

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**INGENIERÍA DE DETALLE DE NODOS DE CONMUTACIÓN  
EN LA RED DE TRANSPORTE CANTV PARA SERVICIO MPLS  
SOBRE METRO ETHERNET**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el Br. Rodríguez D., Ricardo J.  
Para optar al Título  
de Ingeniero Electricista

Caracas, 2006

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**INGENIERÍA DE DETALLE DE NODOS DE CONMUTACIÓN  
EN LA RED DE TRANSPORTE CANTV PARA SERVICIO MPLS  
SOBRE METRO ETHERNET**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Carlos Fuenmayor  
TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Patricia Bencomo

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el Br. Rodríguez D., Ricardo J.  
Para optar al Título  
de Ingeniero Electricista

Caracas, 2006



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA**  
**DEPARTAMENTO DE COMUNICACIONES**



---

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN**

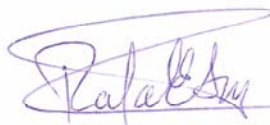
Caracas, 27 de noviembre de 2006

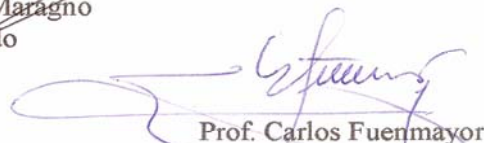
Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Ricardo Rodríguez, titulado:

**“INGENIERÍA DE DETALLE DE NODOS DE CONMUTACIÓN EN LA  
RED DE TRANSPORTE CANTV PARA SERVICIO MPLS SOBRE METRO  
ETHERNET”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por los autores, lo declaran APROBADO.

  
Prof. Paolo Maragno  
Jurado

  
Prof. Rafael Arruebarrena  
Jurado

  
Prof. Carlos Fuenmayor  
Prof. Guía

---

Edificio Escuela de Ingeniería Eléctrica, piso 1, oficina 201, Ciudad Universitaria, Los Chaguaramos, Caracas 1051, D.F.  
TELÉFONOS. (VOZ) +58 212 6053300 (FAX) +58 212 6053105  
Mail: cie-com@elecisc.ing.uev.ve

## DEDICATORIA

*Confianza en la maldad, nó en el malvado  
en el vaso, mas nunca en el licor;  
en el cadáver, nó en el hombre  
y en ti sólo, en ti sólo, en ti sólo.*

*César Vallejo*

Carmen Díaz, madre de mil amores y esperanzas. Todo el amor y aprecio que en ti tengo no es posible expresarlo con simples palabras. Éste logro es por ti, para ti y gracias a ti. Que Dios todopoderoso y la Virgen te bendigan y te den muchos años más de salud y energía, para así seguir abrigándome con tu compañía, cuidados y bendiciones. Madre, una vez más te pido la bendición. Te quiero.

A Richard José, padre de ejemplo y temple. En ti dispongo mis logros. Gracias por darme apoyo en los momentos necesarios. Sólo deseo que puedas afrontar tus miedos y temores como sé que puedes hacerlo. A mi querida hermanita Michelle: Niña, la vida te proveerá todo lo mejor para que seas muy feliz. No te aflijas, no estás sola y somos muchos los que te amamos.

Mi excepcional y muy querida Familia Díaz. A todos les dedico este logro!!!. Mis tías (las hermanas Chacón), tíos y primos tienen cada uno un gran aporte en la realización de él. Mis mejores deseos a todos!!!.

A la persona que me brindó bellos momentos y una maravillosa compañía por largos años. Fuiste tú la persona que me alzó en los momentos rudos y me ayudó a crecer; aquella que inunda con su aroma y esencia los recuerdos de la Universidad; con la que reí y también lloré. Para ti, Lised... que la vida te provea muchas bendiciones y felicidades.

Por último, a la vida... aquella que se deja vivir.

## RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS

*A Dios Todopoderoso y  
la Virgen del Carmen...*

Mi segunda casa, aquella que me formó y vio crecer: querida **Universidad Central de Venezuela**, gracias por abrirme las puertas para mis estudios. Dios quiera que todos podamos cuidarte y mantenerte de la manera que lo mereces.

A mis muy buenos amigos Luis Larry y Austin: muchachos, la vida siempre nos recompensará con lo que queremos y merecemos. A ambos muchas gracias por su compañía y mis mejores deseos a los dos.

Un agradecimiento en especial a una hermosísima persona: Mayra Mercedes, gracias por la confianza, consejos y buenas energías a lo largo de los años que nos tenemos conociendo, y en especial para la realización de este proyecto. Dios te bendiga y proteja.

