

DECLARACIÓN

Nosotros, Carlos Hernán Freire Freire y Santiago Javier Pérez Gutiérrez, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

Carlos Hernán Freire Freire

Santiago Javier Pérez Gutiérrez

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Carlos Hernán Freire Freire y Santiago Javier Pérez Gutiérrez, bajo mi supervisión.

MSc. Ing. Pablo Recalde

DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Primero quiero agradecer a Dios, por bendecirme con la sabiduría necesaria para terminar la carrera y el presente proyecto, al Ing. Marcelo Camacho por su apoyo incondicional, y al MSc. Ing. Pablo Recalde por su valiosa ayuda al dirigir este proyecto.

Carlos Hernán Freire Freire

AGRADECIMIENTOS

A mis Padres, por la comprensión que me brindaron, por los valores que me impartieron y por fomentar en mí el deseo de superación continua.

A mi Esposa, por brindarme todo su amor, cariño y apoyo en los momentos de debilidad.

Santiago Javier Pérez Gutiérrez

DEDICATORIA

A mis padres Susana y Carlos por el ejemplo y las enseñanzas brindadas; a mi esposa Gladys, por su paciencia, apoyo y comprensión; a mis hijos Daniel y Arianna por la inspiración que en ellos encontraba cada día y por el tiempo que les robé para dedicarle al presente proyecto; y a todas las demás personas que de alguna u otra manera me ayudaron a la culminación de esta etapa en mi vida.

Carlos Hernán Freire Freire

DEDICATORIA

A mí Hijo, que con su inocencia, ternura, calidez sirvió de incentivo para culminar esta etapa en mi vida universitaria.

Santiago Javier Pérez Gutiérrez

CONTENIDO

RESUMEN	XV
GLOSARIO	XVII
PRESENTACIÓN	XXI
INTRODUCCIÓN	XXII
CAPITULO I	2
DESCRIPCION Y DIAGRAMA DE LA RED ATM ACTUAL QUE POSEE LA EMPRESA ANDINATEL S.A.	2
1.1.- DESCRIPCION DE LA RED ATM ACTUAL.	2
1.2.1.- TOPOLOGIA DE LA RED ATM ACTUAL	5
1.3.- NECESIDADES DE LA RED ATM ACTUAL.	5
CAPITULO II	12
DESCRIPCION DE LA MIGRACION A MPLS.....	12
2.1.- DISEÑO Y DIAGRAMA DEL PROTOTIPO DE LA RED MPLS.....	13
2.1.1.- Descripción de los Equipos.....	13
2.1.2.- Disponibilidad Carrier-Class.....	14
2.1.3.- Seguridad Carrier-Class.....	15
2.1.4.- Inteligencia Carrier-Class.....	15
2.1.5.- Movilidad Carrier-Class.....	16
2.1.6.- Diagrama y Descripción del Back Bone MPLS Andinatel S.A., Quito.	17

2.1.6.1.- Diagrama y Descripción de la interconexión del Nodo de Quito Centro.....	19
2.1.6.2.- Diagrama y Descripción de la interconexión del Nodo de Carcelén.	21
2.1.6.3.- Diagrama y Descripción de la interconexión del Nodo de Ñaquito.	23
2.1.6.4.- Diagrama y Descripción de la interconexión del Nodo de La Luz.	24
2.1.6.5.- Diagrama y Descripción de la interconexión del Nodo de Guajaló.	25
2.1.6.6.- Diagrama y Descripción de la interconexión del Nodo de Mariscal.	26
2.2.- COMANDOS DE CONFIGURACION PARA EL PROTOTIPO DE LA RED MPLS.	27
2.2.1.- Proceso de Configuración de MPLS/RSVP	28
2.2.2.- Comandos Básicos.-	29
2.2.3.- Configuración Básica MPLS	30
2.3.- DESCRIPCION DE LA MIGRACION POR BLOQUES A LA NUEVA RED MPLS.	32
CAPITULO III	35
ANALISIS DE FACTIBILIDAD DE LA MIGRACIÓN DE LA NUEVA RED MPLS.	35
3.1.- ANALISIS TECNICO.	35
3.1.1.- DESCRIPCION DE LA TECNOLOGIA MPLS.....	35

INTRODUCCIÓN	35
Términos más comunes en MPLS	36
a) Funcionamiento del envío de paquetes en MPLS.....	39
ETIQUETAS LIBRES	43
b) Control de la información en MPLS	43
c) Funcionamiento global MPLS	44
PROTOCOLOS DE DISTRIBUCIÓN DE ETIQUETAS	46
LA PILA DE ETIQUETAS.....	46
SELECCIÓN DE LA RUTA	47
Enrutamiento salto a salto (hop by hop).....	47
Enrutamiento explícito.....	48
FUSIÓN DE ETIQUETAS	48
LDP	49
Mensajes LDP	50
Identificadores LDP	50
RSVP	52
Características de RSVP	52
Mensajes RSVP	53
Mensajes RSVP	54
Formato de la cabecera	54

Campos de la cabecera	55
Formato de los objetos.....	55
Campos de los objetos.....	56
Funcionamiento	57
Como es señalado un LSP que utiliza RSVP	58
3.1.2.- DESCRIPCION DE LA TECNOLOGIA ATM.....	59
FUNDAMENTOS	59
Modelo de Referencia ATM	63
Nivel Físico	64
Nivel ATM	64
Nivel de Adaptación ATM (AAL)	65
Clases de Servicios.....	65
3.1.3. MPLS vs. ATM	67
Clases de Servicio Equivalentes entre ATM y MPLS.....	67
Comparación de ancho de banda entre ATM y MPLS	68
Ventajas MPLS vs. ATM para Andinatel S.A.	69
3.2.- ANALISIS OPERATIVO.....	70
3.2.1.- CRONOGRAMA DE INSTALACION DE EQUIPOS.....	70
3.2.2.- CRONOGRAMA DE PUESTA EN SERVICIO DE EQUIPOS.	71
3.2.3.- CRONOGRAMA DE PRUEBAS DE EQUIPOS.	71

3.2.4.- SERVICIOS QUE BRINDARA ANDINATEL S.A. SOBRE LA NUEVA RED MPLS.....	71
3.3.- ANALISIS ECONOMICO.....	71
3.3.1.- PRESUPUESTO PARA LA IMPLEMENTACION DE LA RED MPLS.....	72
3.3.2.- ANALISIS DE RETORNO DE INVERSION.	72
CAPITULO IV.....	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75
4.1.- CONCLUSIONES.....	75
4.2.- RECOMENDACIONES.....	78
BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXO A: Diagrama de la Red Actual	86
ANEXO B: Topología de la Red ATM Actual	87
ANEXO C: Comandos de Configuración.....	88
ANEXO D: Cronograma de Instalación de Equipos.....	98
ANEXO E: Cronograma de Puesta en Servicio.....	99
ANEXO F: Cronograma de Pruebas de Equipos.....	100
ANEXO G: Presupuesto.....	101
ANEXO H: Tasa de Retorno de Inversión.....	102

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.- Diagrama Descriptivo de acceso a Internet por parte de usuarios	4
FIGURA 2.- Diagrama de la Red ATM Actual	5
FIGURA 3.- Topología de la Red ATM Actual.....	5
FIGURA 4.- Diagrama del Back Bone MPLS.....	17
FIGURA 5.- Diagrama del Nodo Quito Centro	19
FIGURA 6.- Diagrama del Nodo Carcelén	21
FIGURA 7.- Diagrama del Nodo Iñaquito	23
FIGURA 8.- Diagrama del Nodo La Luz	24
FIGURA 9.- Diagrama del Nodo Guajaló	25
FIGURA 10.- Diagrama del Nodo Mariscal	26
FIGURA 11.- Proceso de Configuración MPLS/RSVP	28
FIGURA 12.- Diagrama de Migración por Bloques	32
FIGURA 13.- Diagrama Explicativo de Términos MPLS 1	38
FIGURA 14.- Diagrama Explicativo de Términos MPLS 2	38
FIGURA 15.- Funcionalidad de MPLS	39
FIGURA 16.- Funcionamiento del LSR	40
FIGURA 17.- Funcionamiento del LSP	41
FIGURA 18.- Esquemas de Campos de Cabeceras MPLS	43
FIGURA 19.- Ejemplo de Funcionamiento Global del MPLS	45

FIGURA 20.- Ejemplo de Dominios en MPLS	47
FIGURA 21.- Fusión de Etiquetas	48
FIGURA 22.- Intercambio de Etiquetas	49
FIGURA 23.- Ejemplo de Identificador LDP,.....	51
FIGURA 24.- Protocolos TCP/IP	52
FIGURA 25.- Uso de Mensajes RSVP	54
FIGURA 26.- Formato de la Cabecera RSVP	54
FIGURA 27.- Formato de los Objetos RSVP	55
FIGURA 28.- Ejemplo de Funcionamiento del RSVP	57
FIGURA 29.- Funcionamiento de ATM	59
FIGURA 30.- Tamaño de Cabecera de la celda ATM	60
FIGURA 31.- Campos de la cabecera de una celda ATM	61
FIGURA 32.- Ejemplo de un conmutador ATM	62
FIGURA 33.- Tablas de enrutamiento	62
FIGURA 34.- Modelo de Referencia ATM	63
FIGURA 35.- Clases de Servicios ATM	66
FIGURA 36.- Eficiencia Celda vs. Frame	68

LISTA DE TABLAS

TABLA 1.- Tabla de Transición de un LDP	51
TABLA 2.- Tabla de mensajes Path y Resv	58
TABLA 3.- Tabla de equivalencias de prioridades de Servicio entre ATM y DiffServ.....	67
TABLA 4.- Cronograma de Instalación de Equipos.....	70
TABLA 5.- Cronograma de Puesta en Servicio	71
TABLA 6.- Cronograma de Pruebas de Equipos.....	71
TABLA 7.- Presupuesto	72
TABLA 8.- Tasa de Retorno de Inversión	73

RESUMEN

En la actualidad, debido al crecimiento incontenible del Internet, junto a la necesidad de proveer servicios que ofrezcan comodidad, rapidez y la promesa de conexión desde cualquier lugar y a cualquier hora, han reafirmado problemas de cuellos de botella a nivel del transporte, así como también mucho tiempo en el proceso de una conexión en la red ATM. La tecnología MPLS ha sido desarrollada para proporcionar servicio de transporte en redes de operadoras que tratan de masificar el uso del Internet por medio de la banda ancha.

En el Capítulo 1 es necesario empezar por describir la situación actual de la Red ATM de Andinatel S.A., como es su configuración actual, que poblaciones están cubiertas, los problemas que se han evidenciado, describir los equipos que están siendo utilizados en la red ATM, y definir las nuevas necesidades que tiene la red ATM actual para poder brindar un servicio de calidad a los usuarios.

En el capítulo 2 se ha realizado un diagrama de la red MPLS propuesta. Están las poblaciones que actualmente están siendo cubiertas por la red ATM, dejando suficientes recursos para ampliar los servicios que requiera transportar Andinatel S.A., a otras poblaciones aledañas. Se presentan también una serie de comandos, a manera de ejemplo, de la configuración de los equipos que se pueden utilizar para armar un backbone MPLS. Al final del capítulo 2 se describe la forma en que se puede realizar la migración desde la red ATM hacia la nueva red MPLS propuesta en el presente proyecto.

El capítulo 3 se ha desarrollado el análisis para la migración, tanto en el aspecto técnico, operativo y económico. En el aspecto técnico se han descrito las dos

tecnologías tanto ATM como MPLS, al final del mismo se ha hecho una comparación de ambas tecnologías. En el aspecto operativo se indican los cronogramas de instalación, puesta en servicio y pruebas de los equipos que conformarán la nueva red MPLS en Andinatel S.A. Por último en el aspecto económico se ha realizado un presupuesto estimado para la nueva red MPLS, luego se hace un análisis del retorno de la inversión, llegando a la conclusión que es un proyecto viable y económicamente rentable.

Finalmente el capítulo cuarto detalla conclusiones y recomendaciones acerca de la implementación de la nueva red MPLS por parte de Andinatel S.A. Además se incluye la bibliografía y anexos relacionados con el tema. También se ha incluido un pequeño glosario que es de mucha ayuda a la hora de leer el presente proyecto.

GLOSARIO

AAL1	ATM Adaptation Layer 1 (Capa de Adaptación 1)
AAL2	ATM Adaptation Layer 2 (Capa de Adaptación 2)
AAL3	ATM Adaptation Layer 3 (Capa de Adaptación 3)
AAL4	ATM Adaptation Layer 4 (Capa de Adaptación 4)
AAL5	ATM Adaptation Layer 5 (Capa de Adaptación 5)
AAL	ATM Adaptation Layer (Capa de Adaptación)
ABR	Available Bit Rate (Velocidad de Bit Disponible)
AF	Assured Forwarding (Expedición Asegurada)
ARP	Address Resolution Protocol (Protocolo de Resolución de Direcciones)
ATM	Asynchronous Transfer Mode (Modo de Transferencia Asíncrona)
CAC	Call Admission Control (Control de la Admisión de la Llamada)
CBR	Constant Bit Rate (Velocidad de bit constante)
CES	Circuit Emulation Service (Servicio de Emulación de Circuitos)
CoS	Class of Services (Clase de Servicio)
CSPF	Constrained Shortest Path First (Primer Camino Obligado más Corto)
DiffServ	Differentiated Services Internet QoS model (modelo de Calidad de Servicio en Internet basado en Servicios Diferenciados)

DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer (Multiplexor de acceso a la línea de abonado digital)
EF	Expedited Forwarding (Expedición Apresurada)
FCS	Frame Check Sequence (Chequeo de Trama Secuencial)
FEC	Forwarding Equivalency Class (Clase de Equivalencia de Reenvío)
Gbps	Giga bit per second (Giga bit por segundo)
GFR	Guaranteed Frame Rate (Velocidad de Trama Garantizada)
IETF	Internet Engineering Task Force (Grupo de Trabajo en Ingeniería de Internet)
IGP	Interior Gateway Protocol (Protocolo Interior de Puerta de Enlace)
IOM	Input/Output Module (Módulo de Entrada/Salida)
IP	Internet Protocol (Protocolo de Internet)
ISP	Internet Service Provider (Proveedor del Servicio Internet)
LAN	Local Area Network (Red de Área Local)
LDP	Label Distribution Protocol (Protocolo de Distribución de Etiquetas)
LER	Label Edge Router (Etiqueta del Ruteador Final)
LSP	Label Switched Path (Camino de Etiqueta Conmutada)
LSR	Label Switching Router (Router de Etiquetas Conmutadas)
MAN	Metropolitan Area Network (Red de Área Metropolitana)
Mbps	Mega bit per second (Mega bit por segundo)

MPLS	Multi Protocol Label Switching (Conmutación de Etiquetas Multi-Protocolo)
NNI	Network-to-Network Interface (Interfaz Red a Red)
nrt – VBR	No Real Time – Variable Bit Rate (Velocidad de bit Variable no en tiempo real)
PSB	Path State Block (Bloque del Estado de la trayectoria)
PDH	Plesyochronous Digital Hierarchy (Jerarquía Digital Plesiócrona)
PKI	Public Key Infrastructure (Infraestructura de clave pública)
PLR	Point of Local Repair (Punto de Reparación Local)
PNNI	Private Network to Network Interface (Interface Privada de Red a Red)
PSTN	Public Switched Telephone Network (Red Conmutada de Telefonía Pública)
PVC	Permanent Virtual Circuit (Circuito Virtual Permanente)
QoS	Quality of Service (Calidad de Servicio)
RSB	Reservation State Block (Bloque del estado de la reservación)
RSVP	Resource Reservation Protocol (Protocolo de Reservación de Recursos)
rt – VBR	Real Time – Variable Bit Rate (Velocidad de bit Variable en tiempo real)
SDH	Synchronous Digital Hierarchy (Jerarquía Digital Síncrona)
SDP	Service Distribution Paths (Trayectorias de Distribución de Servicios)

SNMP	Simple Network Management Protocol (Protocolo Simple de Administración de Red)
SPVC	Soft Permanent Virtual Circuit (Circuito Virtual Permanente Suave)
SSL	Secure Sockets Layer (Capa de Enlace Segura)
STM-1	Synchronous Transfer Mode at 155 Mbit/s. (Modo de Transferencia Síncrona a 155 Mbit/s)
STM-4	Synchronous Transfer Mode at 622 Mbit/s. (Modo de Transferencia Síncrona a 622 Mbit/s)
STM-16	Synchronous Transfer Mode at 2 Gbit/s. (Modo de Transferencia Síncrona a 2 Gbit/s)
STM-64	Synchronous Transfer Mode at 10 Gbit/s. (Modo de Transferencia Síncrona a 10 Gbit/s)
TCP	Transmission Control Protocol (Protocolo de Control de Transmisión)
TTL	Time to Live (Tiempo de Vida)
UBR	Unspecified Bit Rate (Velocidad de bit no especificada)
UDP	User Datagram Protocol. (Protocolo de Datagramas de Usuario)
UNI	User-to-Network Interface (Interfaz Usuario a Red)
VCI	Virtual Channel Identifier (Identificador de Canal Virtual)
VLAN	Virtual Local Area Network (Red de Área Local Virtual)
VPI	Virtual Path Identifier (Identificador de Camino Virtual)
VPN	Virtual Private Network (Red Privada Virtual)

PRESENTACIÓN

El presente trabajo bibliográfico, expone el proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero en Informática, con mención en Redes de Información, denominado “Análisis de factibilidad de migración de la red Asynchronous Transfer Mode (ATM) de Andinatel S.A. a Multi – Protocol Label Switching (MPLS)”, desarrollado por el Sr. Carlos Hernán Freire Freire y el Sr. Santiago Javier Pérez Gutiérrez, alumnos de la Carrera de Ingeniería Informática con mención en Redes de Información de la Escuela Politécnica Nacional de Quito, Ecuador.

El objetivo general que se ha planteado es analizar la factibilidad de migración de la red ATM actual de Andinatel S.A., hacia una red MPLS para brindar mejores servicios a los clientes. Para realizar este análisis se han señalado como objetivos específicos: primero, describir la red ATM actual que posee la empresa Andinatel S.A.; luego diseñar y configurar un prototipo de la red MPLS de acuerdo a las necesidades actuales de la empresa Andinatel S.A.; y, finalmente realizar un análisis de factibilidad de migración de la nueva red MPLS.

El presente proyecto ha sido realizado tomando en cuenta los equipos con tecnología ALCATEL, que es una de las empresas líderes en el mercado de las telecomunicaciones.

INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto se analiza la factibilidad de migración de la red ATM actual de Andinatel S.A., hacia una red MPLS, las razones de la migración son las siguientes:

- ✓ Proveer Servicios Pagados Triple Play, como video bajo demanda, juegos de video interactivo, videoconferencias desde el televisor.
- ✓ Brindar Servicios de Contenido.
- ✓ Ofrecer Enlaces Corporativos para grandes empresas y a bajo costo.
- ✓ Proveer anchos de banda bajo demanda, configurados por el cliente.
- ✓ Lograr la masificación de Servicios de Banda Ancha para Internet.
- ✓ Integrar las diversas redes que posee Andinatel S.A. sobre una única plataforma MPLS.

Para realizar este análisis se han señalado como objetivos específicos: primero, describir la red ATM actual que posee la empresa Andinatel S.A.; luego diseñar y configurar un prototipo de la red MPLS de acuerdo a las necesidades actuales de la empresa Andinatel S.A.; y, finalmente realizar un análisis de factibilidad de migración de la nueva red MPLS.

La metodología que se va a utilizar en el proyecto de Análisis de Factibilidad de la migración de la red ATM a la red MPLS de Andinatel S.A es la Microsoft Solution Framework (MSF), adaptada a la realidad del proyecto de titulación.

Esta metodología contempla 4 fases que son :

- ✓ Fase 1: Estrategia y alcance
- ✓ Fase 2: Planificación y Pruebas de Concepto
- ✓ Fase 3: Estabilización
- ✓ Fase 4: Despliegue

Estas fases están propuestas dentro de todo el proyecto de titulación:

La Fase 1 abarca las necesidades que Andinatel S.A. tiene para la migración a la nueva red MPLS y que se detallan en la Presentación de este Proyecto. El alcance del presente proyecto es la descripción de la red ATM actual que posee la empresa Andinatel S.A. para configurar la nueva red MPLS, esto se desarrolla en el Capítulo 1.

La Fase 2 contempla el cambio de tecnología, la topología en Anillo que se va a mantener de la red ATM a la red MPLS y los beneficios que la nueva red MPLS va a brindar a sus clientes, como son entre otros, los servicios de Videoconferencia, la masificación del Internet en Banda Ancha, esto está explicado en los Capítulos 1 y 2.

La Fase 3 comprende los cronogramas de Instalación, y Puesta en Servicio de la nueva red MPLS que está desarrollado en el Capítulo 3.

La Fase 4 incluye la futura instalación de la nueva red MPLS por parte de Andinatel S.A., cuando lo estime conveniente, de acuerdo al análisis del retorno de inversión, se puede evidenciar que el proyecto es viable y la decisión final de implementarlo será de Andinatel S.A.

CAPITULO I

CAPITULO I

DESCRIPCION Y DIAGRAMA DE LA RED ATM ACTUAL QUE POSEE LA EMPRESA ANDINATEL S.A.

A continuación se procede a describir la red que en la actualidad está siendo usada por Andinatel S.A., para brindar los servicios que demandan sus clientes residenciales y corporativos.

1.1.- DESCRIPCION DE LA RED ATM ACTUAL.

En el Ecuador existen tres operadoras de telefonía pública convencional que son: Andinatel S.A., Pacifictel y Etapa, el estudio se va a centrar en la Operadora Andinatel S.A., la cual lidera el negocio de soluciones integrales de telecomunicaciones, garantizando valor para sus accionistas, clientes y colaboradores, contribuyendo al desarrollo nacional.

La red actual ATM, que posee Andinatel S.A., cuenta con un Backbone con equipos Nortel con modelos Passport 15000 y Passport 7400. El transporte va sobre Radios SDH interconectados con anillos de fibra óptica a nivel metropolitano, posee redundancia con radios PDH a través de microonda.

Los servicios que brinda Andinatel S.A., con la red ATM actual a sus clientes son los siguientes:

- Frame Relay.
- Servicios E1's canalizados, con lo cual se puede proveer soluciones a grandes empresas cuyos servicios son basados en aplicaciones WAN.
- Servicios E1's IMA para proveer servicios XDSL.
- Servicios de voz para futuras generaciones.

Las características principales de la red ATM actual de Andinatel S.A., son las siguientes:

- Proveer Calidad de servicio (QoS) garantizado.
- Proveer anchos de banda en el orden de los Kilo bits por segundo.
- Una gran variedad de servicios e interfaces (ópticas y eléctricas) sobre una única plataforma.
- Redundancia, lo cual minimiza los tiempos de no disponibilidad.
- Escalabilidad, garantizando el crecimiento de la red de acuerdo a las necesidades.

Los principales elementos en la topología de la Red ATM se los detalla a continuación:

El switch 15000, es el elemento fundamental de la red ATM, ya que conforma el backbone de la misma, interconectados entre ellos mediante fibra óptica, la capacidad del backbone es de STM-4; es un switch de alta capacidad y flexibilidad que soporta ATM, IP, VPN, Frame relay, Circuit Emulation, servicios de voz y video.

