Protocol Label Switching): [http://prezi.com/acr\\_j2s2ofmt/mpls-multi-protocol-label-switching/](http://prezi.com/acr_j2s2ofmt/mpls-multi-protocol-label-switching/)

Rekhter, B. D. (2000). *MPLS: Technology and Applications*. EEUU: Morgan Kaufmann Publishers.

Robert Lloyd-Evans. (2002). *QoS in Integrated 3G Networks*. Artech House.

Rodríguez, D. (2008, Noviembre). *Redes Privadas Virtuales VPN/MPLS*. Retrieved from [Redes Privadas Virtuales VPN/MPLS: http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/259\\_rodriguez.pdf](http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/259_rodriguez.pdf)

Salviat, L. M. (2005). *REDES MPLS: FUNDAMENTOS, APLICACIÓN Y GESTIÓN DE RECURSOS*. Retrieved 10 29, 2014, from [REDES MPLS: FUNDAMENTOS, APLICACIÓN Y GESTIÓN DE RECURSOS: http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfcic828r/sources/bmfcic828r.pdf](http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfcic828r/sources/bmfcic828r.pdf)

Tan, N.-K. (2004). *MPLS for Metropolitan Area Networks*. Taylor & Francis.

Tejedor, J. M. (2012). *MPLS (MultiProtocol Label Switching)*. Retrieved from [MPLS \(MultiProtocol Label Switching\): http://www.todotecnologia.net/wp-content/uploads/2010/06/Caracteristicas\\_definicion\\_MPLS\\_GMPLS\\_ASON.pdf](http://www.todotecnologia.net/wp-content/uploads/2010/06/Caracteristicas_definicion_MPLS_GMPLS_ASON.pdf)

Tomsu. (n.d.). *Redes Privadas (VPN) Independientes y Seguras*. Retrieved from <http://conecta-wireless.com/conectividad/redes-privadas-vpn-independientes-y-seguras?view=page>

Wordpress. (n.d.). *The Evolution of MPL*. Retrieved from <http://faizalrahimi.wordpress.com/>

# **ANEXOS**