El switch 7400, entrega un amplio rango de interfaces y servicios que incluyen frame relay, ATM e IP. Provee servicios de enrutamiento multiprotocolo y administración inteligente de tráfico, simultáneamente soporta voz, video y datos, además de una base de estándares entre la red de datos y la red de telefonía pública (PSTN).

El hardware y software son modulares, logrando de esta manera satisfacer las necesidades de cada sitio y adaptarse al futuro tecnológico.

De los servicios de datos que soporta podemos mencionar los siguientes:

- Interfaz ATM Usuario a Red (UNI)
- Interfaz ATM Red a Red (NNI)

- Servicio ATM de Emulación de Circuitos (CES)
- Multiprotocol encapsulation over ATM adaptation layer 5
- Servicio de Función de Internetworking Frame Relay a ATM.

ESTRUCTURA DE LA RED DE ANDINATEL S.A.,

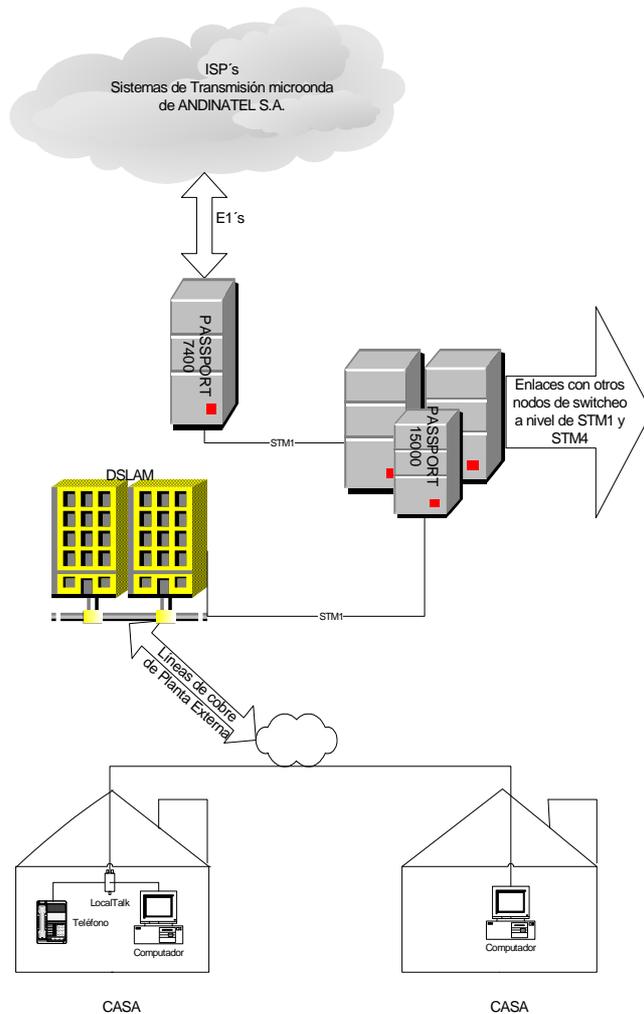


FIGURA 1.- Diagrama Descriptivo de acceso a Internet por parte de usuarios.

1.2.- DIAGRAMAS DE LA RED ATM ACTUAL.

En la Figura 2 (Ver Anexo A) se aprecia la red ATM actual de Andinatel S.A., que consta de nodos en Quito Centro, Mariscal, La Luz, Guajaló, Carcelén e Iñaquito. Desde estos nodos principales se conectan los equipos DSLAM que proveen servicios de Banda Ancha para los clientes de Andinatel S.A., con la tecnología XDSL.

1.2.1.- TOPOLOGIA DE LA RED ATM ACTUAL

La topología de la red ATM Actual, se puede ver en la figura 3 (Ver Anexo B), es una topología en anillo entre los nodos de Iñaquito, La Luz, Mariscal y Carcelén. Existe otro anillo entre los nodos Mariscal, Quito Centro y Guajaló. Los enlaces entre los distintos nodos son de una capacidad de un STM-1, sólo entre Mariscal e Iñaquito, la capacidad es de un STM-4.

Eliminado: Grafico 3
↪Salto de sección (Página siguiente)↪

1.3.- NECESIDADES DE LA RED ATM ACTUAL.

Andinatel S.A., como empresa líder en las telecomunicaciones ha observado que en la actualidad las empresas en todo el mundo se enfrentan a un mercado globalizado el cual les obliga a mejorar y elevar sus estándares competitivos para transformarse en la mejor empresa, ante la globalización, puede decirse que el uso de la tecnología ya no es un lujo, y pasa a formar parte integral del modelo de negocio de las empresas.

Ante ello surgen necesidades que para satisfacerlas necesitan el desarrollo e implantación de proyectos que involucren a nuevas tecnologías.

Algunas de estas necesidades son:

- a. Mejorar producción y administración.

- b. Mejorar administración de la empresa.
- c. Mejorar integración funcional de la empresa.
- d. Mejorar relación con clientes.

El común denominador de estas necesidades es el mejoramiento, lo que implica automatización y eficiencia en los procesos tanto internos como externos, lo cual se logra con un eficiente manejo de la tecnología, para satisfacer las necesidades de los clientes de Andinatel S.A.

Así como van creciendo sus expectativas y necesidades por superarse y ser las mejores, también crecen las necesidades de actualizar y poseer la tecnología de más alto nivel dentro de la empresa, es por eso que surge la necesidad de realizar un Análisis de Factibilidad, lo cual permitirá tener un conocimiento real del costo económico, técnico y operacional de migrar la red actual que se encuentra sobre ATM a una futura red sobre MPLS.

Las Pequeñas y Medianas empresas necesitan incorporar tecnología a sus estrategias de negocio para poder lograr productividad y eficiencia. Todas estas empresas deben mantenerse modernizadas; debido a que manteniéndose así el país tendrá una superación económica.

Andinatel S.A., líder en las telecomunicaciones siempre encontrará obstáculos que impiden un desarrollo pleno de los proyectos tecnológicos en las empresas, los principales son:

La resistencia al cambio incluye diferentes aspectos tales como:

- El temor al uso de alguna tecnología por parte de los trabajadores.
- Los errores en el uso de la nueva tecnología.
- El cambio de cultura y comportamiento (dejar viejas prácticas para incorporar nuevas)

- La escasa participación de los usuarios finales en el levantamiento de los requerimientos, diseño y desarrollo de las aplicaciones.

Mala Definición de los requerimientos de la aplicación que se quiere implantar ya sea específica o estándar, esto incluye:

- La falta de compromiso de los involucrados (gerencia, clientes y/o proveedores).
- La escasa coordinación entre los niveles jerárquicos de la empresa.
- La falta de experiencia en el desarrollo e implementación de proyectos de esta índole.
- Hardware y software, cuando muchas de las veces las empresas no cuentan con un soporte técnico eficiente, el equipo computacional existente en las compañías es insuficiente.

La Dependencia de los proveedores.

Un parámetro que es muy importante tomar en cuenta es la inversión, debido a que hay que considerar que esta inversión no va a ser recuperada en unos días, Andinatel S.A., está consciente de que el fruto de esta inversión va a tardar, y los resultados pueden llegar a ser magníficos.

Al implementar nuevas tecnologías de este tipo el liderazgo empresarial es el que puede lograr involucrar a todos los miembros; cuando estos están motivados por su superior se tiene una clara convicción e integración de ellos y el trabajo realizado es el esperado.

Cuando no existe este tipo de integración por más esfuerzo que se haga en este Análisis de Factibilidad para Migrar de una Tecnología a otra no va a funcionar. Es por esto que las empresas no sólo se enfoquen en comprar lo último en tecnología sino que también tomen en cuenta a los que van a estar involucrados posteriormente con el uso de los mismos, proporcionando una capacitación adecuada en el manejo de ésta tecnología.

El presente análisis de factibilidad para migrar de una tecnología a otra no necesariamente significa que Andinatel S.A., vaya a invertir a corto plazo un rubro de dinero, o que tenga disponible el dinero para emprender el cambio de tecnología y poder de esta forma mantenerse en el mercado. Andinatel S.A., podrá tomar en cuenta este análisis cuando ellos estimen necesaria su utilización.

La demanda de tecnología por parte de otras empresas hacia Andinatel S.A., es continua y al darse cuenta que el uso de esta tecnología contribuye al mejoramiento de los procesos tanto internos como externos del negocio, éste va en aumento.

Se debe considerar que es necesario que la implantación de esta tecnología no es nada sencillo y que requiere de un gran compromiso para no tener un rotundo fracaso.

Las tecnologías de información dentro de Andinatel S.A., juegan un papel muy importante, permiten desde la interacción más directa y eficiente con el proveedor, pasando por la mejora de los procesos internos de la empresa hasta poder conocer al cliente y sus preferencias. Pero esto muchas veces no lo ven o no lo saben los administradores de este tipo de empresas y oponen una gran resistencia al cambio.

Las Empresas pequeñas, medianas y grandes que no incorporen el uso de las tecnologías de información como parte del negocio ponen en riesgo su permanencia en el mercado ya que siempre existirán otras empresas que sí lo hagan y obtengan una ventaja competitiva.

Por todo lo antes mencionado y viendo las nuevas necesidades de las comunicaciones tanto corporativas como residenciales y su orientación hacia la conmutación de paquetes de alta velocidad, sin perder las ventajas de las redes de circuitos y las redes de paquetes, y con la convicción de que esta nueva tecnología debería ser capaz de proporcionar anchos de banda variables, ser transparente a los protocolos utilizados y soportar una gama amplia de servicios con soluciones específicas de velocidad, sincronización y latencia, la empresa pretende con este Análisis de Factibilidad, adquirir nueva tecnología como es la

red MPLS, la misma que aprovecha la infraestructura existente (anillos metropolitanos) y cumple con las demandas del sector.

Se debe tomar en cuenta muchos aspectos importantes los cuales definen el tipo de servicio esperado del Sistema.

Los aspectos funcionales de la nueva red, cubren las funciones y operaciones a realizar para proporcionar un sistema que operará de acuerdo a las necesidades de la empresa para cubrir las demandas de los usuarios.

Los aspectos ambientales, se refieren al ambiente en el que se implementará el sistema y los servicios e infraestructuras que deberán existir para el desempeño del mismo. Al cumplir con estos aspectos, se demostrará la factibilidad de la arquitectura propuesta. Se deberán considerar, entre otros, los siguientes factores:

- Duración prevista del sistema (Ciclo de vida).
- Ámbito geográfico cubierto por el sistema.
- Compromisos asignados a terceros (Subcontratación de personal).
- Metas de minimización /reducción de costos en un determinado tiempo.
- Aceptación y conocimiento del sistema propuesto por usuarios.
- Disponibilidad e Idoneidad de las tecnologías.
- Reducción del riesgo de demoras y / o falta de terminación del proyecto.

Los aspectos de desempeño, definen los límites operacionales y de proceso que el sistema tendrá que satisfacer. Se deberán considerar, entre otros, los siguientes factores:

- Capacidad para asegurar a los usuarios del sistema que pueden depender de la información contenida y / o emitida por el mismo.
- Respuestas del sistema bajo diversas condiciones de operación en términos de niveles de servicio.
- Capacidad para mantener la continuidad operativa del sistema, aun bajo condiciones degradadas de operación.

Los aspectos de calidad establecen métricas en términos de las habilidades intrínsecas del sistema, como son:

- Habilidad para soportar cambios.
- Capacidad para combinar o intercambiar elementos del sistema.
- Capacidad para enriquecer la funcionalidad del sistema.
- Capacidad para soportar crecimiento sin cambios a la arquitectura.
- Relación armónica con otras arquitecturas.
- Capacidad de sujetarse a verificaciones a lo largo de las distintas fases del desarrollo del sistema.
- Evaluación de los beneficios obtenidos de la operación del sistema.

Los aspectos de seguridad, son los que determinan la forma de proteger al sistema del mal uso e involucran los siguientes atributos:

- Capacidad que tiene el sistema de garantizar que la información es vista únicamente por quien tiene derecho a verla.
- Capacidad que tiene el sistema de garantizar que sus registros no son alterados por otros elementos o individuos sin que el propio sistema lo detecte y actúe en su defensa.
- Asegurar que los componentes físicos que integran la Infraestructura Tecnológica no sufra ningún daño o que se realicen cambios que afecten la operación del mismo.
- Asegurar la existencia y suficiencia de logs necesarios que permitan conocer el origen de cualquier transacción ante una eventualidad surgida.

CAPITULO II

CAPITULO II

DESCRIPCION DE LA MIGRACION A MPLS.

A continuación se va a describir el diseño y diagrama de un prototipo de una red MPLS que puede ser implementado por Andinatel S.A., para satisfacer las demandas de sus clientes.

Entre los servicios que se espera brindar a los clientes de Andinatel S.A., con la nueva red MPLS que es materia del presente proyecto, están los siguientes:

- Servicios Pagados Triple Play, como video bajo demanda, juegos de video interactivo, videoconferencias desde el televisor.
- Servicios de Contenido.
- Enlaces Corporativos para grandes empresas y a bajo costo.
- Proveer anchos de banda bajo demanda, configurados por el cliente.
- Masificación de Servicios de Banda Ancha para Internet.

Con la nueva red MPLS, Andinatel S.A., obtendrá algunas ventajas como las siguientes:

- Integración de Redes IP, ATM, FR y TDM sobre una única plataforma.
- La Supervisión de la Red será única, con lo cual se minimizan los costos de Operación y Mantenimiento.
- La Facturación será realizada por el tiempo de conexión y por el tipo del perfil de tráfico utilizado por el cliente automáticamente.

2.1.- DISEÑO Y DIAGRAMA DEL PROTOTIPO DE LA RED MPLS.

El prototipo de red consiste en 6 series routers Alcatel 7750 SR-12, con fuente redundante y sólo 3 slots utilizados de los 10 que poseen lo cual le da la posibilidad de crecimiento en módulos de entrada y salida (IOM).

El equipo posee la característica de tener procesadora redundante para poder tener una disponibilidad **carrier class**¹.

2.1.1.- Descripción de los Equipos

Los equipos de la serie 7750 son plataformas de conmutación multicapa que proporcionan inteligencia y disponibilidad continua.

Estas nuevas plataformas son parte de la nueva familia de switch-routers de nueva generación de Alcatel y están diseñadas para comunicaciones MPLS y ambientes de misión crítica.

Todos los equipos de la serie 7750, ofrecen un desempeño y características **carrier-class** con una administración simplificada para un amplio rango de ambientes empresariales.

Estas nuevas plataformas de conmutación están optimizadas para la integración varios servicios de voz y datos, y proveen la capacidad de múltiples Gigabit Ethernet sin bloqueo, seguridad multicapa distribuida, disponibilidad **carrier-class** y servicios de conmutación y ruteo inteligentes a la velocidad del cable "wire speed"².

¹ Carrier class: certificado para ser utilizados por operadores con aplicaciones críticas donde se precisa una conexión estable y permanente. Con una disponibilidad de 99,9999%.

² Wire Speed: se dice que un conmutador trabaja a velocidad del cable si tiene bastante potencia de proceso para manejar la velocidad total que Ethernet permite para los tamaños de paquetes mínimos es decir 14480 pps (paquetes por segundo).

Los equipos de la serie 7750 proveen una extensa variedad de facilidades que hacen que sea ideal para diversos entornos de red tales como:

- ∇ Aplicaciones empresariales de core y edge
- ∇ Agregación/Distribución LAN
- ∇ Telefonía IP/Cuartos de cableado LAN
- ∇ Redes Metropolitanas MANs Gigabit Ethernet

Estos equipos están diseñados para una operación continua con dos ranuras dedicadas a los módulos de control en configuración redundante. Estas plataformas han sido concebidas desde su inicio para comunicaciones MPLS. Las funcionalidades claves son:

- ∇ Conmutación continua inteligente “Smart Continuos Switching”
- ∇ Seguridad distribuida multicapa
- ∇ Movilidad Dinámica
- ∇ Inteligencia a velocidad del cable “wire speed” para ruteo/conmutación
- ∇ Preparado para manejar anchos de banda desde Mbps a Gbps

2.1.2.- Disponibilidad Carrier-Class

La característica de los equipos de la serie 7750 es la conmutación continua inteligente “Smart Continuos Switching”, la cual provee conmutación continua ante una eventual falla. Con esta funcionalidad, el “source learning”, las funciones de spanning tree y las rutas aprendidas se distribuyen en los módulos de interfaz en vez de centralizarse en la matriz de conmutación.

Ante la eventual falla del modulo de gestión o de la matriz de conmutación “fabric” primario, el switch automáticamente conmutara hacia el redundante sin perdida de conexiones o capacidad de conmutación.

2.1.3.- Seguridad Carrier-Class

La seguridad distribuida multicapa permite la creación de soluciones basadas en hardware y software que se pueden integrar con la gestión basada en políticas y otras tecnologías como tarjetas inteligentes, PKI y sistemas biométricos para implementaciones de seguridad avanzada.

Para una gestión segura, existen muchas características integradas en la arquitectura tales como autenticación de usuarios, SNMPv3 y SSL para sesiones encriptadas así como gestión particionada para acceso jerarquizado y administración granular de la red.

2.1.4.- Inteligencia Carrier-Class

La inteligencia **carrier-class** garantiza que usuarios y aplicaciones tengan la prioridad y el desempeño que necesitan con facilidad de gestión extendida a través de la red empresarial.

Los equipos de la serie 7750 se los puede utilizar para todas las operaciones inteligentes a velocidad de cable “wire speed” que incluyen conmutación, ruteo, listas de control de acceso ACL y QoS.

Los equipos de la serie 7750, proveen conmutación hasta el nivel de aplicación para las capas 2, 3 y 4 y los mecanismos de clasificación, priorización y esquemas de encolamiento más avanzados.

La clasificación de los equipos de la serie 7750 es compatible con los estándares de la industria, incluyendo 802.1q/p³ y Diffserv⁴, y esta mejorada con características complementarias como mapeos y marcaje de QoS.

³ 802.1q/p: estándar de multiplexación para VLAN.

⁴ Diffserv: es un modelo de QoS en Internet basado en servicios diferenciados.

La plataforma de gestión de red de voz y datos de Alcatel incluye la gestión de un solo toque "One Touch", que permite a los administradores de red configurar y gestionar rápidamente los switches de la red.

2.1.5.- Movilidad Carrier-Class

Los usuarios son cada vez más móviles y esto plantea desafíos para los administradores.

Los equipos de la serie 7750 incorporan la Movilidad Dinámica, que simplifica la tarea de administrar usuarios remotos y móviles. Esto permite a los usuarios desplazarse por cualquier lugar de la red sin la necesidad de reconfigurarla cada vez.

Los usuarios pueden cambiar su ubicación, conectarse a un nuevo puerto de la red y tener acceso a todos sus recursos sin la intervención del administrador.

La movilidad dinámica se puede integrar completamente con la autenticación y las VLANs para proporcionar movilidad segura en toda la red.

Los equipos de la serie 7750 proporcionan la más alta flexibilidad y las mayores capacidades de creación de VLANs de la industria para soportar entornos de usuarios móviles.

2.1.6.- Diagrama y Descripción del Back Bone MPLS Andinatel S.A., Quito.

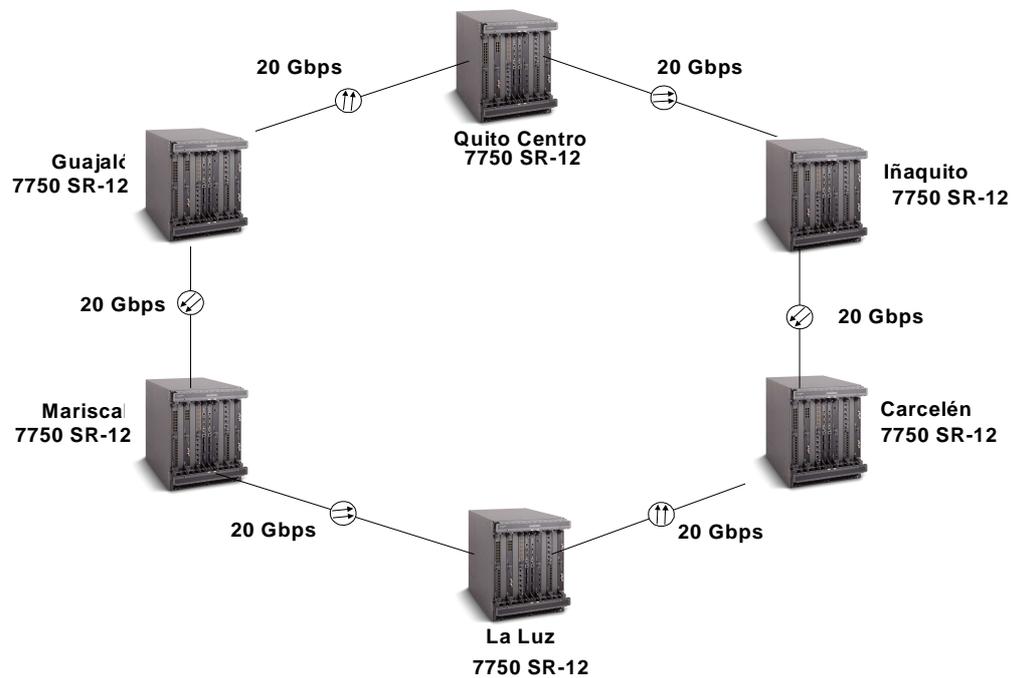


FIGURA 4.- Diagrama del Back Bone MPLS

El back-bone⁵ central de la red MPLS de Andinatel S.A., en Quito está interconectado entre las siguientes estaciones:

- Quito Centro,
- Iñaquito,
- Carcelén,
- Guajaló,
- Mariscal y
- La Luz.

⁵ Back-bone: es un enlace de gran capacidad o una serie de nodos de conexión que forman un eje principal.

Debido a que la configuración actual de Andinatel S.A., se basa en una topología en anillo y la intención que se tiene es minimizar el costo de la migración, se empleará esta misma topología. Adicionalmente se presenta otras ventajas de la reutilización, vista por la misma empresa Andinatel S.A., por ejemplo:

- Con esta configuración se consigue brindar mayor seguridad a los usuarios de la red, y asegurar un servicio continuo, eficiente y sin interrupciones para la satisfacción total de los clientes.

- Este tipo de configuración es una solución más económica que otras configuraciones.

- La estructura del tendido de fibra óptica actual de Andinatel S.A. es en anillo.

El anillo tiene una capacidad de 20 Gbps por cada par de fibras ópticas monomodo, las mismas que nos permiten llegar a mayor distancia dando mayor cobertura desde un nodo hacia otro, con lo cuál se garantiza un ancho de banda de gran capacidad para todas las aplicaciones que los usuarios de Andinatel S.A., demanden.

Los equipos del back-bone central tendrán una configuración 1+1 tanto en la parte de alimentación (-48 VDC), como en la controladora y de requerir Andinatel S.A., los equipos pueden ser configurados 1+1 en las tarjetas de línea para garantizar al máximo la disponibilidad de servicio para los usuarios de Andinatel S.A.

2.1.6.1.- Diagrama y Descripción de la interconexión del Nodo de Quito Centro.

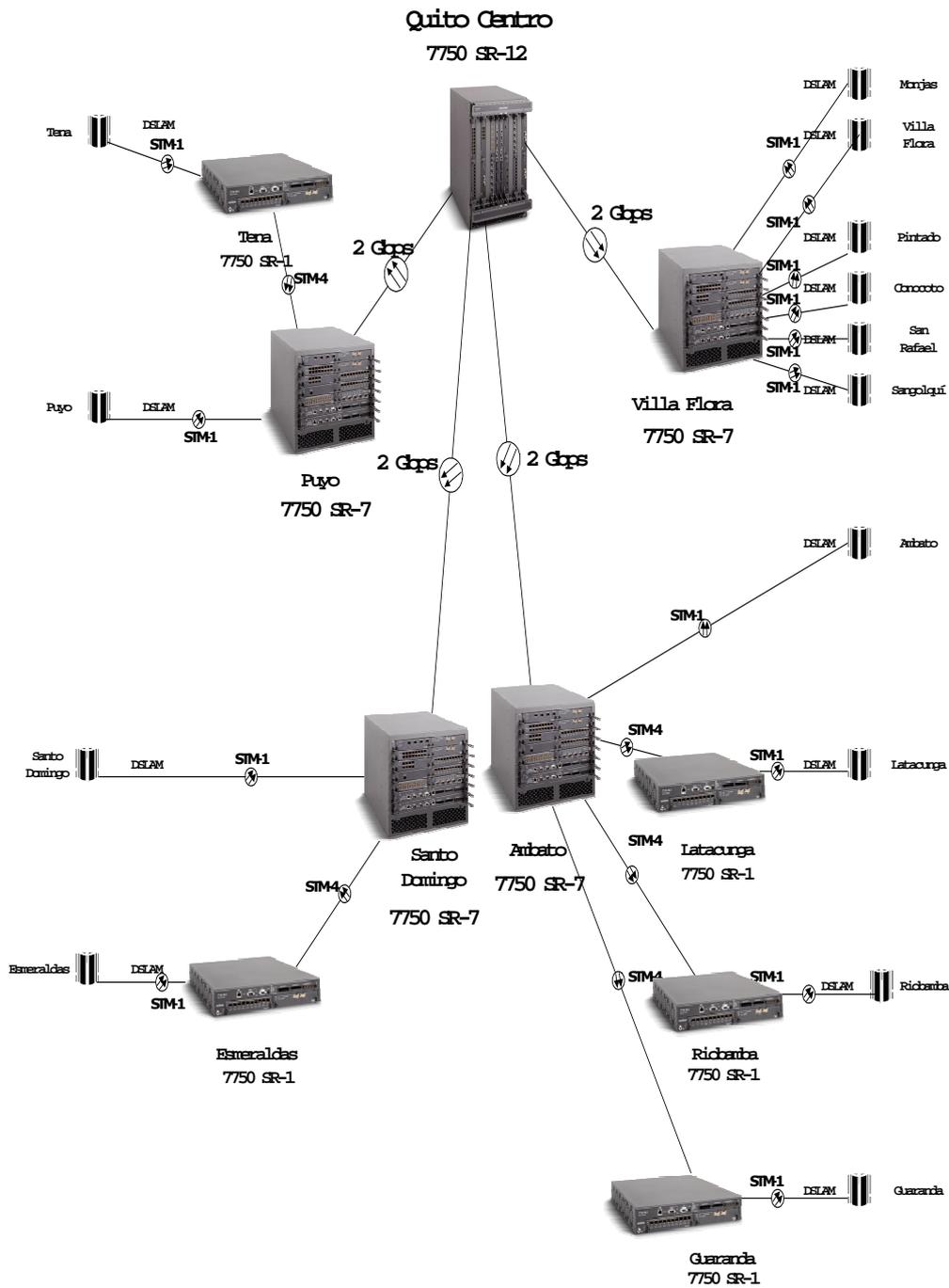


FIGURA 5.- Diagrama del Nodo Quito Centro

Desde el nodo 7750 SR-12 de Quito Centro se enlazarán cuatro equipos 7750 SR-7 que serán instalados en Villa Flora, Ambato, Santo Domingo y Puyo, con sendos enlaces de 2 Gbps, por medio de fibra óptica, para cada equipo.

En la estación de Villa Flora, desde el equipo 7750 SR-1, se enlazarán los DSLAM's de Monjas, Villa Flora, Pintado, Conocoto, San Rafael y Sangolquí, por medio de un enlace de 1 STM-1 (155 Mbps), por medio de fibra óptica, para cada DSLAM.

En la estación de Ambato, desde el equipo 7750 SR-1, se enlazará el DSLAM de Ambato por medio de un enlace de 1 STM-1 (155 Mbps), por medio de fibra óptica. En las estaciones de Latacunga, Riobamba y Guaranda se instalarán 7750 SR-1 los cuales se interconectarán con el equipo 7750 SR-7 de Ambato por medio de enlaces STM-4 (622 Mbps) por medio de fibra óptica.

Desde cada equipo 7750 SR-1 se interconectarán los DSLAM's de Latacunga, Riobamba y Guaranda por medio de un enlace de 1 STM-1 (155 Mbps) por medio de fibra óptica, cada uno de ellos.

En la ciudad de Santo Domingo, desde el equipo 7750 SR-1, se brindará servicio al DSLAM de Santo Domingo, por medio de un enlace de 1 STM-1 (155 Mbps), a través de fibra óptica. En la ciudad de Esmeraldas se instalará 7750 SR-1 el cuál estará conectado con un enlace STM-4 (622 Mbps), a través de fibra óptica, con el equipo 7750 SR-7 de la ciudad de Santo Domingo.

El enlace entre el equipo 7750 SR-1 y el DSLAM correspondiente a la ciudad de Esmeraldas, será de 1 STM-1 (155 Mbps), a través de fibra óptica.

En la ciudad de Puyo, desde el equipo 7750 SR-1, se brindará servicio al DSLAM de Puyo, por medio de un enlace de 1 STM-1 (155 Mbps), a través de fibra óptica. En la ciudad de Tena se instalará 7750 SR-1 el cuál estará conectado con un enlace STM-4 (622 Mbps), a través de fibra óptica, con el equipo 7750 SR-7 de la ciudad de Puyo. El enlace entre el equipo 7750 SR-1 y el DSLAM correspondiente a la ciudad de Tena, será de 1 STM-1 (155 Mbps), a través de fibra óptica.

2.1.6.2.- Diagrama y Descripción de la interconexión del Nodo de Carcelén.

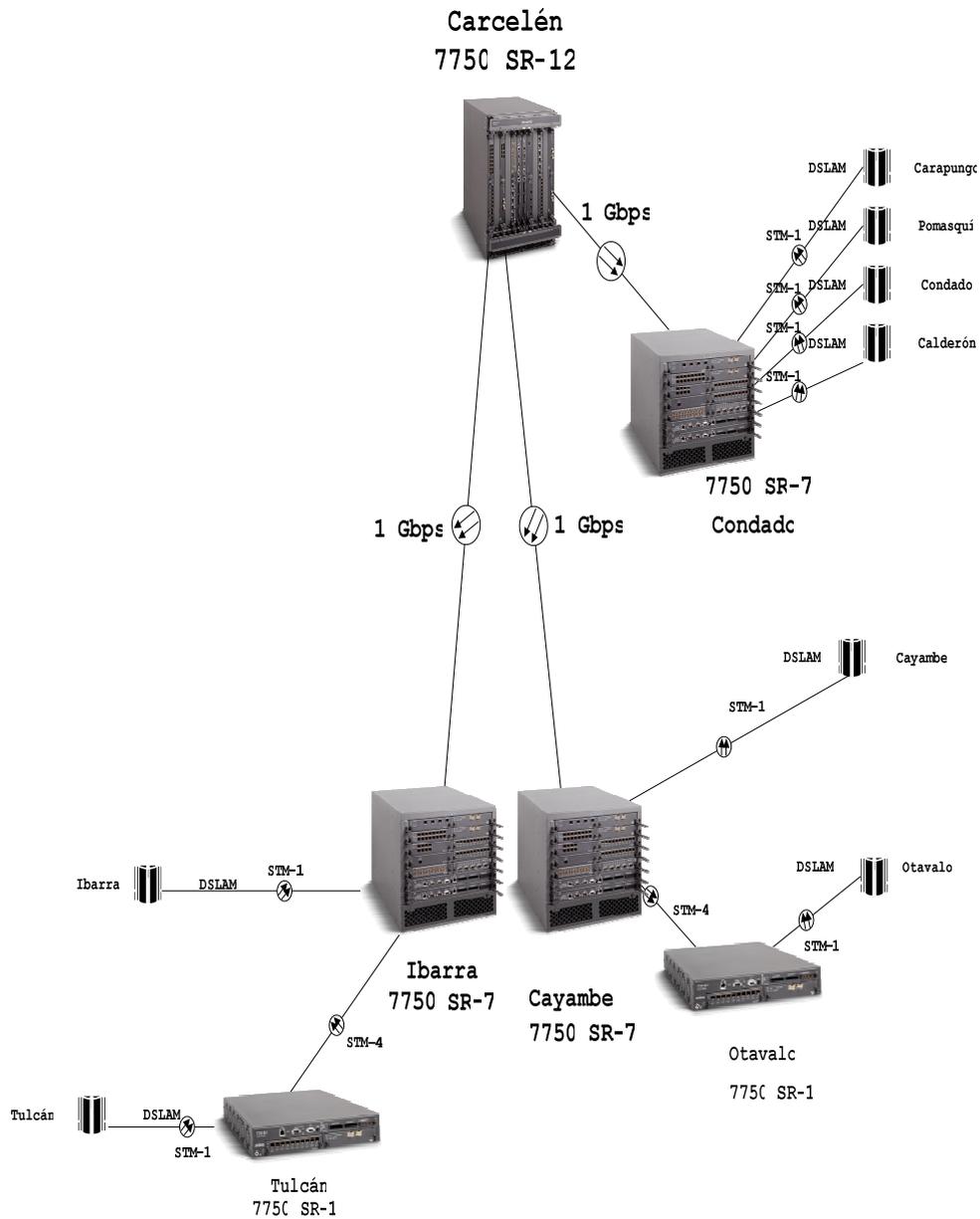


FIGURA 6.- Diagrama del Nodo Carcelén

Desde la estación de Carcelén, Andinatel S.A., brindará los servicios solicitados por los usuarios ubicados en el sector de El Condado, y las ciudades de Ibarra y Cayambe.

En la estación del Condado, se instalará un equipo 7750 SR-7, el cuál estará interconectado con el nodo principal 7750 SR-12 de Carcelén con un enlace de 1 Gbps por fibra óptica.

Desde la estación del Condado, se brindará servicio a los DSLAM's de Carapungo, Pomasquí, Condado y Calderón. El enlace entre el equipo 7750 SR-1 y los DSLAM's será de 1 STM-1 (155 Mbps) para cada DSLAM.

En la ciudad de Cayambe, se instalará un equipo 7750 SR-7, el cuál estará interconectado con el nodo principal 7750 SR-12 de Carcelén con un enlace de 1 Gbps por fibra óptica.

Desde la estación de Cayambe, se brindará servicio al DSLAM de Cayambe, por medio de un enlace de 1 STM-1 (155 Mbps), a través de fibra óptica. En la ciudad de Otavalo se instalará 7750 SR-1 el cuál estará conectado con un enlace STM-4 (622 Mbps) con el equipo 7750 SR-7 de la ciudad de Cayambe.

El enlace entre el equipo 7750 SR-1 y el DSLAM correspondiente a la ciudad de Otavalo, será de 1 STM-1 (155 Mbps), a través de fibra óptica.

En la ciudad de Ibarra, se instalará un equipo 7750 SR-7, el cuál estará interconectado con el nodo principal 7750 SR-12 de Carcelén con un enlace de 1 Gbps por fibra óptica. Desde la estación de Ibarra, se brindará servicio al DSLAM de Ibarra, por medio de un enlace de 1 STM-1 (155 Mbps), a través de fibra óptica.

En la ciudad de Tulcán se instalará el equipo 7750 SR-1 el cuál estará conectado con un enlace STM-4 (622 Mbps) con el equipo 7750 SR-7 de la ciudad de Ibarra. El enlace entre el equipo 7750 SR-1 y el DSLAM correspondiente a la ciudad de Tulcán, será de 1 STM-1 (155 Mbps), a través de fibra óptica.

2.1.6.3.- Diagrama y Descripción de la interconexión del Nodo de Iñaquito.

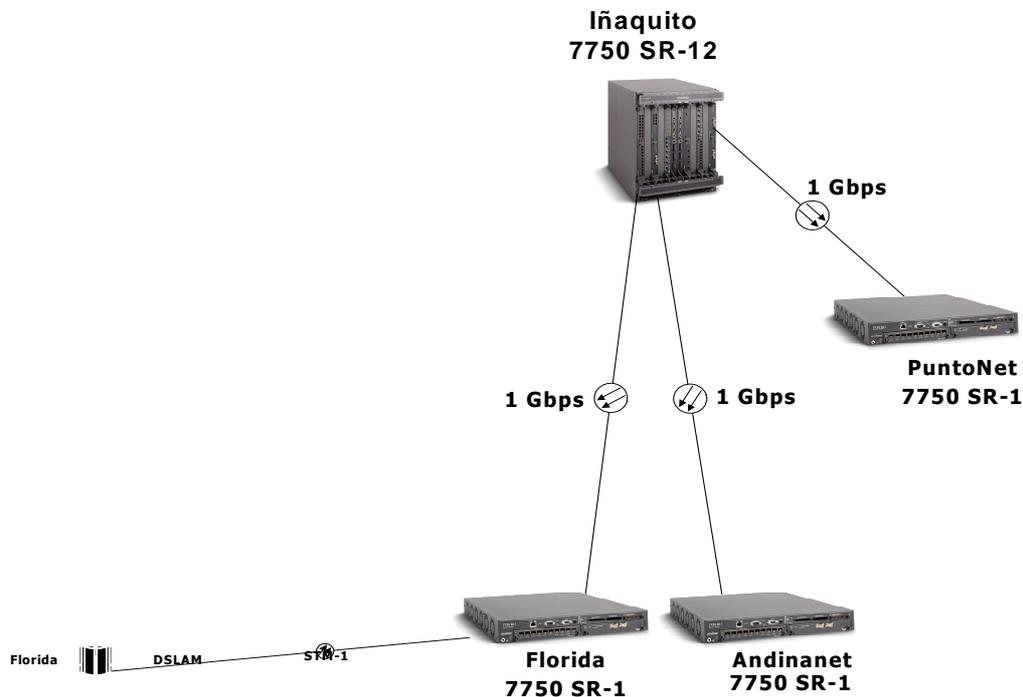


FIGURA 7.- Diagrama del Nodo Iñaquito

Desde la estación de Iñaquito, Andinatel S.A., brindará los servicios solicitados por los usuarios de PuntoNet, Andinanet y los ubicados en el sector de La Florida.

Para interconectarse con la red de usuarios de PuntoNet, Andinatel S.A., instalará un equipo 7750 SR-1, el cuál estará interconectado con el equipo 7750 SR-12 de Iñaquito por medio de un enlace de 1 Gbps, por medio de fibra óptica.

Para interconectarse con la red de usuarios de Andinanet, Andinatel S.A., instalará un equipo 7750 SR-1, el cuál estará interconectado con el equipo 7750 SR-12 de Iñaquito por medio de un enlace de 1 Gbps, por medio de fibra óptica.

En la estación de la Florida perteneciente a Andinatel S.A., se instalará un equipo 7750 SR-1, el cuál estará interconectado con el nodo principal 7750 SR-12 de Ñaquito con un enlace de 1 Gbps por fibra óptica. El enlace entre el equipo 7750 SR-1 y el DSLAM correspondiente a la estación de La Florida, será de 1 STM-1 (155 Mbps), a través de fibra óptica.

2.1.6.4.- Diagrama y Descripción de la interconexión del Nodo de La Luz.

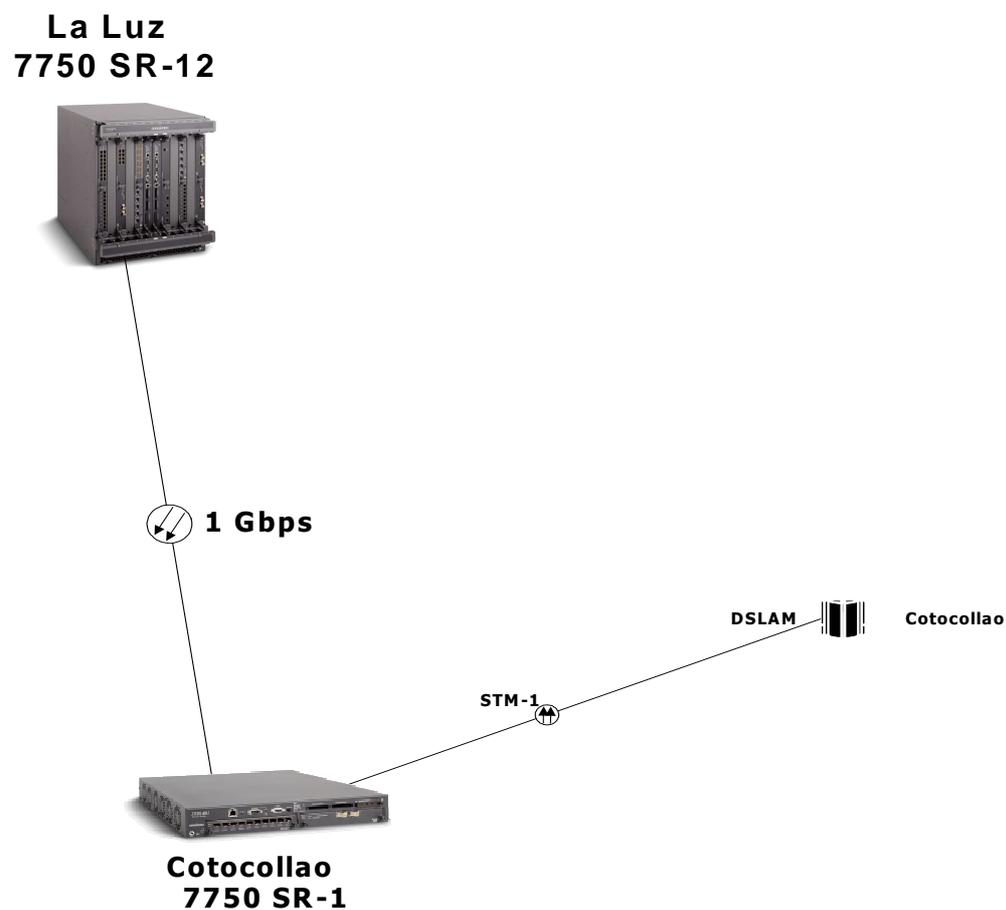


FIGURA 8.- Diagrama del Nodo La Luz

Desde la estación de La Luz, Andinatel S.A., brindará los servicios solicitados por los usuarios ubicados en el sector de Cotocollao.

En la estación de Cotocollao, se instalará un equipo 7750 SR-1, el cuál estará interconectado con el nodo principal 7750 SR-12 de La Luz con un enlace de 1 Gbps por fibra óptica. El enlace entre el equipo 7750 SR-1 y el DSLAM correspondiente a la estación de Cotocollao, será de 1 STM-1 (155 Mbps), a través de fibra óptica.

2.1.6.5.- Diagrama y Descripción de la interconexión del Nodo de Guajaló.

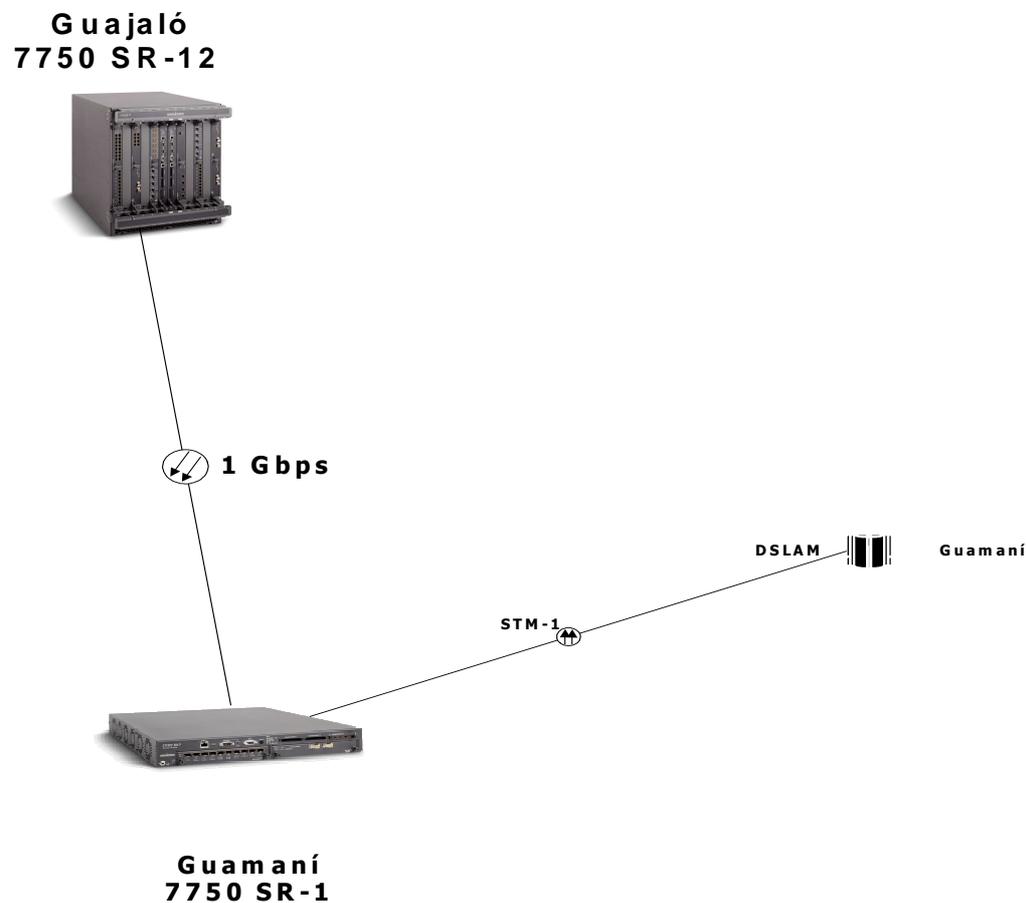


FIGURA 9.- Diagrama del Nodo Guajaló

Desde la estación de Guajaló, Andinatel S.A., brindará los servicios solicitados por los usuarios ubicados en el sector de Guamaní.

En la estación de Guamaní, se instalará un equipo 7750 SR-1, el cuál estará interconectado con el nodo principal 7750 SR-12 de Guajaló con un enlace de 1 Gbps por fibra óptica. El enlace entre el equipo 7750 SR-1 y el DSLAM correspondiente a la estación de Guamaní, será de 1 STM-1 (155 Mbps), a través de fibra óptica.

2.1.6.6.- Diagrama y Descripción de la interconexión del Nodo de Mariscal.

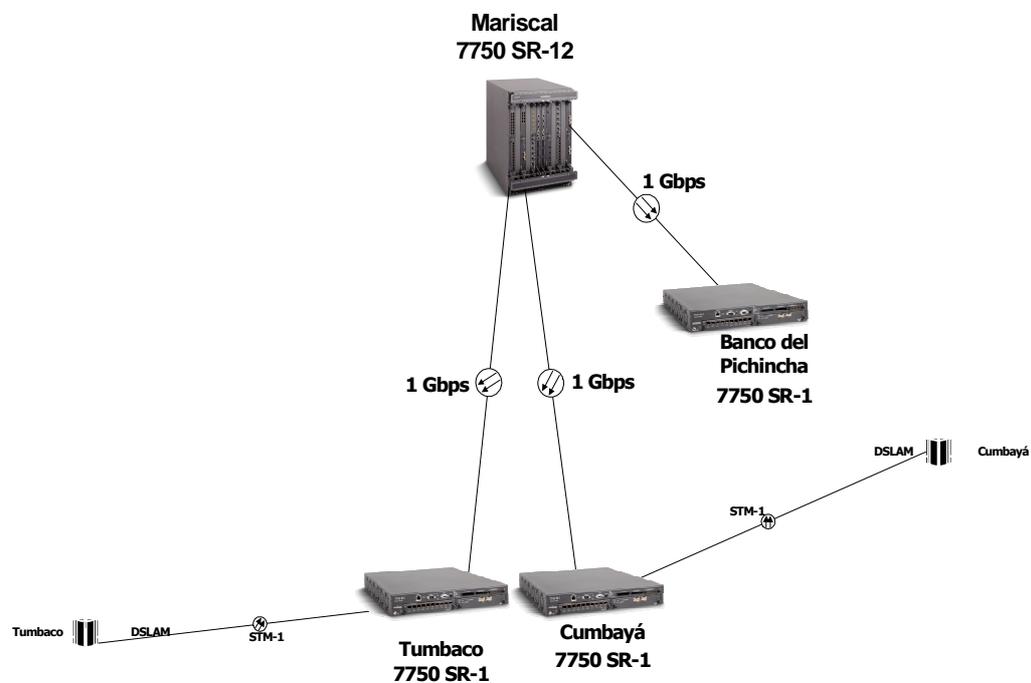


FIGURA 10.- Diagrama del Nodo Mariscal

Desde la estación de La Mariscal, Andinatel S.A., brindará los servicios solicitados por el Banco del Pichincha, y los usuarios ubicados en el sector de los Valles de Cumbayá y Tumbaco.

Para interconectarse con la red del Banco del Pichincha, Andinatel S.A., instalará un equipo 7750 SR-1, el cuál estará interconectado con el equipo 7750 SR-12 de Mariscal por medio de un enlace de 1 Gbps, por medio de fibra óptica.

En la estación de Cumbayá, se instalará un equipo 7750 SR-1, el cuál estará interconectado con el nodo principal 7750 SR-12 de Mariscal con un enlace de 1 Gbps por fibra óptica.

El enlace entre el equipo 7750 SR-1 y el DSLAM correspondiente a la estación de Cumbayá, será de 1 STM-1 (155 Mbps), a través de fibra óptica.

En la estación de Tumbaco, se instalará un equipo 7750 SR-1, el cuál estará interconectado con el nodo principal 7750 SR-12 de Mariscal con un enlace de 1 Gbps por fibra óptica.

El enlace entre el equipo 7750 SR-1 y el DSLAM correspondiente a la estación de Tumbaco, será de 1 STM-1 (155 Mbps), a través de fibra óptica.

2.2.- COMANDOS DE CONFIGURACION PARA EL PROTOTIPO DE LA RED MPLS.

A continuación se describen los comandos de configuración que se utilizan en los equipos SR-7750.

Estos son unos ejemplos de configuración básicos, ya que estos equipos poseen una gran variedad de servicios para ser configurados y explotados por los operadores que han optado por esta clase de equipos.

2.2.1.- Proceso de Configuración de MPLS/RSVP

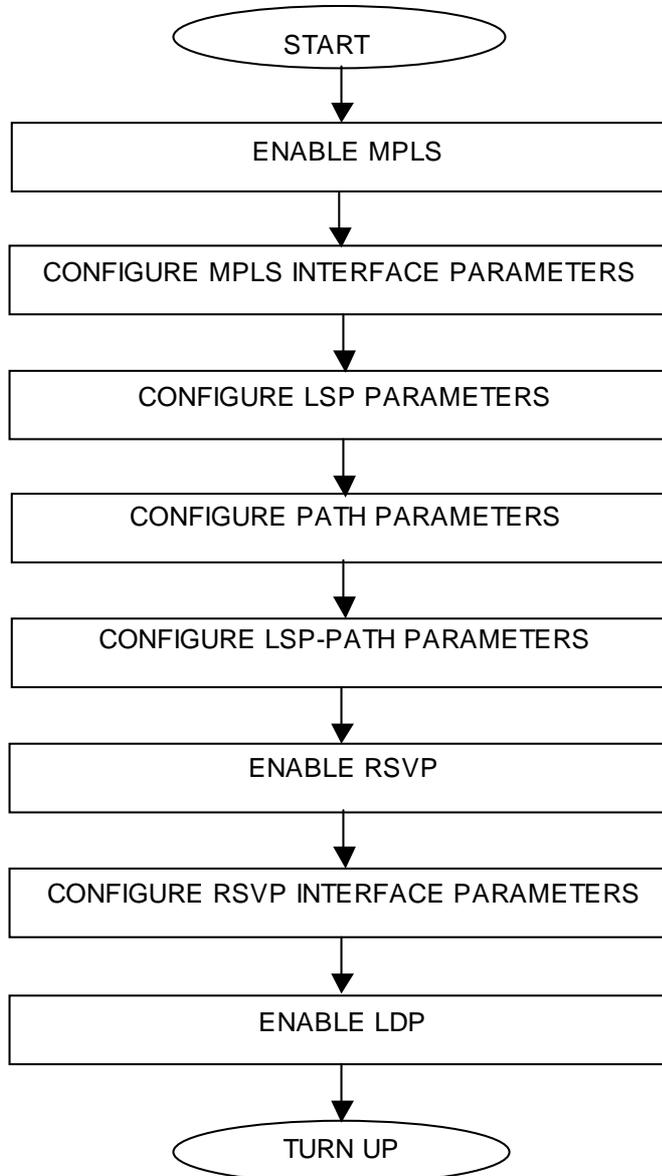


FIGURA 11.- Proceso de Configuración MPLS/RSVP

2.2.2.- Comandos Básicos.-

Los comandos básicos más utilizados son los siguientes:

admin-group

interface

label-map

shutdown

pop

swap

path

hop

lsp

to

from

fast-reroute

primary

static-lsp

La descripción, uso y sintáctica de los comandos antes enunciados, se muestra en el anexo C.

2.2.3.- Configuración Básica MPLS

```
ALA-1>config>router>mpls# info
```

```
-----
```

```
admin-group "green" 15
```

```
admin-group "yellow" 20
```

```
admin-group "red" 25
```

```
interface "system"
```

```
exit
```

```
interface "bozo"
```

```
admin-group "grouptest1"
```

```
label-map 50
```

```
shutdown
```

```
pop
```

```
exit
```

```
exit
```

```
interface "to-104"
```

```
label-map 35
```

```
swap 36 nexthop 10.10.10.91
```

```
no shutdown
```

exit

exit

path "secondary-path"

no shutdown

exit

path "to-NYC"

hop 1 10.10.10.104 strict

no shutdown

exit

path "to-104"

no shutdown

exit

lsp "lsp-to-east coast"

to 10.10.10.104

from 10.10.10.103

fast-reroute one-to-one

exit

primary "to-104"

exit

no shutdown

```
exit  
  
static-lsp "to-106"  
  
shutdown  
  
exit  
  
no shutdown
```

```
ALA-1>config>router>mpls#
```

2.3.- DESCRIPCION DE LA MIGRACION POR BLOQUES A LA NUEVA RED MPLS.



FIGURA 12.- Diagrama de Migración por Bloques

De acuerdo al diagrama de bloques, se reemplazarán los equipos de la red ATM con los equipos de la nueva red MPLS propuesta.

Estos cambios deben ser realizados en paralelo, en el menor tiempo posible y minimizando el impacto hacia el cliente.

En la primera etapa se deben instalar todos los nuevos equipos en las diferentes estaciones. Una vez instalados los equipos deberán ser probados y configurados de acuerdo a las necesidades de Andinatel S.A., y sus respectivos clientes.

En la segunda etapa se deben realizar las pruebas de calidad de enlaces, de tráfico, de interconexión con otros nodos de la red, de rendimiento y Calidad del Servicio.

En la tercera etapa se inicia la migración de clientes hacia la nueva red empezando con los nodos de menor jerarquía de acuerdo a los datos proporcionados por Andinatel S.A., hasta llegar a los nodos principales.

En el siguiente capítulo se proveerá de consideraciones necesarias que justifiquen la migración de la tecnología ATM a MPLS.

CAPITULO III

CAPITULO III

ANALISIS DE FACTIBILIDAD DE LA MIGRACIÓN DE LA NUEVA RED MPLS.

A continuación se va a realizar el análisis de factibilidad con el cual se puede determinar que la red MPLS podrá ser implementada por Andinatel S.A.

3.1.- ANALISIS TECNICO.

En el análisis técnico se va a describir las tecnologías sobre la cual se está trabajando y sobre la que queremos trabajar, sus ventajas y desventajas, y porqué se escogió la tecnología MPLS para realizar la migración.

3.1.1.- DESCRIPCION DE LA TECNOLOGIA MPLS.

INTRODUCCIÓN

Mientras las demandas del servicio del Internet aumentan, el verdadero desafío, se convierte en cómo escalar la red mientras se mejora el funcionamiento total y se minimizan los costos operacionales.

El aumento en número de usuarios lleva consigo una creciente demanda de ancho de banda, por lo que se necesita mejorar el rendimiento de ruteadores y conmutadores, así como explotar las nuevas tecnologías de transmisión.

Uno de los grandes problemas de la Internet actual es que no garantiza la calidad de servicio. La sencillez de TCP/IP hace que su eficiencia sea variable, y por lo

tanto los paquetes se entregan de la mejor forma posible, algo que se conoce como "best-effort"⁶ o lo mejor posible. Los routers grandes facilitan el escalamiento hacia una capacidad más alta y un rendimiento más alto de los routers IP y pueden consolidar un acoplamiento grande basado en varios acoplamientos más pequeños.

Sin embargo, los routers nativos de IP que se han desarrollado para redes corporativas, no importa cuan grandes sean, no pueden tratar de administrar directamente el enrutamiento entre capas, ni pueden satisfacer la necesidad de la ingeniería de tráfico con protocolos básicos de enrutamiento IP. Estos hechos provocaron que a principio de los 90 se comenzaran a explorar soluciones que contribuyan a superar estas limitaciones.

MPLS es un estándar del IETF que surgió para unificar las diferentes soluciones que los distintos fabricantes estaban proponiendo. Está basado en el uso de etiquetas que identifican la ruta y el tipo de servicio para enrutar los paquetes.

MPLS provee la respuesta para la generación siguiente de las routers carrier class, brindando el enrutamiento y conmutación de protocolos juntos en una capa que calza entre la capa IP y la capa 2.

Términos más comunes en MPLS

- Forwarding⁷: Esta operación la realizan tanto conmutadores como ruteadores y consiste básicamente en enrutar un paquete recibido por la línea de entrada en base a unos campos que contiene el paquete.
- Label: una etiqueta es un identificador de tamaño fijo que tiene significado local. Se usa para reenviar paquetes. Un dispositivo de conmutación de etiquetas reemplazará la etiqueta de un paquete antes de reenviarlo.

⁶ Best effort.- el tráfico se entrega sin garantizar ninguna calidad de servicio.

⁷ Forwarding.- reenvío hacia delante o simplemente reenvío.

- LSR: Dispositivo que implementa la conmutación de etiquetas.
- Dominio de conmutación de etiquetas: conjunto contiguo de nodos que operan con conmutación de etiquetas y que pertenecen a un mismo dominio de enrutamiento IP (o dominio administrativo).
- LER: Nodo que conecta un dominio de conmutación de etiquetas con un nodo externo al dominio, bien porque no soporta la conmutación de etiquetas o porque pertenece a otro dominio de conmutación de etiquetas.
- LSP: Son símplex por naturaleza, para tener un camino dúplex se necesita crear dos LSP en ambas direcciones. Cada LSP se crea a base de concatenar uno o más saltos (hops) en los que se intercambian las etiquetas, de modo que cada paquete de una FEC particular se envía de un "conmutador de etiquetas" (LSR) a otro, a través del dominio MPLS. Un LSR no es sino un router especializado en el envío de paquetes etiquetados por MPLS.
- FEC: Es un conjunto de paquetes que se envían sobre un mismo camino o path, aun cuando sus destino finales sean diferentes. En MPLS, sólo al ingresar un paquete a la red se le asigna un FEC. Luego ningún router lo hace. Se puede asociar el valor de la FEC a una dirección destino y a una clase de tráfico. La clase de tráfico esta asociada habitualmente a un número de puerto destino, con lo cual se puede establecer prioridades.

Las siguientes figuras 13 y 14, muestran de forma gráfica algunos de estos términos.

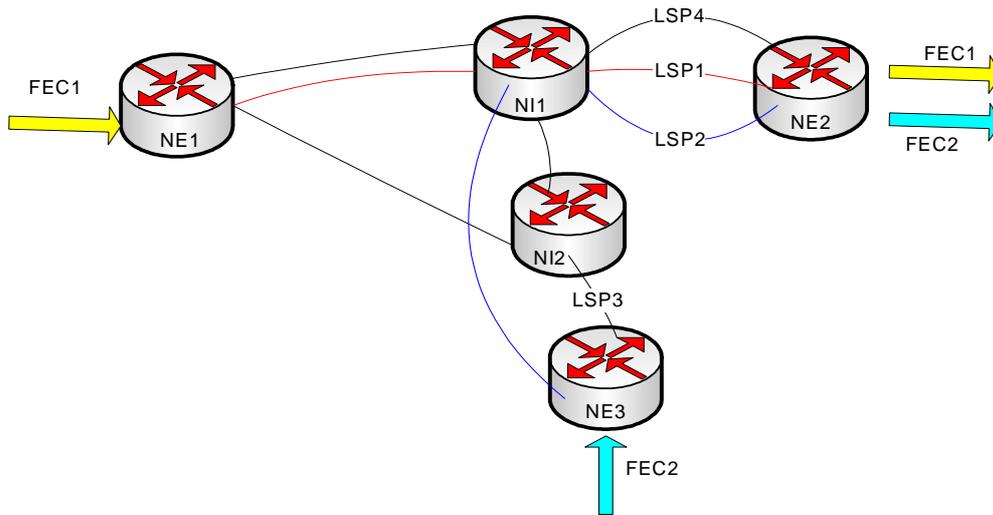


FIGURA 13.- Diagrama Explicativo de Términos MPLS 1

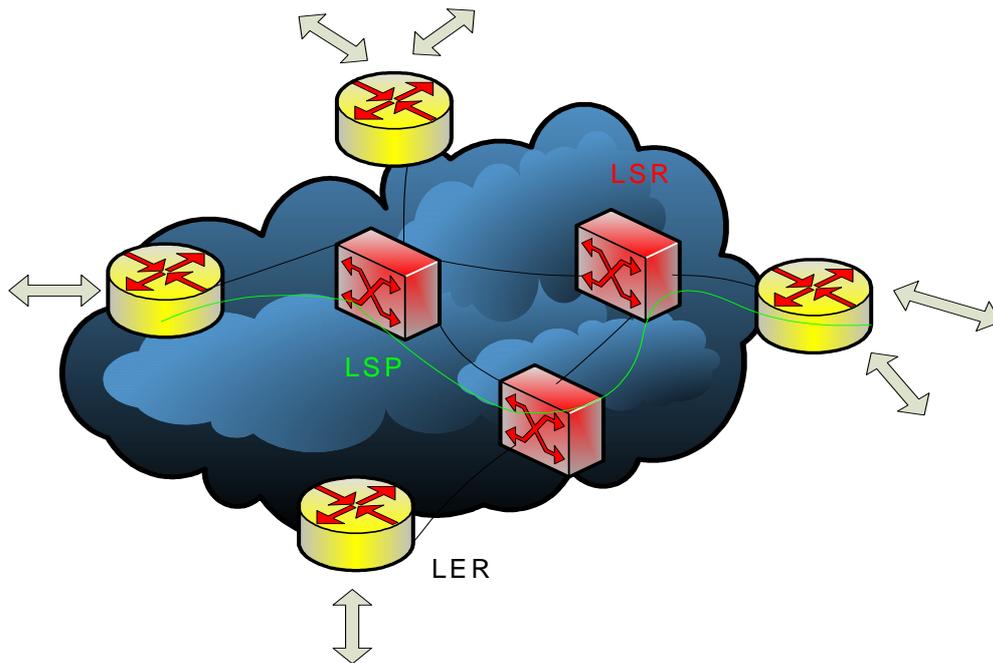


FIGURA 14.- Diagrama Explicativo de Términos MPLS 2

La operación del MPLS se basa en las componentes funcionales de envío y control, y que actúan ligadas íntimamente entre sí, entre ellas se tiene:

a) Funcionamiento del envío de paquetes en MPLS

La base del MPLS está en la asignación e intercambio de etiquetas ya expuesto, que permiten el establecimiento de los caminos LSP por la red.

En la figura 15 se puede ver la funcionalidad del MPLS. Al igual que en las soluciones de conmutación multinivel, MPLS separa los dos componentes funcionales de control (routing) y de envío (forwarding), del mismo modo, el envío se implementa mediante el intercambio de etiquetas en los LSPs. Sin embargo, MPLS no utiliza ninguno de los protocolos de señalización ni de encaminamiento definidos por el ATM Forum; en lugar de ello, en MPLS o bien se utiliza el protocolo RSVP o bien un nuevo estándar de señalización LDP. Pero, de acuerdo con los requisitos del IETF, el transporte de datos puede ser cualquiera.

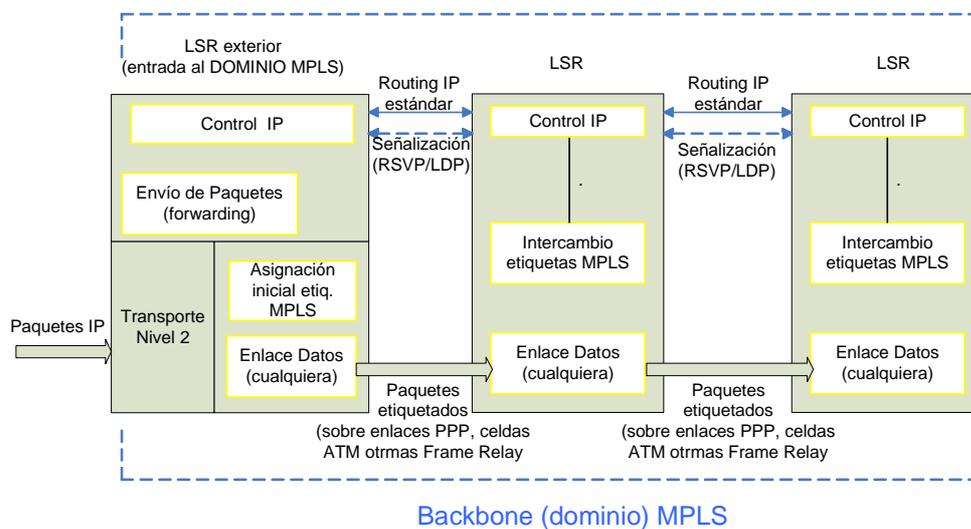


FIGURA 15.- Funcionalidad de MPLS

Un camino LSP es el circuito virtual que siguen por la red todos los paquetes asignados a la misma FEC. Al primer LSR que interviene en un LSP se le denomina de entrada o de cabecera y al último se le denomina de salida o de cola. Los dos están en el exterior del dominio MPLS. El resto, entre ambos, son LSRs interiores del dominio MPLS.

Un LSR es como un router que funciona a base de intercambiar etiquetas según una tabla de envío. Esta tabla se construye a partir de la información de encaminamiento que proporciona la componente de control.

Cada entrada de la tabla contiene un par de etiquetas entrada/salida correspondientes a cada interfaz de entrada, que se utilizan para acompañar a cada paquete que llega por ese interfaz y con la misma etiqueta (en los LSR exteriores sólo hay una etiqueta, de salida en el de cabecera y de entrada en el de cola).

En la figura 16 se ilustra un ejemplo del funcionamiento de un LSR del núcleo MPLS. A un paquete que llega al LSR por el interfaz 3 de entrada con la etiqueta 45 el LSR le asigna la etiqueta 22 y lo envía por el interfaz 4 de salida al siguiente LSR, de acuerdo con la información de la tabla.



FIGURA 16.- Funcionamiento del LSR

El algoritmo de intercambio de etiquetas requiere la clasificación de los paquetes a la entrada del dominio MPLS para poder hacer la asignación por el LSR de cabecera.

En la figura 17 el LSR de entrada recibe un paquete normal (sin etiquetar) cuya dirección de destino es 212.95.193.1. El LSR consulta la tabla de encaminamiento y asigna el paquete a la clase FEC definida por el grupo 212.95/16. Así mismo, este LSR le asigna una etiqueta (con valor 5 en el ejemplo) y envía el paquete al siguiente LSR del LSP.

Dentro del dominio MPLS los LSR ignoran la cabecera IP; solamente analizan la etiqueta de entrada, consultan la tabla correspondiente (tabla de conmutación de etiquetas) y la reemplazan por otra nueva, de acuerdo con el algoritmo de intercambio de etiquetas.

Al llegar el paquete al LSR de cola (salida), ve que el siguiente salto lo saca de la red MPLS; al consultar ahora la tabla de conmutación de etiquetas quita ésta y envía el paquete por routing convencional.

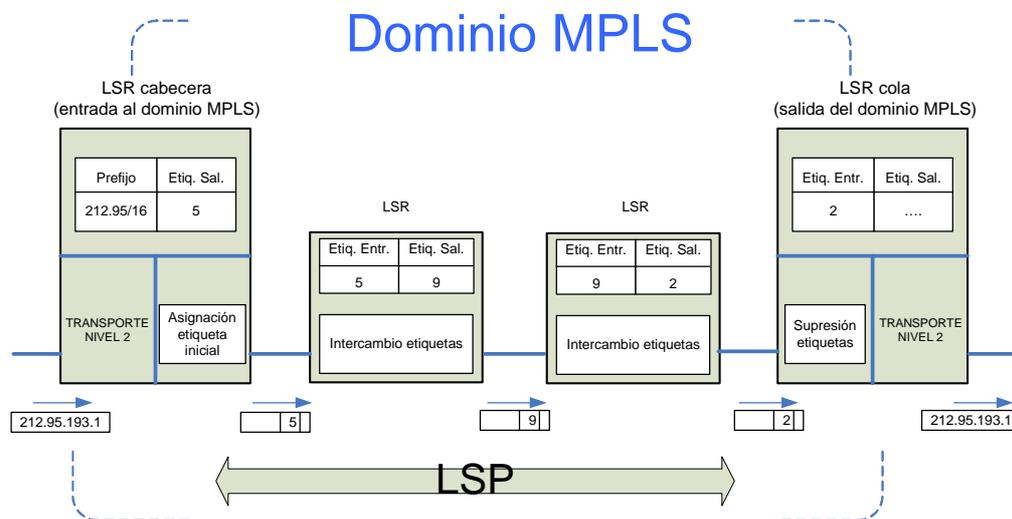


FIGURA 17.- Funcionamiento del LSP

Como se ve, la identidad del paquete original IP queda enmascarada durante el transporte por la red MPLS, que no "mira" sino las etiquetas que necesita para su envío por los diferentes saltos LSR que configuran los caminos LSP logrando de esta manera entregar los paquetes al destino que se escoja.

Las etiquetas se insertan en cabeceras MPLS, entre los niveles 2 y 3. Según las especificaciones del IETF, MPLS debía funcionar sobre cualquier tipo de transporte: PPP, LAN, ATM, Frame Relay, etc.

Por ello, si el protocolo de transporte de datos contiene ya un campo para etiquetas (como ocurre con los campos identificadores de trayectorias y de circuitos virtuales VPI/VCI de ATM y DLCI de Frame Relay), se utilizan esos campos nativos para las etiquetas.

Sin embargo, si la tecnología de nivel 2 empleada no soporta un campo para etiquetas (por ejemplo: enlaces Punto a Punto o en una red Ethernet).

Entonces se emplea una cabecera genérica MPLS denominada "SHIM" de 4 octetos de relleno, que contiene un campo específico para la etiqueta y que se inserta entre la cabecera del nivel 2 y la del paquete (nivel 3).

En la figura 18 se representa el esquema de los campos de la cabecera genérica MPLS y su relación con las cabeceras de los otros niveles.

Según se muestra en la figura, los 32 bits de la cabecera MPLS se reparten en: 20 bits para la etiqueta MPLS, 3 bits para identificar la clase de servicio en el campo EXP (experimental, anteriormente llamado CoS), 1 bit de stack para poder apilar etiquetas de forma jerárquica (s) y 8 bits para indicar el TTL que sustenta la funcionalidad estándar TTL de las redes IP.

De este modo, las cabeceras MPLS permiten cualquier tecnología o combinación de tecnologías de transporte, debido al uso de diversas etiquetas según la tecnología usada, con la flexibilidad que esto supone para un proveedor de servicios IP a la hora de tomar decisiones para extender la cobertura de su red.

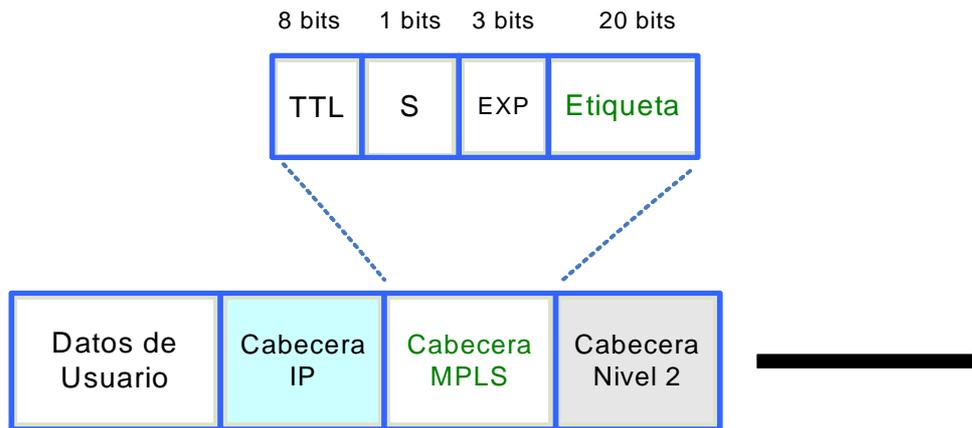


FIGURA 18.- Esquemas de Campos de Cabeceras MPLS

ETIQUETAS LIBRES

Un LSR mantiene un repositorio de etiquetas libres. Cuando se inicializa un LSR el repositorio contiene todas las etiquetas que el LSR puede usar para asociaciones locales. Cuando un LSR crea una asociación coge una etiqueta del repositorio y cuando la destruye la vuelve a depositar en el repositorio. Si el LSR tiene una tabla de enrutamiento por interfaz, tendrá que tener un repositorio con etiquetas por cada interfaz.

b) Control de la información en MPLS

Hasta ahora se ha visto el mecanismo básico de envío de paquetes a través de los LSPs mediante el procedimiento de intercambio de etiquetas según las tablas de los LSRs. Pero queda por ver dos aspectos fundamentales:

- Cómo se generan las tablas de envío que establecen los LSPs.
- Cómo se distribuye la información sobre las etiquetas a los LSRs.

El primero de ellos está relacionado con la información que se tiene sobre la red: topología, patrón de tráfico, características de los enlaces, etc. Es la información de control típica de los algoritmos de encaminamiento. MPLS necesita esta información de routing para establecer los caminos virtuales LSPs.

Lo más lógico es utilizar la propia información de encaminamiento que manejan los protocolos internos IGP para construir las tablas de encaminamiento (recuérdese que los LSR son routers con funcionalidad añadida).

Esto es lo que hace MPLS precisamente: para cada "ruta IP" en la red se crea un "camino de etiquetas" a base de concatenar las de entrada/salida en cada tabla de los LSRs; el protocolo interno correspondiente se encarga de pasar la información necesaria.

El segundo aspecto se refiere a la información de "señalización" (las comillas se ponen por el impacto que puede suponer este término para los puristas del mundo IP, de naturaleza no conectiva).

Pero siempre que se quiera establecer un circuito virtual se necesita algún tipo de señalización para marcar el camino, es decir, para la distribución de etiquetas entre los nodos.

Sin embargo, la arquitectura MPLS no asume un único protocolo de distribución de etiquetas; de hecho se están estandarizando algunos existentes con las correspondientes extensiones; unos de ellos es el protocolo RSVP del Modelo de Servicios Integrados del IETF. Pero, además, en el IETF se están definiendo otros nuevos, específicos para la distribución de etiquetas, cual es el caso del LDP.

c) Funcionamiento global MPLS

Una vez vistos todos los componentes funcionales, el esquema global de funcionamiento es el que se muestra en la figura 19, donde quedan reflejadas las diversas funciones en cada uno de los elementos que integran la red MPLS.

Es importante destacar que en el borde de la nube MPLS se tiene una red convencional de routers IP. El núcleo MPLS proporciona una arquitectura de transporte que hace aparecer a cada par de routers a una distancia de un sólo salto.

Funcionalmente es como si estuvieran unidos todos en una topología mallada (directamente o por PVCs ATM). Ahora, esa unión a un solo salto se realiza por MPLS mediante los correspondientes LSPs (puede haber más de uno para cada par de routers).

La diferencia con topologías conectivas reales es que en MPLS la construcción de caminos virtuales es mucho más flexible y que no se pierde la visibilidad sobre los paquetes IP. Todo ello abre enormes posibilidades a la hora de mejorar el rendimiento de las redes y de soportar nuevas aplicaciones de usuario, tal como se explica en la sección siguiente.

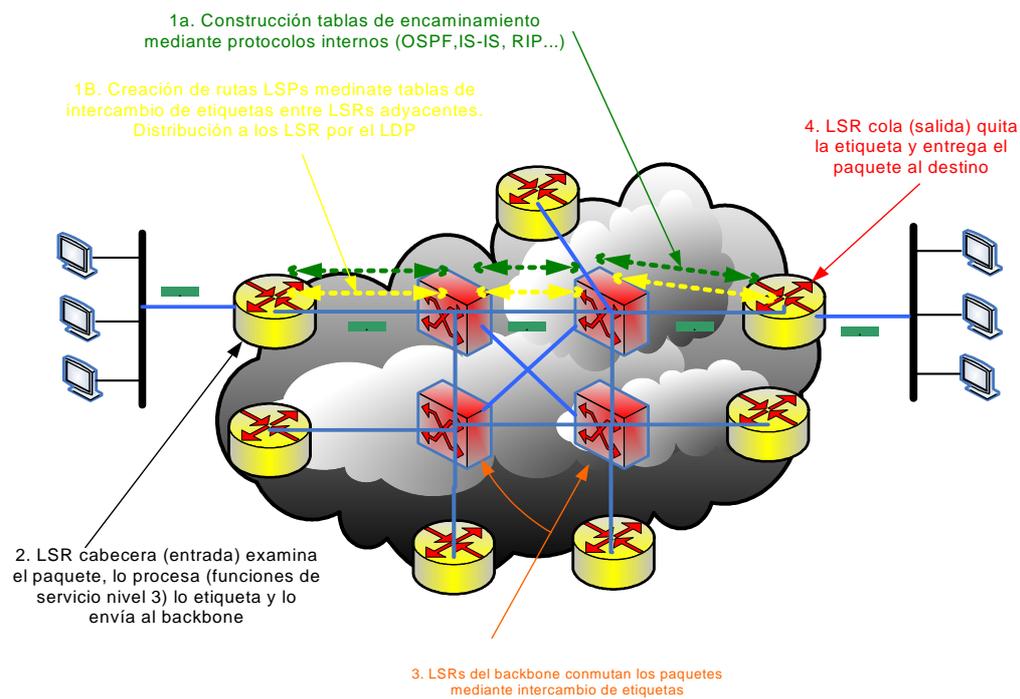


FIGURA 19.- Ejemplo de Funcionamiento Global del MPLS

PROTOCOLOS DE DISTRIBUCIÓN DE ETIQUETAS

Un protocolo de distribución de etiquetas es un conjunto de procedimientos por los que un LSR le informa a otro de las asociaciones de etiquetas a FECs que ha hecho.

A dos LSRs que utilizan un protocolo de distribución de etiquetas para intercambiar información de asociaciones de etiquetas a FECs se les conoce como un par de distribución de etiquetas (label distribution peers) respecto a la información de las asociaciones que intercambian.

MPLS no asume que haya sólo un protocolo de distribución de etiquetas. De hecho, se están normalizando distintos protocolos de distribución de etiquetas. También se están definiendo nuevos protocolos como el LDP (Label Distribution Protocol).

LA PILA DE ETIQUETAS

En MPLS un paquete puede tener más de una etiqueta, organizadas éstas a modo de pila (FIFO). A esto se le conoce como pila de etiquetas.

Aunque MPLS soporte una jerarquía gracias a la pila de etiquetas, el procesamiento de un paquete etiquetado es completamente independiente del nivel de la jerarquía.

Siempre que se procese una etiqueta, ésta será la de la cima, sin importar cuántas etiquetas pueda haber debajo.

Se puede considerar a un paquete no etiquetado como un paquete con una pila de etiquetas vacía.

En la figura 20 tenemos tres dominios. Supongamos que el dominio 2 es un dominio de tránsito. En dicho dominio no se originan paquetes. Tampoco hay paquetes destinados a él.

Para anunciar las direcciones del dominio 3 el LSR F le distribuye la información al LSR E. El LSR E le distribuye la información al LSR B el cual se la distribuye al LSR A. No se distribuye la información a los LSRs C y D porque son LSRs interiores.

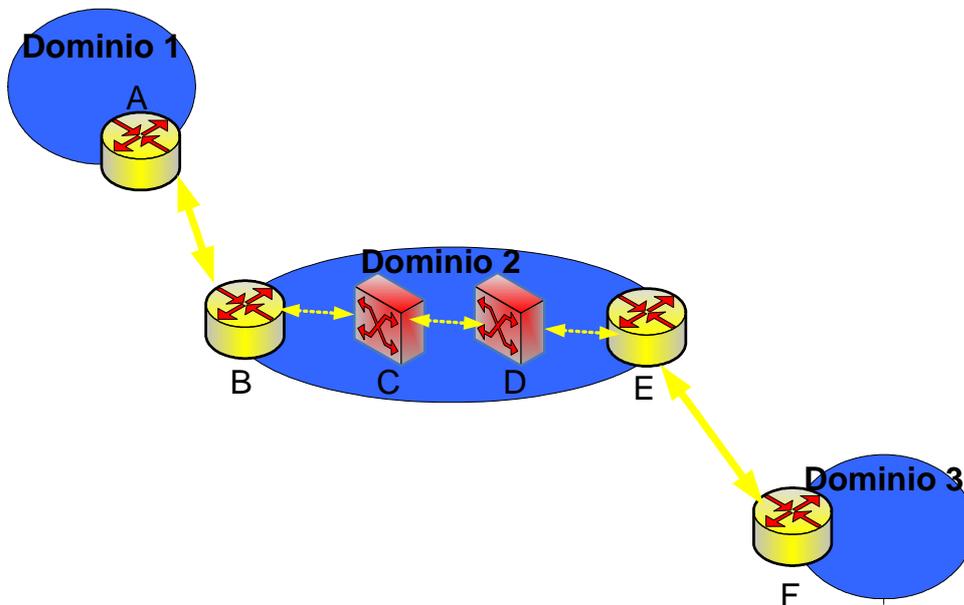


FIGURA 20.- Ejemplo de Dominios en MPLS

SELECCIÓN DE LA RUTA

MPLS permite usar dos métodos para seleccionar el LSP de una FEC:

Enrutamiento salto a salto (hop by hop)

El enrutamiento salto a salto es el enrutamiento usual en redes IP. Cada LSR elegirá el siguiente salto de forma dinámica hacia donde reenviar los paquetes de una FEC de forma independiente.

Enrutamiento explícito

Con este tipo de enrutamiento un LSR no podrá elegir el siguiente salto. En vez de eso, un LSR, generalmente el LSR de entrada o el de salida, especificará el conjunto de saltos a usar en el LSP de forma estática.

FUSIÓN DE ETIQUETAS

Un LSR que soporta la fusión de etiquetas, al recibir dos paquetes por dos interfaces de entrada distintas, y/o con etiquetas distintas, puede reenviar ambos paquetes por la misma interfaz de salida y con la misma etiqueta. Gráficamente:

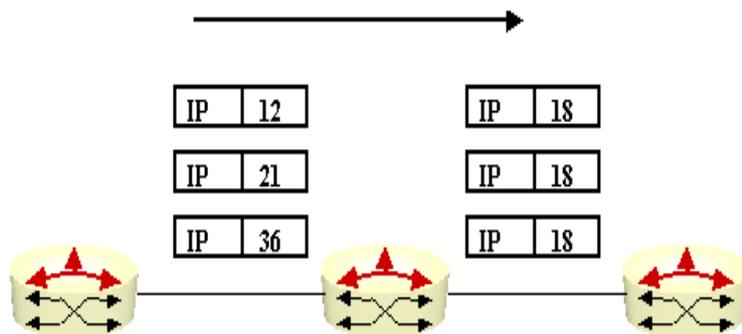


FIGURA 21.- Fusión de Etiquetas

Con la fusión de etiquetas sólo se necesita una etiqueta de salida por FEC, mientras que sin fusión de etiquetas el número de etiquetas de salida por FEC podría ser tan grande como el número de nodos de la red.

LDP

El protocolo de distribución de etiquetas LDP (Label Distribution Protocol) se ejecuta sobre TCP y, por tanto, es un protocolo de estado duro. Este le proveerá de fiabilidad en el envío de mensajes. Posteriormente se verá que la única excepción la encontramos en los mensajes de anuncio que se ejecutan sobre UDP.

La definición según es la siguiente: el protocolo de distribución de etiquetas es el conjunto de procedimientos mediante los cuales un LSR se comunica con otro para notificarle el significado de las etiquetas para reenviar el tráfico entre ellos.

LDP es bidireccional y podrá operar entre LSRs adyacentes o no adyacentes.

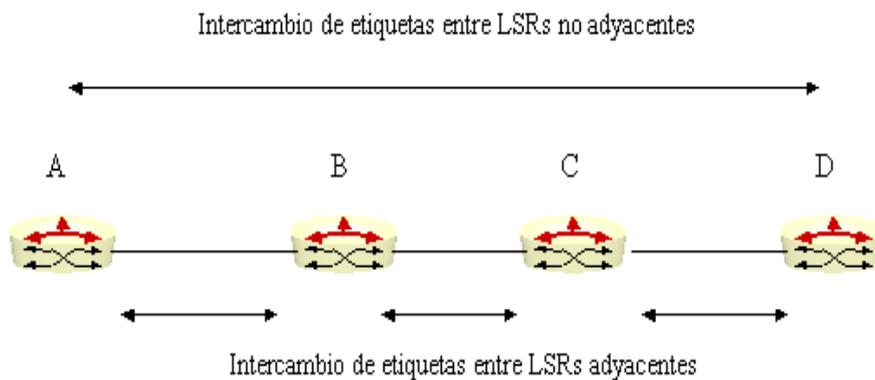


FIGURA 22.- Intercambio de Etiquetas

El protocolo de distribución de etiquetas asocia una FEC con cada LSP que crea. Dos LDPs serán pares LDP (LDP peers) cuando ambos LSRs intercambien información de asociaciones de etiquetas y FECs. Para intercambiar dicha información establecerán una sesión LDP.

Mensajes LDP

Los pares LDP se podrán intercambiar cuatro clases de mensajes:

- Mensajes de descubrimiento (discovery messages): se usan para anunciar y mantener la presencia de un LSR en la red. Un LSR mandará periódicamente por la red mensajes HELLO a través de un puerto UDP con la dirección multicast "todos los ruteadores de esta subred".
- Mensajes de sesión: se utilizan para establecer, mantener y terminar sesiones entre pares LDP. Cuando un LSR descubre a otro por medio de mensajes HELLO utilizará un procedimiento de iniciación LDP por medio de TCP.
- Mensajes de anuncio (advertisement messages): se usan para crear, modificar y eliminar asociaciones de etiquetas a FECs. Se transportan vía TCP. Cuando se haya establecido la asociación los pares LDP podrán intercambiarse este tipo de mensajes.
- Mensajes de notificación: Los mensajes de notificación también se transportan vía TCP. Hay dos tipos de mensajes de notificación: notificaciones de error y notificaciones de aviso. El primer tipo se utiliza para notificar errores fatales, en cuyo caso terminará la sesión y se descartarán todas las asociaciones de etiquetas aprendidas en dicha sesión.

El segundo tipo se utiliza para pasarle a un LSR información de la sesión LDP o el estado de algún mensaje anterior.

Identificadores LDP

Un identificador LDP se utiliza para identificar el espacio de etiquetas de un LSR. Se compone de seis octetos, de los cuales los cuatro primeros identifican al LSR y los dos últimos identifican el espacio de etiquetas de dicho LSR. La especificación de LDP utiliza la siguiente nomenclatura para representar un identificador LDP:

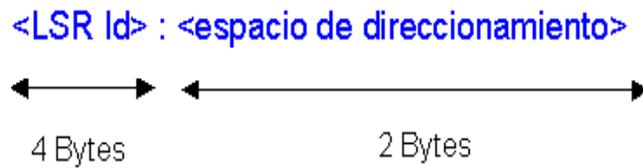


FIGURA 23.- Ejemplo de Identificador LDP

A continuación se muestra la Tabla de transición, y el diagrama de transición de estado de inicialización de la sesión.

ESTADO	EVENTO	NUEVO ESTADO
NO EXISTENTE	Conexión TCP de sesión establecida	INICIALIZADO
INICIALIZADO	Transmitir mensaje de inicio(papel activo)	OPENSENT
INICIALIZADO	Recibir mensaje de inicio aceptable (papel pasivo). Acción: transmitir mensajes de inicio y mantenimiento.	OPENREC
INICIALIZADO	Recibir cualquier otro mensaje LDP. Acción: transmitir mensaje de notificación de error (NAK) y cerrar la conexión de transporte	NO EXISTENTE
OPENREC	Recibir mensaje de mantenimiento	OPERACIONAL
OPENREC	Recibir cualquier otro mensaje LDP. Acción: transmitir mensaje de notificación de error (NAK) y cerrar la conexión de transporte.	NO EXISTENTE
OPENSENT	Recibir un mensaje de iniciación aceptable. Acción: transmitir un mensaje de mantenimiento.	OPENREC
OPENSENT	Recibir cualquier otro mensaje LDP. Acción: transmitir mensaje de notificación de error (NAK) y cerrar la conexión de transporte.	NO EXISTENTE
OPERACIONAL	Recibir mensaje de finalización. Acción: transmitir mensaje de finalización y cerrar la conexión de transporte.	NO EXISTENTE
OPERACIONAL	Recibir cualquier otro mensaje LDP	OPERACIONAL
OPERACIONAL	Intervalo de tiempo sobrepasado. Acción: transmitir mensaje de finalización y cerrar la conexión de transporte.	NO EXISTENTE

TABLA 1.- Tabla de Transición de un LDP

RSVP

El protocolo de reserva de recurso (RSVP: Resource Reservation Protocol, Protocolo de Reserva de Recursos) se utiliza para reservar recursos para una sesión en un entorno de red IP. Es un protocolo de estado blando. En la figura 24 podemos apreciar que el protocolo RSVP se apoya en IP:

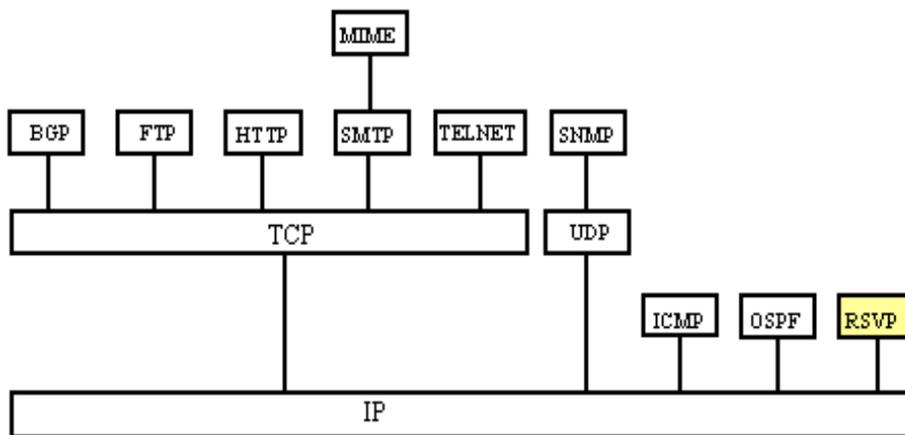


FIGURA 24.- Protocolos TCP/IP

RSVP pretende proporcionar calidad de servicio estableciendo una reserva de recursos para un flujo determinado. Un host hace una petición de una calidad de servicio específica sobre una red para un flujo particular de una aplicación.

Características de RSVP

- Protocolo de reserva de recursos.
- Se diseña para trabajar con cualquier servicio de QoS (los objetos propios de la QoS no están definidos por el protocolo).
- Permite Unicast y Multicast. No es un protocolo de enrutamiento, sino que está pensado para trabajar conjuntamente con éstos.

- No transporta datos de usuario.
- Los protocolos de enrutamiento determinan dónde se reenvían los paquetes mientras que RSVP se preocupa por la QoS de los paquetes reenviados de acuerdo con el enrutamiento.
- Es un protocolo simplex: petición de recursos sólo en una dirección, diferencia entre emisor y receptor. El intercambio entre dos sistemas finales requiere de reservas diferenciadas en ambas direcciones.
- Reserva iniciada por el receptor (protocolo orientado al receptor).
- Mantenimiento del estado de la reserva (estado blando) en los ruteadores. El mantenimiento de la reserva es responsabilidad de los usuarios finales.
- Permite diferentes tipos de reservas.
- Protocolo transparente para los ruteadores no RSVP.
- Soporta IPv4 e IPv6 aunque no sea un protocolo de transporte.

Mensajes RSVP

Existen dos tipos fundamentales de mensajes RSVP:

- Mensajes Path: estos mensajes los generan los emisores. Describen el flujo del emisor y proporcionan la información del camino de retorno hacia el emisor. Este mensaje lo utilizan los emisores para establecer el camino de la sesión. Estos mensajes pueden atravesar ruteadores que no entiendan RSVP puesto que tienen una dirección IP origen y una dirección IP destino.
- Mensaje Resv: estos mensajes los generan los receptores y sirven para hacer una petición de reserva de recursos. Crean el "estado de la reserva" en los ruteadores. Generalmente, una petición de recursos implicará una reserva de éstos en todos los nodos del camino del flujo de datos. Estos mensajes siguen exactamente el camino inverso al de los datos.

Por tanto, el mensaje Path es el responsable del inicio de la operación y es mandado a los participantes potenciales de la sesión. El mensaje Resv se manda en respuesta al mensaje Path.

La figura 25 muestra el uso de estos mensajes:

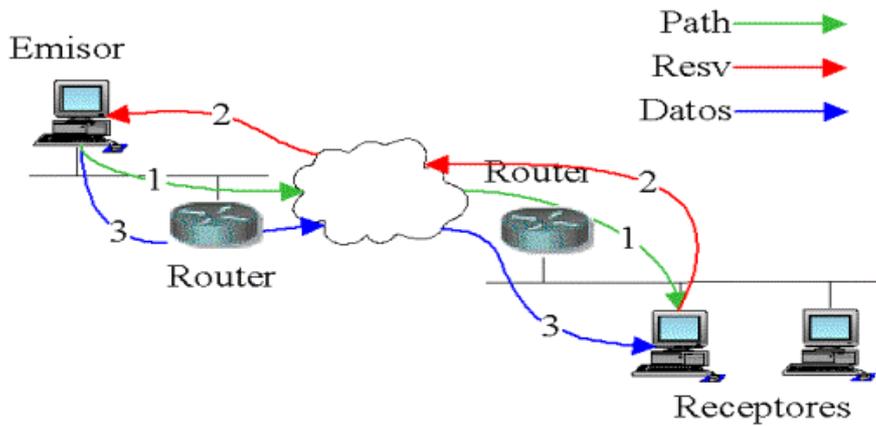


FIGURA 25.- Uso de Mensajes RSVP

Mensajes RSVP

Un mensaje RSVP está formado por una cabecera común, seguida de un número variable de objetos de longitud variable.

Formato de la cabecera

0	3 4	7 8	15	31
Vers	Flags	Msg Type	RSVP Cchecksum	
Send_TTL		Reserved	RSVP length	

FIGURA 26.- Formato de la Cabecera RSVP

Campos de la cabecera

Vers: versión del protocolo RSVP. Actualmente la 1.

Flags: no definido.

Msg Type: tipo de mensaje. A continuación se enumeran.

Path

Resv

Path_Err

Resv_Err

PathTear

ResvTear

ResvConf

RSVP Checksum: campo de verificación.

Send_TTL: indica el tiempo de vida (Time To Live) del mensaje.

RSVP Length: longitud total del mensaje expresada en bytes, incluyendo la cabecera y el cuerpo.

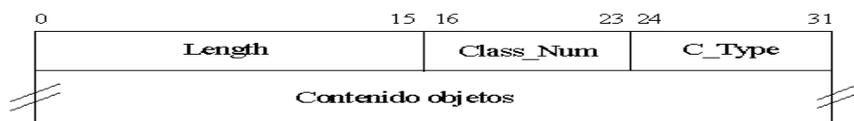
Formato de los objetos

FIGURA 27.- Formato de los Objetos RSVP

Campos de los objetos

Length: longitud total del objeto expresada en bytes. Su valor debe ser siempre múltiplo de cuatro.

Class_Num: identifica la clase del objeto. Todas las implementaciones de RSVP reconocen las siguientes clases:

NULL

SESSION

RSVP_HOP

TIME_VALUES

STYLE

FLOWSPEC

FILTER_SPEC

SENDER_TEMPLATE

SENDER_TSPEC

ADSPEC

ERROR_SPEC

POLICY_DATA

INTEGRITY

SCOPE

RESV_CONFIRM

C_Type: tipo de objeto. Identifica el tipo de objeto dentro de la clase.

Funcionamiento

La fuente envía un mensaje Path a los destinos. Dicho mensaje se manda a una dirección que es una dirección de sesión. Podrá ser una dirección unicast o multicast.

Cuando el destino reciba el mensaje Path podrá enviar un mensaje Resv a la fuente, que viajará justo por el camino inverso al mensaje Path. Dicho mensaje Resv identificará la sesión para la que se quiere hacer la reserva. El mensaje será reenviado hacia la fuente por los ruteadores. Éstos reservarán los recursos necesariando dicho mensaje.

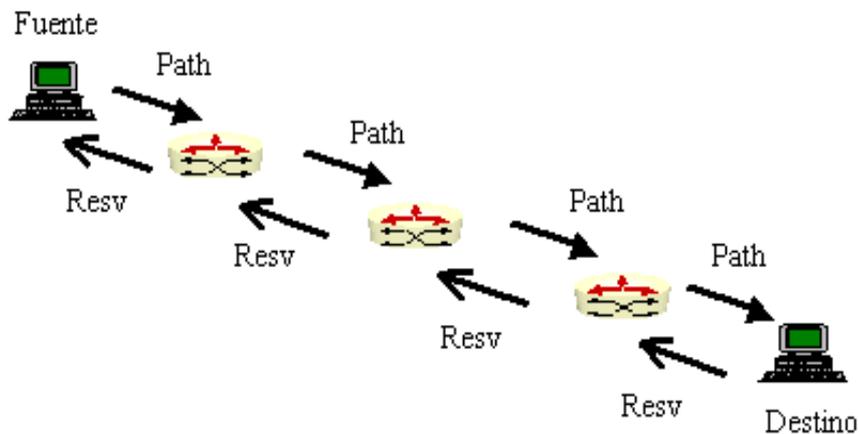


FIGURA 28.- Ejemplo de Funcionamiento del RSVP

RSVP es un protocolo simplex. Los ruteadores reconocerán los paquetes pertenecientes a un flujo examinando la dirección origen y destino, el puerto origen y destino y el número de protocolo (ej: UDP). Puesto que RSVP es un protocolo de estado blando, se deberán mandar periódicamente mensaje Path y Resv para refrescar el estado.

Como es señalado un LSP que utiliza RSVP

Los mensajes "PATH Message" son usados para señalar y para solicitar la información requerida para establecer el LSP desde el inicio al final. Cada ruteador que recibe el mensaje "Path", almacena la información en el PSB. El LSP-ID es usado como un identificador único para cada LSP.

Los mensajes "RESV Message", es una respuesta que envía el ruteador final con una reservación, el propósito de esta respuesta es hacer que todos los ruteadores a lo largo de la trayectoria realice el CAC, el cual reserva el ancho de banda necesario y distribuye las etiquetas que corresponden a la FEC hacia el ruteador inicial. La Etiqueta es distribuida utilizando el "Label Object"⁸. La información específica de la reservación se almacena en el rsb.

En la figura se muestra una representación como trabajan los mensajes "PATH" y "RESV" en conjunto ordenando la administración de las etiquetas de forma descendente.

La tabla provee una definición del alto nivel para cada uno los mensajes del tipo "PATH" y de "RESV".

Transmisor →	Receptor ←
Path → Solicitudes del establecimiento de una trayectoria nueva, incluye el objeto de petición de etiqueta	Resv ← Responde la solicitud de establecimiento, realizando reservaciones, distribuyendo etiquetas (vía label object) a través de los mismos nodos que atravesó el mensaje "PATH"
PathErr → Problema establecer la trayectoria o al refrescar el estado.	ResvErr ← Problemas al establecer la reservación o al refrescar el estado
PathTear → Señal de retiro de caminos del servicio	ResvTear ← Libera todos los recursos de un LSP
ResvConfirm → Confirmación exitosa del mensaje "RESV", trayectoria establecida.	

TABLA 2.- Tabla de mensajes Path y Resv

⁸ Label Object.- Las etiquetas que son enviadas de forma ascendente (desde el fin al inicio de la trayectoria), se convierten en la etiqueta de salida para los ruteadores que las reciben.

3.1.2.- DESCRIPCION DE LA TECNOLOGIA ATM.

ATM opera en modo orientado a conexión y es una tecnología de switching basada en unidades de datos de un tamaño fijo llamadas celdas.

ATM se basa en el concepto de Conmutación Rápida de Paquetes, en el que se supone una fiabilidad muy alta a la tecnología de transmisión digital, típicamente sobre fibra óptica, y por lo tanto sin necesidad de recuperación de errores en cada nodo.

FUNDAMENTOS

ATM ha sido definido para soportar de forma flexible, la conmutación y transmisión de tráfico multimedia comprendiendo datos, voz, imágenes y vídeo. En este sentido, ATM soporta servicios en modo circuito, similar a la conmutación de circuitos, y servicios en modo paquete, para datos, como se muestra en la figura 29.

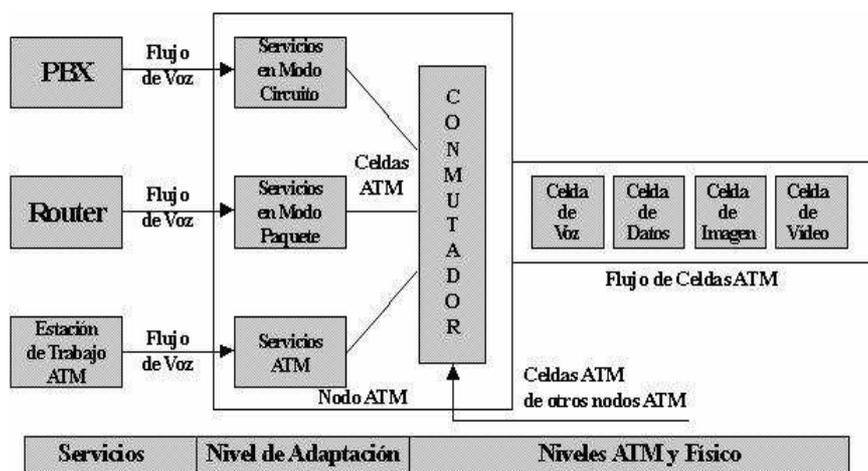


FIGURA 29.- Funcionamiento de ATM

Sin embargo, a diferencia de la conmutación de circuitos, ATM no reserva "slots" para la conexión. En su lugar, una conexión obtiene "slots" o celdas, solo cuando está transmitiendo información. Con esta idea en mente, se decidió que la **unidad de conmutación** y transmisión fuese de tamaño fijo y longitud pequeña. Esta unidad es conocida como **Celda**, y tiene una longitud de 53 bytes divididos en 5 de cabecera y 48 de información o carga útil, ver figura 30.

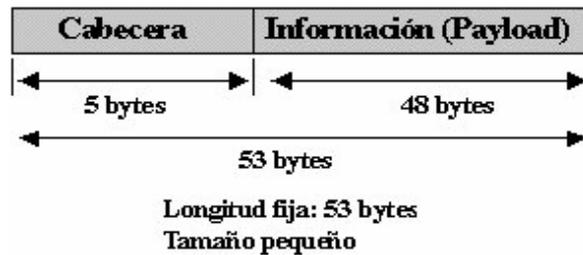


FIGURA 30.- Tamaño de Cabecera de la celda ATM

Las celdas pequeñas y de longitud constante son ventajosas para tráfico con tasa de bit constante (Voz, Vídeo) ya que permiten un tiempo de latencia muy bajo, constante y predecible, así como una conmutación por hardware a velocidades muy elevadas.

De hecho, el tráfico de Voz y Vídeo, no es muy sensible a pequeñas pérdidas de información, pero si es muy sensible a retardos variables, sucediéndole lo contrario al tráfico de datos.

En una red ATM, donde las celdas no están reservadas sino asignadas bajo demanda, el conmutador receptor no puede determinar por adelantado a que canal corresponde cada celda.

La cabecera presente en cada celda, consume aproximadamente un 9.5% del ancho de banda, siendo este el precio que hay que pagar por la capacidad para

disponer de ancho de banda bajo demanda, en lugar de tenerlo permanentemente reservado y eventualmente desperdiciado.

La adopción de una cabecera de 5 bytes ha sido posible, porque no se realiza recuperación de errores en los nodos intermedios, tampoco se emplean direcciones válidas a nivel de toda la red, tales como la dirección MAC en Ethernet o IP en redes tipo TCP/IP. En la figura 31 se muestra la cabecera de una celda ATM.

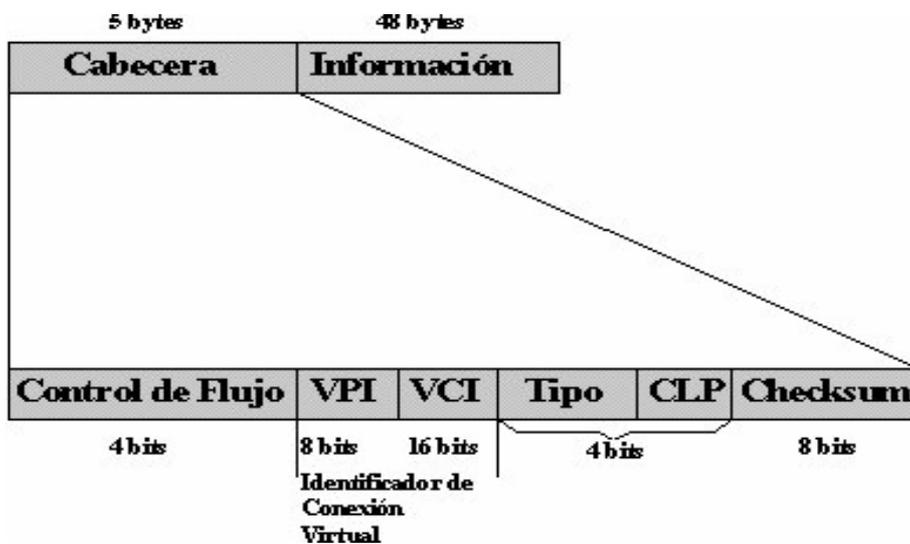


FIGURA 31.- Campos de la cabecera de una celda ATM

Al ser la tecnología **ATM Orientada a Conexión**. Esto significa que antes de que el usuario pueda enviar celdas a la red, es necesario realizar una llamada y que esta sea aceptada para establecer una Conexión Virtual a través de la red.

Durante la fase de llamada un Identificador de Conexión Virtual (VCI) es asignado a la llamada en cada nodo de intercambio a lo largo de la ruta. La figura 32 indica un VCI.

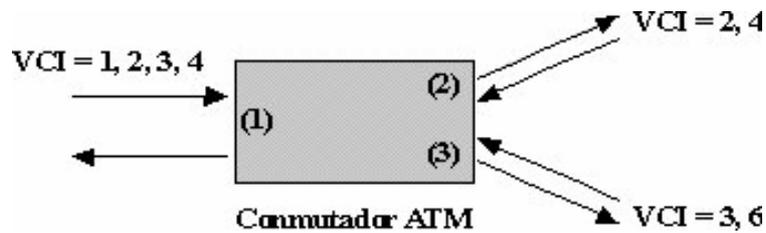


FIGURA 32.- Ejemplo de un conmutador ATM

El identificador asignado, sin embargo, solo tiene significado a nivel del enlace local, y cambia de un enlace al siguiente según las celdas pertenecientes a una conexión que pasan a través de cada conmutador ATM. Esto significa, que la información de enrutamiento (routing) transportada por cada cabecera puede ser relativamente pequeña.

Asociado con cada enlace o puerto entrante del conmutador ATM, hay una tabla de enrutamiento que contiene el enlace o puerto de salida y el nuevo VCI que va a ser utilizado en correspondencia a cada VCI entrante.

VCI-in	Enlace 1 R-T		VCI-in	Enlace 2 R-T		VCI-in	Enlace 3 R-T	
↓	Salida	VCI	↓	Salida	VCI	↓	Salida	VCI
1	2	2	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2	2	4	2	1	1	3	1	3
3	3	3	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
4	3	6	4	1	2	6	1	4
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

FIGURA 33.- Tablas de enrutamiento

De este modo el enrutamiento de celdas en ambas direcciones a lo largo de la ruta es extremadamente rápido, ya que consiste en una simple operación de consulta en una tabla. Como resultado, las celdas procedentes de cada enlace pueden ser conmutadas independientemente a velocidades muy altas. Esto permite el uso de arquitecturas de conmutación paralelas y circuitos de alta velocidad hasta gigabits, cada uno operando a su máxima capacidad.

Celdas procedentes de diferentes fuentes son multiplexadas juntas de forma estadística a efectos de conmutación y transmisión.

Modelo de Referencia ATM

El modelo de referencia propuesto por el CCITT está constituido por tres niveles: Nivel Físico, Nivel ATM y Nivel de Adaptación ATM (AAL), como se puede ver en la figura 34.

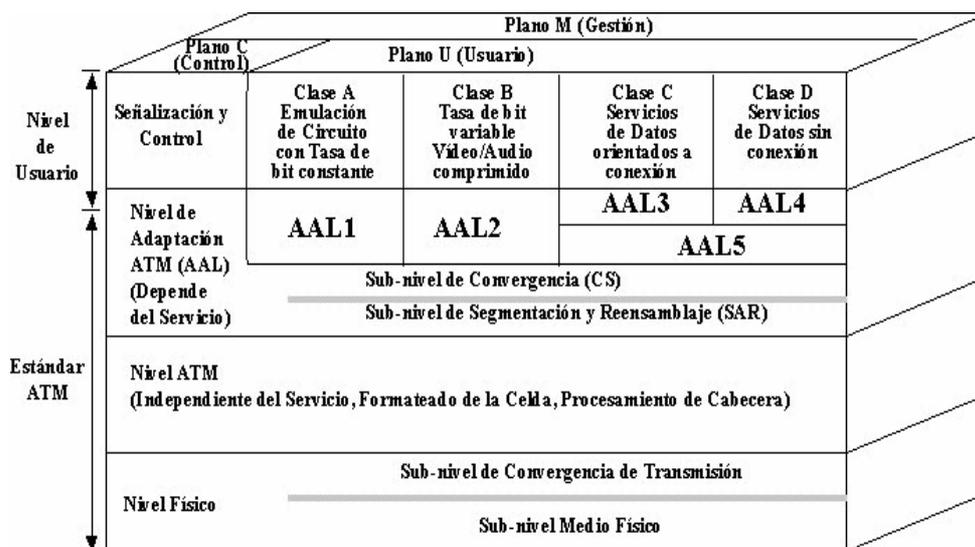


FIGURA 34.- Modelo de Referencia ATM

Las funciones han sido divididas en tres grupos conocidos como planos: El plano C de control y señalización, encargado del establecimiento, mantenimiento y cancelación de conexiones virtuales, el plano U de usuario y el plano M de gestión.

Nivel Físico

Este nivel se encarga de definir las interfases físicas, los protocolos de trama y codificación para una red ATM. Cada conexión física al conmutador ATM es un enlace dedicado y todos los enlaces pueden estar simultáneamente activos.

El nivel físico, está dividido en dos subniveles: el subnivel de Convergencia de Transmisión (TC), y el subnivel dependiente del Medio Físico (PM). La selección del medio físico determina la operación de ambos subniveles.

La clave para que la celda ATM, viaje libremente sobre una amplia variedad de medios esta en el subnivel TC, ya que empaqueta y rellena con celdas nulas, las celdas ATM salientes para que puedan transmitirse. A la recepción, el subnivel TC descarta celdas nulas o erróneas y finalmente las entrega al nivel ATM.

Nivel ATM

Este es el nivel de conmutación y transmisión de ATM. Define la estructura de la cabecera de la celda, y como las celdas fluyen sobre las conexiones lógicas en la red ATM.

Realiza las funciones de multiplexación estadística de celdas procedentes de diferentes conexiones, y su enrutamiento sobre las conexiones virtuales. Las conexiones lógicas en el nivel ATM, están basadas en el concepto de Camino Virtual (Virtual Path) y Canal Virtual (Virtual Channel). Una Conexión de Camino Virtual (VPC) es una colección de Conexiones de Canal Virtual (VCC) tributarios que son transportados a lo largo del mismo camino o ruta.

Cada VPC o VCC puede estar establecido permanentemente, con lo que tendremos una Conexión Virtual Permanente (PVC), o establecido dinámicamente bajo demanda disponiéndose entonces, de una Conexión Virtual Conmutada (SVC).

Funciones de control y señalización asociadas con el plano C, y por lo tanto fuera del modelo de referencia ATM, permiten al usuario establecer y terminar dinámicamente VPCs y VCCs.

Nivel de Adaptación ATM (AAL)

El nivel de Adaptación ATM, realiza las funciones de convergencia entre las clases de servicio proporcionadas al usuario.

AAL soporta cuatro tipos de servicios: Clases A, B, C y D. Hay cuatro tipos de AAL: AAL1 y AAL2 soportan las clases A y B respectivamente, mientras que las clases C y D están indistintamente soportadas por AAL3/4 ó AAL5 para datos de alta velocidad.

El nivel AAL realiza funciones de Segmentación y Reensamblado (SAR) para mapear la información de niveles superiores. Otras funciones de AAL son el control y recuperación de la temporización para las clases de servicio A y B, así como la detección y manejo de celdas perdidas o fuera de secuencia.

Clases de Servicios

Los servicios han sido clasificados de acuerdo con tres criterios, como se puede observar en la figura 35.

La existencia de una temporización relacionada entre los usuarios origen y destino (por ejemplo voz).

La tasa de bit, o velocidad binaria asociada con la transferencia (constante/CBR o variable/VBR).

El modo de conexión (con conexión o sin conexión).

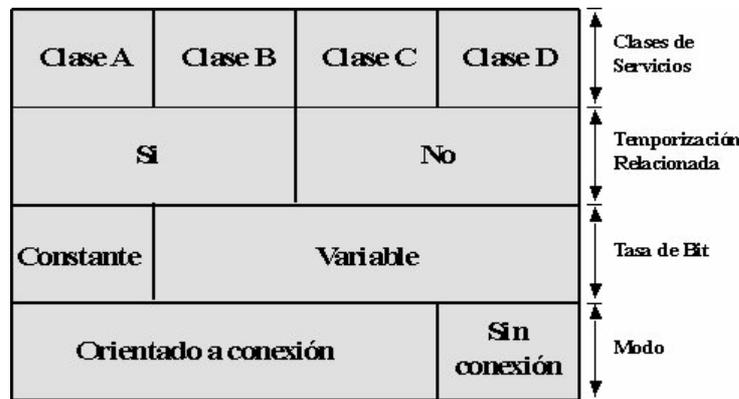


FIGURA 35.- Clases de Servicios ATM

El nivel AAL está dividido en dos subniveles:

El Sub-nivel de Convergencia (CS), que realiza las funciones de convergencia entre el servicio ofrecido al usuario y el proporcionado por el nivel ATM.

El Sub-nivel de Segmentación y Reensamblado (SAR), que realiza las funciones de ensamblado/segmentación de los datos de origen para colocarlos en el campo de información de la celda y la correspondiente función de desensamblado/reensamblado en el destino.

Cada clase de servicio tiene un tipo de Punto de Acceso al Servicio (SAP) y un protocolo asociado, existen cuatro tipos de SAP.

Tipo 1: Velocidad Binaria Constante (CBR).

Tipo 2: Velocidad Binaria Variable (VBR).

Tipo 3: Datos Orientados a Conexión.

Tipo 4: Datos sin Conexión.

3.1.3. MPLS vs. ATM

Clases de Servicio Equivalentes entre ATM y MPLS

Existen clases de servicio en ATM que son equivalentes con una clase de servicio en MPLS, por lo menos en términos del manejo de prioridad dentro del conmutador. Estas equivalencias se muestran en la siguiente tabla:

Categoría de Servicio ATM	DiffServ
CBR	EF
Rt – VBR	AF prioridad 1
nrt – VBR	AF prioridad 2
	AF prioridad 3
ABR, GFR, UBR.	AF prioridad 4

TABLA 3.- Tabla de equivalencias de prioridades de Servicio entre ATM y DiffServ

Del análisis técnico se puede evidenciar que el cambio de tecnología desde ATM hacia MPLS es posible, y este cambio brindará a la operadora Andinatel S.A., mejores posibilidades de explotar la red instalada brindando servicios más eficientes y rápidos, maximizando de esta forma la rentabilidad del negocio de tráfico de datos.

Comparación de ancho de banda entre ATM y MPLS

El encapsulamiento de celdas permite la completa transparencia al transportar todos los tipos de conexión (VCC y VPC), todos los tipos de AAL, y todos los tipos de celdas (Usuario, OAM, RM). El modo de paquete está orientado principalmente a los VCCs AAL5. Es más eficiente en ancho de banda para los paquetes grandes pero obviamente no es completamente transparente. Para tener los beneficios tanto de transparencia y ancho de banda, el borrador de especificación del ATM FORUM permite opcionalmente que el modo de encapsulado concatene múltiples celdas, hasta un valor configurado, sobre la misma trama MPLS.

Como se muestra en la figura 36, cuando se emplea el modo paquete se consigue una significativa ganancia de ancho de banda, debido a la concatenación. La longitud de la trama MPLS está bajo el control de la función de mediación. En este caso, cuando un paquete MPLS de tiempo real está listo para ser transmitido, un paquete normal que está siendo concatenado puede enviarse tal como está, sin necesidad de esperar a empaquetar el número máximo de celdas. De esta manera, la garantía de calidad para el servicio de tiempo real no se ve comprometida.

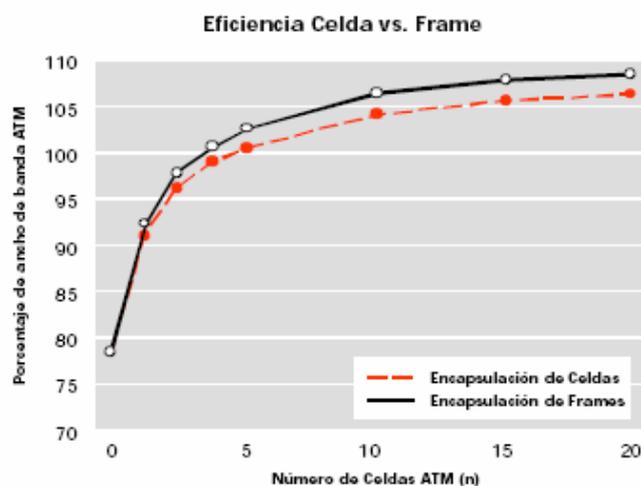


FIGURA 36.- Eficiencia Celda vs. Frame

Ventajas MPLS vs. ATM para Andinatel S.A.

MPLS no puede ser comparada directamente con ATM, ya que las dos son tecnologías diferentes, con distintos objetivos.

MPLS permite la migración más suave de servicios IP sobre redes ATM, sin la complejidad de la señalización y protocolos de ruteo como PNNI.

Adicionalmente MPLS tiene una longitud variable en el tamaño de sus paquetes que van desde los 48 hasta los 1500 bytes del total de una trama ethernet, lo cual lo vuelve más eficiente a la hora de transportar los datos.

Por último el costo de colocar un switch con soporte para PNNI en ATM es demasiado costoso en términos económicos. Esto y otras características hacen que MPLS sea una muy buena opción para Andinatel S.A.

Las principales ventajas de tener una red MPLS frente a una red ATM para Andinatel S.A., son las siguientes:

- Integración de las diversas redes de Andinatel S.A., en una sola plataforma MPLS.
- Al lograr tener una sola plataforma MPLS, la Administración, Operación y Mantenimiento de la Red se lo hace de una forma óptima y centralizada para todo el tipo de tráfico que va a cursar sobre la red MPLS.
- La ingeniería de tráfico MPLS se puede hacer directamente sobre una red IP existente en Andinatel S.A., de manera más flexible y con menores costos de planificación y gestión para la Administración de la red, brindando mayor calidad de servicio para los clientes, sin importar que exista una red ATM de base.
- En la red MPLS no se desperdicia ancho de banda disponible como en la red ATM, ya que en ésta se produce una sobrecarga aproximada del 20% provocada por el transporte de los datagramas IP sobre las celdas ATM.

3.2.- ANALISIS OPERATIVO.

Los equipos desinstalados de la antigua red ATM podrán ser reubicados por parte de la operadora Andinatel S.A., según las necesidades y requerimientos por parte de los clientes en provincias ó ciudades y que en la actualidad no cuenta con servicios de banda ancha.

Los equipos que formarán parte de la nueva red MPLS y considerados en el presente análisis serán proporcionados por la empresa Alcatel, la cual brindará a la operadora Andinatel S.A., soporte técnico especializado en los equipos suministrados, durante las fases de instalación, puesta en servicio y pruebas.

Los equipos serán administrados por un sistema de gestión local el cuál va a ser instalado en una computadora portátil que estará a cargo del personal técnico de Andinatel S.A., el mismo que va a ser capacitado en el manejo y utilización del sistema de gestión.

Para que la nueva red MPLS propuesta para Andinatel S.A., quede operativa, no será necesario una infraestructura nueva, se reutilizará la existente tanto de fibra óptica como de espacios físicos en las estaciones.

Se ha planificado que en 49 semanas se realizarán las actividades operativas, de acuerdo a los cronogramas siguientes:

3.2.1.- CRONOGRAMA DE INSTALACION DE EQUIPOS.

En la tabla 4 (Ver Anexo D), se puede observar el cronograma de instalación de los equipos de la nueva red MPLS propuesta para Andinatel S.A. El cronograma contempla 17 semanas de ejecución de los trabajos de instalación.

3.2.2.- CRONOGRAMA DE PUESTA EN SERVICIO DE EQUIPOS.

En la tabla 5 (Ver Anexo E), se puede observar el cronograma de puesta en servicio de los equipos de la nueva red MPLS propuesta para Andinatel S.A. El cronograma contempla 12 semanas de ejecución de los trabajos de Puesta en Servicio.

3.2.3.- CRONOGRAMA DE PRUEBAS DE EQUIPOS.

En la tabla 6 (Ver Anexo F), se puede observar el cronograma de pruebas de los equipos de la nueva red MPLS propuesta para Andinatel S.A. El cronograma contempla 20 semanas de ejecución de los trabajos de Pruebas.

3.2.4.- SERVICIOS QUE BRINDARA ANDINATEL S.A. SOBRE LA NUEVA RED MPLS.

Entre los servicios que se espera brindar a los clientes de Andinatel S.A., con la nueva red MPLS que se es materia del presente proyecto están los siguientes:

- ✓ Servicios Pagados Triple Play, como video bajo demanda, juegos de video interactivo, videoconferencias desde el televisor.
- ✓ Servicios de Contenido.
- ✓ Enlaces Corporativos para grandes empresas y a bajo costo.
- ✓ Proveer anchos de banda bajo demanda, configurados por el cliente.
- ✓ Servicios de Banda Ancha para Internet.

3.3.- ANALISIS ECONOMICO.

En el análisis económico describimos el presupuesto necesario para obtener la nueva red MPLS propuesta para Andinatel S.A., se ha realizado también el cálculo del retorno de la inversión (TIR), el cuál indica que este proyecto es factible.

3.3.1.- PRESUPUESTO PARA LA IMPLEMENTACION DE LA RED MPLS.

En la tabla 7 (Ver Anexo G), se han tomado en cuenta precios referenciales (no reales), de los equipos que van a ser utilizados. El total de la Inversión asciende a \$ 4.676.320,00.

3.3.2.- ANALISIS DE RETORNO DE INVERSION.

Una vez que se ha estimado la inversión inicial, que es de \$ 4.676.320,00, se ha estimado un tiempo aproximado de 10 meses para el cálculo del retorno de la inversión, y verificar que el proyecto es rentable.

Para el cálculo del retorno de la inversión se han recopilado datos de Andinatel S.A. que han sido proporcionados por el Ing. Luis Torres Gavilanes, Jefe de la Red ATM, y otros datos fueron obtenidos de la página web de Andinatel S.A.

Actualmente los abonados residenciales ascienden a 10.000, y pagan por el servicio de Internet Banda Ancha \$40,00 mensuales. Los abonados corporativos son 4.000, y pagan en promedio \$400,00 mensuales por el servicio de Internet Banda Ancha configurados en anchos de banda que van desde 64 Kbps hasta 2.048 Kbps. La utilidad promedio estimada es del 40%.

Andinatel S.A., espera crecer cada mes el 5% de sus abonados.

Para el cálculo de la Tasa Interna de Retorno se ha tomado en cuenta que la inversión inicial de \$ 4.676.320,00 debe ser duplicada ya que se debe tomar en cuenta la depreciación de los equipos y la reinversión para equipos nuevos en un futuro, como se puede verificar en el décimo mes se puede contar con \$ 5.385.994,03.

El Valor Actual Neto (VAN) al 10%, dando un resultado de \$ 1.275.529,71. Luego se ha calculado al 20% dando un resultado de -\$ 746.056,40 Como existen un resultado positivo y un negativo, se indica que el valor de retorno de inversión está entre el 20% y el 10%.

Con estos dos valores se ha procedido a calcular la Tasa Interna de Retorno (TIR) para el presente proyecto, y de los cálculos realizados se ha obtenido el 15,52%, como se puede observar en la tabla 8 (Anexo H).

CAPITULO IV

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1.- CONCLUSIONES

- Según el análisis de factibilidad de la presente tesis, se puede determinar que el proyecto puede ser implementado por Andinatel S.A., ya que es económicamente rentable y técnicamente se va a contar con una tecnología actual y robusta.
- MPLS utiliza de una manera eficaz la división de las funciones tanto de control como de reenvío en los ruteadores a lo largo de toda la red, de este modo el procesamiento de la información es rápida y dinámica.
- Debido al crecimiento constante del uso del Internet en el país, Andinatel S.A., se ha visto en la necesidad de cubrir esta carencia, brindando servicios de Banda Ancha para el acceso a Internet, utilizando una red MPLS.
- El back bone MPLS propuesto en este proyecto esta diseñado para satisfacer, entre otras, la alta demanda de tráfico de información tanto multimedia como datos para las diversas aplicaciones que usan tanto los clientes residenciales como corporativos.
- Al trabajar con equipos carrier class en una red, se asegura una alta disponibilidad del equipo para brindar los servicios contratados por los

clientes, así como también una baja tasa de averías con lo cual el operador reduce sus costos de operación y mantenimiento.

- Los ruteadores pueden ser configurados para brindar diferentes calidades de servicio (QoS), con lo cuál se asegura al cliente que los parámetros contratados serán respetados por el operador.
- MPLS acepta los principales tipos de tecnologías (ATM, Frame Relay), y gracias a la conmutación de etiquetas se pueden tener dispositivos con características de precio/rendimiento de un conmutador pero con la funcionalidad de un ruteador.
- Debido a que MPLS puede trabajar con todas las tecnologías, se optimizan las redes al utilizar un solo equipo para conmutar el tráfico entre las distintas redes que antes existían.
- Los equipos descritos en esta tesis tienen la capacidad de realizar VPN's con lo cual se consigue establecer conexiones seguras para redes corporativas, a través de un medio inseguro que es el Internet.
- En muy poco tiempo, 2 o 3 años, una empresa va a contar solamente con un enlace a Internet de gran tamaño, que reemplace sus enlaces existentes (voz, datos y video). Con éste disfrutarán de Internet a alta velocidad, enlaces privados de datos, voz y video entre sedes haciendo LAN-to-LAN VPN y acceso remoto para sus trabajadores móviles desde cualquier parte del mundo con Acceso Remoto VPN, todo apoyado en la

seguridad que los mecanismos de cifrado y autenticación que las VPNs ofrezcan.

- Con una red MPLS se puede establecer varias rutas de múltiples protocolos de transporte, utilizando un único protocolo de señalización y conmutación de etiquetas.
- MPLS es una tecnología actual que puede interactuar con el protocolo IPV4 o con el protocolo IPV6, ya que esta tecnología brinda el enrutamiento y conmutación de protocolos juntos en una capa que calza entre la capa 3 y la capa 2.
- Al utilizar la tecnología MPLS se optimiza el overhead que tiene ATM, de este modo se puede realizar el transporte de información de forma más eficiente ya que el rendimiento es más alto.
- La simplicidad de la tecnología MPLS, determina que las tareas de aprovisionamiento, administración y mantenimiento sean actividades sencillas para Andinatel S.A., lo cual se traslada directamente al cliente, obteniendo una migración del servicio actual sin complicaciones.
- Una de las características más importantes de MPLS es la escalabilidad, la misma que ayuda a soportar crecientes demandas de usuarios, y también minimiza las tablas de enrutamiento y por consecuencia se minimizan las VC's.

4.2.- RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los diagramas de la red antigua ATM y la red nueva propuesta MPLS, se recomienda mantener una topología distribuida en zonas geográficas para asegurar una mayor cobertura y satisfacer las demandas de los nuevos clientes.
- Se recomienda que Andinatel S.A., realice una campaña de difusión entre todos sus clientes residenciales y corporativos, sobre los beneficios y nuevas posibilidades de servicios que se pueden obtener con la implantación de la tecnología MPLS, de esta forma se asegura el retorno de la inversión.
- Las estaciones donde van a ser instalados los equipos de la nueva red MPLS deben contar con: sistemas de tierra y pararrayos, protecciones contra descargas eléctricas y posibles transientes eléctricas que pueden ser inducidas por la línea de energía eléctrica y un grupo generador de energía para asegurar la continuidad en el suministro de energía eléctrica.
- Para asegurar una adecuada explotación de la red, es necesario que el contratista, en este caso Alcatel, provea asistencia técnica de primer nivel, garantice la disponibilidad de los repuestos en tiempos mínimos, y capacite continuamente al personal de Andinatel S.A.
- Se recomienda que la migración de clientes hacia la nueva red MPLS, se lo haga en primera instancia los clientes con menor porcentaje de uso de

ancho de banda, realizar pruebas de interconexión con sus respectivos ISP's, y una vez que las mismas sean satisfactorias, proceder con los clientes de mayor porcentaje de uso de ancho de banda, con lo cual se minimizan los riesgos de falla, y tiempos sin conexión por parte de estos importantes usuarios.

- Para aprovechar al máximo el presente proyecto se recomienda a Andinatel S.A., que los equipos ATM sean reubicados en otras ciudades para brindar servicios de banda ancha, con lo cual la cobertura de la empresa se extenderá a más sitios del país, aumentando la densidad telefónica y de transmisión de datos, cubriendo las necesidades de los clientes.
- Para configurar de una manera más sencilla los ruteadores de la red MPLS, se recomienda usar el protocolo RSVP en lugar del protocolo LDP, ya que RSVP está diseñado para trabajar con cualquier tipo de Calidad de Servicio (QoS).
- La red deberá tener un sólo Administrador, que será el responsable de la misma, el cual contará con un equipo técnico de apoyo, de esta forma la red podrá ser supervisada y administrada dinámicamente.
- Para explotar los servicios de VPN's con usuarios corporativos es necesario comunicar a los clientes que existen las suficientes seguridades para el envío de información de manera segura, confidencial e íntegra. Así como asegurar niveles de servicio en el contrato.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- 34TELECOM S.L. / GRUPO CD WORLD; SmartBridges: Redes inalámbricas profesionales para exteriores. Internet. <http://www.34t.com/Unique/Smartbridges.asp>. Acceso último: Septiembre, 2005.
- ALCATEL; User's Guide of SR7750. Internet. <http://www.alcatel.com>. Acceso último: Julio, 2005.
- BARBERÁ, José; MPLS: Una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI. Internet. <http://www.rediris.es/rediris/boletin/53/enfoque1.html#2>. Acceso último: Agosto, 2005.
- BIRD, Alan; Evolución de las Redes de Campus hacia Conmutación LAN y ATM. Internet. <http://www.ibw.com.ni/~alanb/campus.html>. Acceso último: Septiembre, 2005.
- CASTRO, Jorge; Mediación ATM/MPLS: Puente entre dos mundos. Internet. <http://usuarios.lycos.es/spidernet/index.htm>. Acceso último: Agosto, 2005.

- ELSAYED, K; MPLS: the magic behind the myths [multiprotocol label switching]; IEEE Communications Magazine. Internet. <http://www.comsoc.org/ci/private/2000/jan/pdf/Armitage.pdf>. Acceso último: Agosto, 2005.
- FERNÁNDEZ, David; Breve glosario de acrónimos y términos VoIP. Internet. www.ati.es/novatica/2001/151/glovoip.pdf. Acceso último: Septiembre, 2005.
- GARCIA, Tomás; RAYA, José Luis; Alta velocidad y calidad de servicio en Redes IP. Primera Edición. Editorial Rama. 2002
- GUZMAN, Carlos; Principios Fundamentales de ATM (Modo de Transferencia Asíncrono). Internet. <http://www ldc.usb.ve/~redes/Temas/Tema.09/TOP1.htm>. Acceso último: Julio, 2005.
- HOEBEKE, Rudy; MPLS: adding value to networking. Internet. http://www.amcpu.org/docs/MPLS_Network-EN.pdf. Acceso último: Junio, 2005.
- IFX Networks; Diez razones para migrar a MPLS. Internet. http://www.ifxnetworks.com/document/10razones_mpls.pdf. Acceso último: Julio, 2005.

- LANTRONIX; Guía Didáctica de Ethernet. Internet.
http://www.consulintel.es/Html/Tutoriales/Lantronix/guia_et_p4.html.
Acceso último: Septiembre, 2005.
- LEARN THE NET; Glosario. Internet.
<http://www.learnthenet.com/spanish/glossary/backbone.htm>. Acceso último:
Septiembre, 2005.
- OSBORNE Eric, SIMHA Ajay; Traffic Engineering with MPLS. Primera Edición. Cisco Press. USA. 2003.
- PEPELJNAK, Ivan; GUICHARD, Jim; Arquitecturas MPLS y VPN. Primera Edición. Cisco Press. USA. 2002.
- REDFORD, Rob; Enabling Business IP Services with Multiprotocol Label Switching. Internet. http://www.urec.cnrs.fr/hd/MPLS/CISCO/mpls_wp.pdf.
Acceso último: Julio, 2005.
- RIVER STONE NETWORKS; Multiprotocol Label Switching (MPLS). Internet. http://www.riverstonenetworks.com/pdf/mpls_adv_tech_doc.pdf.
Acceso último: Septiembre, 2005.

- SEMERIA, Check; Multiprotocol Label Switching Enhancing Routing in the New Public Network. Internet.
http://www.juniper.net/solutions/literature/white_papers/200001.pdf. Acceso último: Julio, 2005.
- SIENRA, Luis; Ofreciendo Calidad de Servicio Mediante MPLS: Fundamentos y Aplicación a las Redes de Cable. Internet.
<http://www.cinit.org.mx/articulo.php?idArticulo=14>. Acceso último: Julio, 2005.
- YUN, Ana; G.MPLS MλPLS: Temas Avanzados de redes de ordenadores. Internet. <http://greco.dit.upm.es/~david/TAR/trabajos2002/12-GMPLS-Ana-Yun.pdf>. Acceso último: Agosto, 2005.

ANEXOS

ANEXO A: Diagrama de la Red Actual

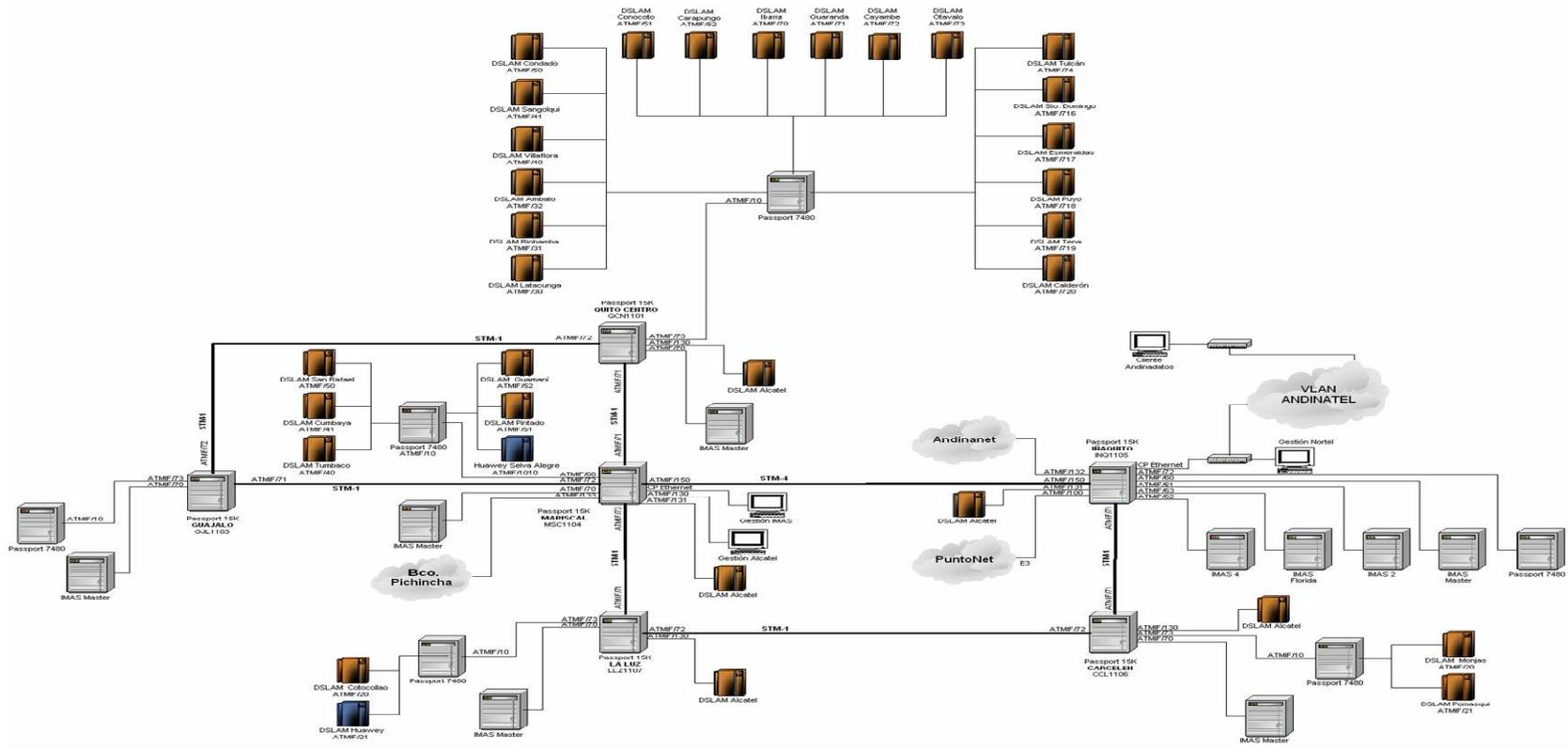


FIGURA 2.- Diagrama de la Red Actual.

ANEXO B: Topología de la Red ATM Actual

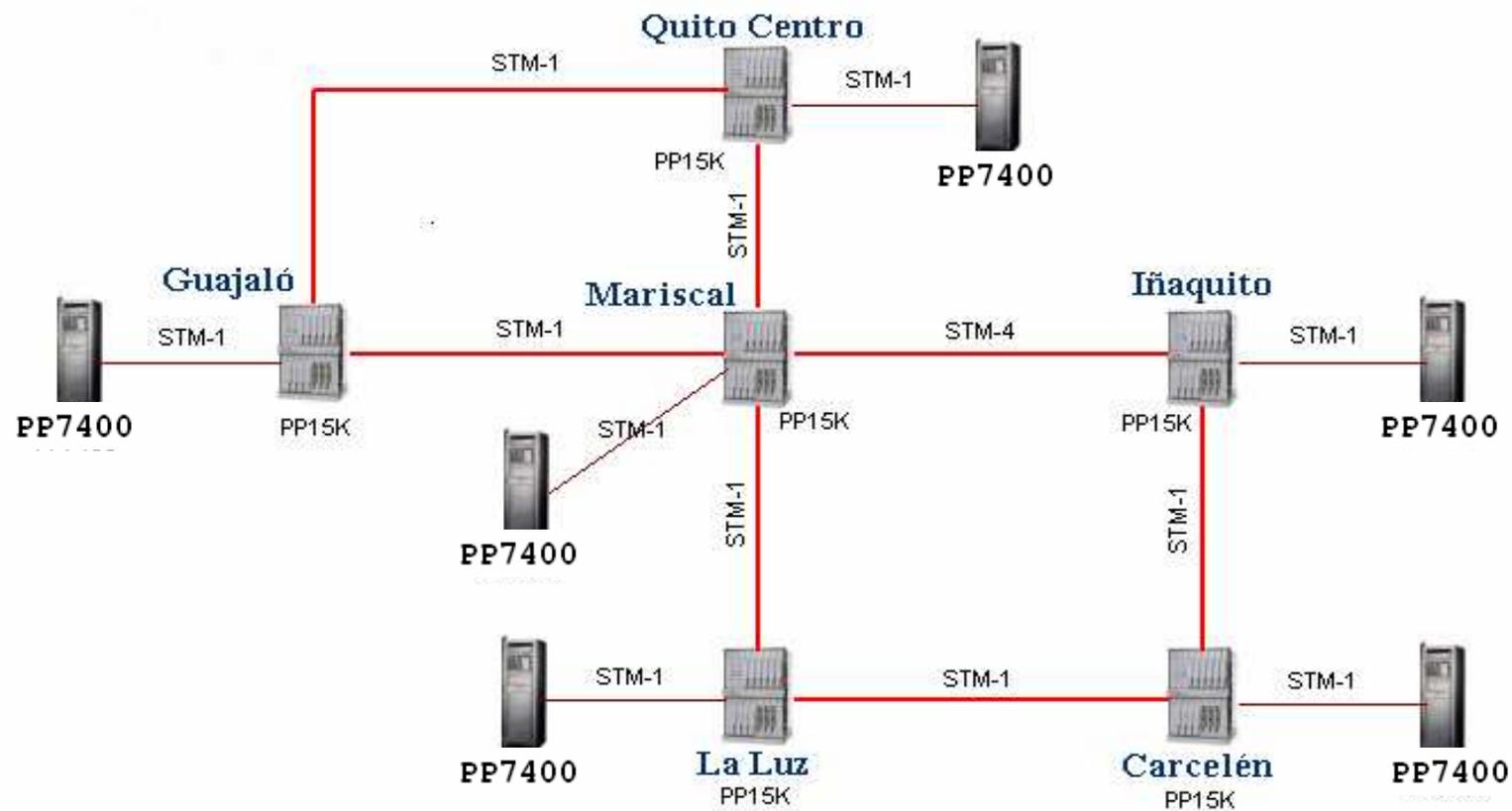


FIGURA 3.- Topología de la Red ATM Actual

ANEXO C: Comandos de Configuración

admin-group

Se utiliza este comando para definir grupos administrativos o colorante de línea para un interfaz. Los nombres de los grupos de administración pueden significar línea de colores, tales como rojo, amarillo, o verde. La interfaz de MPLS anuncia la línea de colores de las ayudas. CSPF utiliza la información cuando las trayectorias se computan para obligar basado en LSPs. CSPF debe permitir habilitar una orden para que los grupos de administración sean relevantes.

interface

Este comando permite habilitar la ayuda del protocolo MPLS en un interfaz IP. No se ejecuta ningún comando de MPLS en un interfaz IP donde MPLS no está habilitado. La forma de "no" de este comando suprime todos los comandos de MPLS tales como etiquetas-mapas que se definen dentro de la interfaz. El interfaz de MPLS debe ser primero parado para suprimir la definición del interfaz. Si el interfaz no es parado, el comando del no hace nada excepto la edición un mensaje de alerta en la consola que indica que el interfaz está administrado.

label-map

Este comando se utiliza sobre los switch-routers de tránsito cuando se define un LSP estático. El LSP estático en el router inicial empieza usando el comando `config router mpls static-lsp (nombre del lsp)`. Una etiqueta de ingreso puede ser asociada a una acción "pop" o "swap" pero no ambas. Si se especifican ambas acciones, la acción final especificada toma efecto. La forma "no" de este comando suprime la configuración estática de LSP asociada a la etiqueta de entrada.

shutdown

Este comando inhabilita la definición del mapa de la etiqueta. Esto destruye todos los paquetes que coinciden con la etiqueta especificada en el comando "label-map" (etiqueta de entrada). La forma "no" de este comando habilita de una manera administrativa la acción del mapa de la etiqueta definida.

pop

Este comando especifica que la etiqueta entrante debe ser removido. Para un LSP estático no está soportado el apilamiento de etiquetas. La cabecera del servicio sigue la etiqueta superior. Una vez que la etiqueta es removida, el paquete se remite basado sobre la cabecera del servicio. La forma "no" de este comando quita la acción del "pop" para la etiqueta de entrada.

swap

Este comando intercambia la etiqueta entrante y especifica la etiqueta saliente y el siguiente salto de la dirección IP sobre un LSR para un LSP estático. La forma "no" de este comando quita la acción del intercambio asociada con una etiqueta entrante.

Parámetros de swap

out-label -- especifica el valor de la etiqueta que será cambiada con la etiqueta entrante. Los valores de la etiqueta van hasta 16.

nexthop ip-address -- El dirección IP a la cual se remitirá. Si existe una tabla ARP para el salto siguiente, entonces el LSP estático será marcado operacional. Si no existe la tabla ARP, el software fijará el estado operacional del LSP estático hacía abajo y continuará a la tabla configurada para el siguiente salto.

El software intentará continuamente encontrar una tabla ARP para el siguiente salto configurado en un intervalo fijo.

path

Este comando crea la trayectoria que se utilizará para un LSP. Una trayectoria puede ser utilizada por múltiples LSPs. Una trayectoria puede especificar alguno o todos los saltos desde el ingreso hasta la salida y pueden ser “strict” o “loose”. Una trayectoria puede también ser vacía (ningún path-name especificado) en este caso el LSP se configura basado en IGP (el mejor esfuerzo) calculando la trayectoria más corta al switch-router de salida.

La trayectoria es creada en un estado de parada. Una trayectoria debe ser parada antes de realizar cualquier cambio (agregando o suprimiendo saltos) a la trayectoria. Cuando una trayectoria es parado, cualquier LSP que usa la trayectoria se convierte operacionalmente hacia abajo.

Para crear una trayectoria terminante desde el router de ingreso hasta el router de salida, los routers de ingreso y salida deben ser incluidos en la declaración de la trayectoria. La forma “no” de este comando borra la trayectoria y toda su información asociada de la configuración.

Todos los LSPs que están utilizando actualmente esta trayectoria serán afectados. Además todos los servicios que son utilizados activamente por estos LSPs serán afectados. Una trayectoria debe ser parada y desatada de todos los LSPs usando la trayectoria antes de que pueda ser suprimida. El comando “no path” no realizará ninguna acción excepto un mensaje de alerta en la consola que indica que la trayectoria puede estar en uso.

Parámetros de path

path-name-- especifica un nombre de etiqueta único alfanumérico diferenciando mayúsculas de minúsculas para la trayectoria del LSP hasta 32 caracteres de longitud.

hop

Este comando especifica una dirección IP de los saltos que un LSP deberá atravesar en la trayectoria hacia el router de salida. La dirección IP puede ser la dirección de un interfaz IP o la dirección de un sistema IP. Si la dirección del sistema IP es especificada entonces el LSP puede elegir la mejor interfaz disponible. Opcionalmente el LSP y las direcciones IP de ingreso y salida pueden estar incluidas como el principio y el final del salto. Una lista de saltos puede incluir la dirección IP del interfaz de ingreso, la dirección IP del sistema, y la dirección IP de salida de cualquiera de los saltos que son especificados.

La forma "no" de este comando borra la lista de entradas de los saltos para la trayectoria. Todos los LSPs que están usando esta trayectoria serán afectados.

Además todos los servicios que son utilizados activamente por estos LSPs serán afectados. La trayectoria debe ser parada primero para suprimir el salto de la lista de saltos.

El comando "no hop" no dará lugar a ninguna acción excepto un mensaje de alerta en la consola que indica que la trayectoria está administrada.

Parámetros de hop

hop-index-- el índice de saltos se utiliza para ordenar los saltos especificados. El LSP siempre atraviesa desde el salto más bajo al más alto. El índice de saltos no necesita ser secuencial. Los valores pueden ir de 1 - 1024

ip-address-- la dirección IP de la interfaz de red o del sistema del switch-router de tránsito. La dirección IP puede ser la dirección IP de la interfaz o la dirección IP del sistema. Si la dirección del sistema IP es especificada entonces el LSP puede elegir la mejor interfaz disponible.

Opcionalmente el LSP y las direcciones IP de ingreso y salida pueden estar incluidas como el principio y el final del salto.

loose-- esta palabra clave especifica que la ruta tomada por un LSP desde el salto anterior a este salto puede atravesar por otros routers. Múltiples saltos con la misma dirección IP se señalan por medio de una bandera como errores. Cualquier palabra clave sea loose o strict debe ser especificada.

strict-- esta palabra clave especifica que el LSP puede tomar una trayectoria directa desde el salto anterior hasta este router. No se permite ningún router de tránsito entre el router anterior y este router. Si la dirección IP especificada es la dirección de la interfaz entonces esa es la interfaz que el LSP debe utilizar.

Si existen enlaces directos paralelos entre el anterior router y este router, y la dirección IP del sistema es especificada, entonces cualquiera de las interfaces disponibles serán utilizadas por el LSP.

El usuario debe asegurarse que el anterior router y este router tengan un enlace directo. Múltiples saltos con la misma dirección IP se señalan por medio de una bandera como errores. Cualquier palabra clave sea loose o strict debe ser especificada.

lsp

Este comando crea un LSP que esta asignado dinámicamente por el SR 7750 OS. Cuando el LSP es creado, el router de salida debe ser especificado usando el comando "to" y por lo menos una trayectoria primaria o secundaria que debe ser especificada.

El resto de las declaraciones bajo jerarquía de LSP son opcionales. LSPs son creados en un estado administrativo hacia abajo (shutdown). La forma "no" de este comando borra el LSP. Toda la información de la configuración asociada a este LSP se pierde.

El LSP debe ser administrativamente parado y desatado de todos los SDPs antes de que pueda ser suprimido.

Parámetros de lsp

lsp-name -- nombre que identifica el LSP. El nombre de LSP puede ser hasta 32 caracteres de largo y debe ser único.

to

Este comando especifica la dirección IP del sistema del router de salida para el LSP.

Este comando es obligatorio para crear un LSP. Una dirección IP para el cual una ruta no existe se permite en la configuración. Si el LSP señalado falla porque el destino no es accesible, se registra un error y el estado operacional de LSP se fija a abajo.

El "to ip-address" debe ser la dirección IP del sistema del router de salida. Si la dirección "to" no es empareja a la dirección del SDP, el LSP no se incluye en la definición del SDP.

Parámetro de to

ip-address -- La dirección IP del sistema del router de salida.

from

Este comando opcional especifica la dirección IP del router de ingreso para el LSP. Cuando este comando no es especificado, la dirección IP del sistema es usado.

Las direcciones IP que no se definen en el sistema son permitidas. Si una dirección IP inválida es ingresada, el LSP da una falla y se registra un error. Si una dirección IP de un interfaz es especificado como la dirección saliente, y la

dirección IP del interfaz de salida del siguiente salto es una interfaz diferente, el LSP no es señalado.

Como la interfaz de salida cambia debido a los cambios en la topología de enrutamiento, un LSP recupera si la dirección IP saliente es la dirección IP del sistema y no una dirección IP específica del interfaz. Solamente una dirección saliente puede ser configurada.

Parámetros de from

ip-address-- esta es la dirección IP del router de ingreso. Esta puede ser cualquier dirección IP sea de interfaz o del sistema. Si la dirección IP es local, el LSP debe salir a través de un interfaz local que asegure una exactitud local.

fast-reroute

Este comando crea un desvío LSP pre-configurado para cada nodo en la trayectoria del LSP. En caso de falla del enlace o de un LSP entre dos nodos, el tráfico se reencamina inmediatamente en el desvío LSP pre-configurado, para así evitar la pérdida de paquetes.

Cuando fast-reroute esta habilitado, cada nodo a lo largo de la trayectoria del LSP intenta establecer un desvío LSP como sigue:

- Cada nodo de subida configura un desvío LSP que evite solamente el nodo inmediato descendente, y se combina con la trayectoria actual del LSP lo más rápido posible.
- Si no es posible configura un desvío LSP que evite al nodo inmediato descendente, un desvío puede ser configurado hacia el nodo en sentido descendente sobre un interfaz diferente.
- El desvío LSP puede tomar unos o más saltos antes de combinar a la trayectoria principal del LSP.

- Cuando el nodo superior detecta un enlace inferior o una falla del nodo, el router de ingreso conmuta el tráfico a una trayectoria alterna si una de ellas está configurada para el LSP.

El desvío rápido está disponible solamente para la trayectoria primaria. No se requiere ninguna configuración en los saltos del tránsito del LSP.

El switch-router de ingreso señalará a todos los switch-router intermedios usando RSVP para configurar sus desvíos. CSPF se debe ser habilitado para que el fast-reroute funcione.

Para el desvío rápido y no caminos secundarios de trayectorias compartidas, CSPF es habilitada automáticamente y por lo tanto el comando explícito para habilitar CSPF no será requerido por FCS.

Este comando configura uno de los dos métodos que se utilizarán para el LSP. Ejecutando este comando se habilitará el contexto del "config>router>mpls>lsp>fr" donde existen comandos adicionales para configurar varios parámetros para el uso de fast-reroute.

La forma "no" del comando del fast-reroute quita el desvío LSP de cada nodo en la trayectoria primaria. Este comando también quitará la información de la configuración sobre el límite de saltos y el ancho de banda de las rutas del desvío.

Parámetros de fast-reroute

one-to-one-- en la técnica una por una, se establece una trayectoria para etiqueta conmutada que interseca el LSP original en alguna parte inferior del punto de enlace o de la falla del nodo. Para cada LSP el cual es respaldado, se establece un LSP separado de respaldo.

facility-- esta opción a veces llamada many-to-one, se aprovecha de la pila de etiquetas MPLS. En lugar de crear un LSP separado para cada LSP respaldado, se crea un solo LSP que servirá para respaldar un grupo de LSPs. Este túnel LSP es llamado un túnel alterno.

El túnel alternativo debe intersectar la trayectoria original del LSP en alguna parte inferior del punto de la reparación local. Naturalmente, esto obliga al sistema de LSPs siendo respaldado vía el túnel alternativo para esos que pasarán a través de un nodo inferior común.

Todos los LSPs que pasan a través de un PLR y a través de un nodo común el cual no utiliza las facilidades envueltas en el túnel alternativo son candidatos para este grupo de LSPs.

primary

Este comando especifica una trayectoria preferida para el LSP. Este comando es opcional solamente si el secundario path-name es incluido en la definición del LSP. Solamente una trayectoria primaria se puede definir para un LSP.

Algunas de las cualidades del LSP tales como el ancho de banda, y el límite de saltos se pueden especificar opcionalmente como las cualidades de la trayectoria primaria. Las cualidades especificadas en el comando "primary path" y "path-name", eliminan las cualidades de LSP.

La forma "no" de este comando suprime la asociación de este "path-name" del "lsp-name" de LSP. Todas las configuraciones específicas a esta trayectoria primaria, tal como expedientes, ancho de banda, y límite de saltos, se suprimen.

La trayectoria primaria debe ser parada primero para suprimirla. El comando "no primary" no dará lugar a ninguna acción excepto un mensaje de alerta en la consola que indica que la trayectoria primaria está administrada.

Parámetros de primary

path-name-- especifica un nombre de etiqueta único alfanumérico diferenciando mayúsculas de minúsculas para la trayectoria del LSP hasta 32 caracteres de longitud.

static-lsp

Este comando es utilizado para configurar un LSP estático sobre un router de ingreso. El LSP estático es un LSP manualmente configurado donde la dirección IP del siguiente salto y la etiqueta saliente deben ser especificados.

La forma "no" de este comando suprime este LSP estático e información asociada.

El LSP debe ser parado primero para borrarlo. Si el LSP no esta parado, el comando "no static-lsp lsp-name" no hace nada excepto generar un mensaje de alerta en la consola que indica que el LSP está administrado.

Parámetros de static-lsp

lsp-name-- nombre que identifica el LSP. Valores hasta 32 caracteres alfanuméricos.

ANEXO D: Cronograma de Instalación de Equipos

ITEM	ACTIVIDAD	SEMANAS																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Survey de Estaciones	■	■	■														
2	Instalación de Plantas de Energía (en sitios donde se requiera según Survey)				■	■	■											
3	Instalación de Sistemas de Tierra (en sitios donde se requiera según Survey)				■	■	■											
4	Tendido y Empalmes de Fibra Optica (en sitios donde se requiera según Survey)				■	■	■											
5	Montaje de Bastidores en Anillo Central							■	■									
6	Montaje de Bastidores en Anillo Iñaquito									■								
7	Montaje de Bastidores en Anillo Guajaló										■							
8	Montaje de Bastidores en Anillo La Luz											■						
9	Montaje de Bastidores en Anillo Mariscal												■					
10	Montaje de Bastidores en Anillo Centro													■	■	■		
11	Montaje de Bastidores en Anillo Carcelén																■	■

TABLA 4.- Cronograma de Instalación de Equipos

ANEXO E: Cronograma de Puesta en Servicio

ITEM	ACTIVIDAD	SEMANAS											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Configuración de PC Portátil para Sistema de Gestión	■											
2	Configuración Local de Nodos 7750 Anillo Central		■	■									
3	Configuración Local de Nodos 7750 Anillo Centro				■	■							
4	Configuración Local de Nodos 7750 Anillo Carcelén						■						
5	Configuración Local de Nodos 7750 Anillo La Luz							■					
6	Configuración Local de Nodos 7750 Anillo Mariscal								■				
7	Configuración Local de Nodos 7750 Anillo Guajaló									■			
8	Configuración Local de Nodos 7750 Anillo Iñaquito										■		
9	Back Up de Configuración de Equipos de toda la red											■	■

TABLA 5.- Cronograma de Puesta en Servicio

ANEXO F: Cronograma de Pruebas de Equipos

ITEM	ACTIVIDAD	SEMANAS																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Pruebas de Fibra Optica	■	■	■																	
2	Pruebas Locales de Nodos 7750 Anillo Central				■	■															
3	Pruebas Locales de Nodos 7750 Anillo Centro						■	■	■												
4	Pruebas Locales de Nodos 7750 Anillo Iñaquito									■											
5	Pruebas Locales de Nodos 7750 Anillo Mariscal										■										
6	Pruebas Locales de Nodos 7750 Anillo La Luz											■									
7	Pruebas Locales de Nodos 7750 Anillo Carcelén												■	■							
8	Pruebas Locales de Nodos 7750 Anillo Guajaló														■						
9	Pruebas de Interconexión entre anillos															■	■	■			
10	Pruebas de Tráfico de Voz, Datos y Multimedia																		■	■	■

TABLA 6.- Cronograma de Pruebas de Equipos

ANEXO H: Tasa de Retorno de Inversión

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10
Inversión Inicial	\$ 4.676.320,00										
Número de Abonados		14.000	14.700	15.435	16.207	17.017	17.868	18.761	19.699	20.684	21.719
Media de Facturación por abonado		\$ 142,86	\$ 142,86	\$ 142,86	\$ 142,86	\$ 142,86	\$ 142,86	\$ 142,86	\$ 142,86	\$ 142,86	\$ 142,86
Utilidad media por abonado (mensual)		\$ 57,14	\$ 57,14	\$ 57,14	\$ 57,14	\$ 57,14	\$ 57,14	\$ 57,14	\$ 57,14	\$ 57,14	\$ 57,14
Utilidad Total		\$ 800.000,00	\$ 840.000,00	\$ 882.000,00	\$ 926.100,00	\$ 972.405,00	\$ 1.021.025,25	\$ 1.072.076,51	\$ 1.125.680,34	\$ 1.181.964,36	\$ 1.241.062,57
Flujo	-\$ 4.676.320,00	-\$ 3.876.320,00	-\$ 3.036.320,00	-\$ 2.154.320,00	-\$ 1.228.220,00	-\$ 255.815,00	\$ 765.210,25	\$ 1.837.286,76	\$ 2.962.967,10	\$ 4.144.931,46	\$ 5.385.994,03

$$V.A.N = \frac{F_n}{(1+i)^n}$$

$$TIR = F_0 + \frac{F_1}{(1+d)^1} + \frac{F_2}{(1+d)^2} + \frac{F_3}{(1+d)^3} + \dots + \frac{F_n}{(1+d)^n}$$

VAN =	\$ 1.275.529,72	al 10 %
VAN =	\$ 0,00	al X %
VAN =	-\$ 746.056,41	al 20%

Entonces	X = 15,52 %, Este es el TIR
----------	-----------------------------

TABLA 8.- Tasa de Retorno de Inversión