Mis amigas Arlis Díaz, Emelys del Valle y Jhoanne Lárez; a los grandes compañeros de siempre: José Barillas, compadre la vida es la que debe ser; Carlos Borracho, Iván Zerpa; los Ing.: Luis Alberto y Luis Fernando; a los “bichos” de la residencia Yolimar; los compañeros de estudio de la Escuela de Eléctrica; a todos, muchísimas gracias por su apoyo y las buenas vivencias vividas.

A mi excelente tutor académico Carlos Fuenmayor: Prof., sin su valiosa y gran ayuda en el momento necesario, este proyecto no hubiese podido ser culminado. Muchas Gracias, es un agradecimiento de por vida.

A los profesores de la escuela Rafael Díaz, Pedro Pinto, Mariaeugenia y Zeldivar Bruzual. Las conversaciones y buenos consejos fueron y serán muy valiosos.

María Auxiliadora, muchísimas gracias por todo el soporte, asesoramiento y ayuda ofrecida en todo momento con los trámites del trabajo de grado. Es gratificante saber que los estudiantes de la escuela contamos con una persona como tú.

A la empresa Alcatel de Venezuela, la cual me brindó el apoyo y los recursos necesarios para la realización de este proyecto, además de una excelente formación profesional para mi persona. Gracias a Patricia Bencomo, Nohelis, Mariaeugenia y al Sr. Andy por su apoyo y colaboración prestada.

# ÍNDICE

DEDICATORIA.....	IV
RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS.....	V
ÍNDICE.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ACRÓNIMOS .....	XIV
RESUMEN.....	XVIII
INTRODUCCIÓN.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1.-    OBJETIVO GENERAL.....	3
1.2.-    OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....	5
2.1.-    CONMUTACIÓN .....	5
2.2.-    CONMUTADOR.....	7
2.3.-    ETHERNET .....	12
2.3.1    Introducción a Ethernet.....	12
2.3.2    Historia y antecedentes.....	14
2.3.3    Fundamentos de Ethernet.....	17
2.4.-    REDES METRO ETHERNET.....	20
2.4.1    Introducción a Metro Ethernet.....	20
2.4.2    Servicio Metro Ethernet.....	21
<i>Ethernet Virtual Connetion</i> .....	22
<i>Definición del Servici</i> .....	22
<i>Atributos de los servicios Metro Ethernet</i> .....	25
2.5.-    MULTIPROTOCOL LABEL SWITCH.....	30
2.5.1    Introducción a MPLS .....	30
2.5.2    Visión General.....	31
2.5.3    Fundamentos de MPLS .....	35
<i>Definiciones</i> .....	35
<i>Separación de componentes de Control y Envío</i> .....	36

<i>Algoritmo de envío e intercambio de etiqueta</i> .....	38
<i>Empleo de Etiquetas</i> .....	41
<i>La Pila de Etiquetas</i> .....	42
<i>Entrada de Envío de Etiquetas al Siguiete Salto (NHLFE - Next Hop Label Forwarding Entry-)</i> .....	43
<i>Mapa de Etiquetas Entrantes (ILM - Incoming Label Map-)</i> .....	44
<i>Mapa de FEC a NHFLE (FTN - FEC-to-NHLFE Map-)</i> .....	44
<i>Base de Información de envío (FIB -Forwarding Information Base-)</i> .....	44
<i>Intercambio de Etiquetas (Label Swapping)</i> .....	46
<i>Camino de Etiquetas Conmutadas (LSP)</i> .....	47
<i>Extracción de Etiquetas en el penúltimo paso</i> .....	49
<i>Siguiete Salto en el LSP</i> .....	51
<i>Control de LSP: Ordenado o Independiente</i> .....	51
<i>Agregación</i> .....	52
<i>Selección de Ruta</i> .....	53
<i>Tiempo de Vida TTL</i> .....	53
<i>Codificación de Etiquetas</i> .....	54
<i>Mezcla de Etiquetas</i> .....	55
<i>Túneles y Jerarquías</i> .....	55
<i>Puntos finales (peers) en la distribución de etiquetas y Jerarquía</i> .....	57
<i>Transporte del Protocolo de Distribución de Etiquetas</i> .....	59
2.5.4 <i>Aplicaciones MPLS</i> .....	59
<i>Ingeniería de Tráfico</i> .....	59
<i>Clases de Servicios (CoS)</i> .....	60
<i>Redes Privadas Virtuales (VPNs)</i> .....	61
<b>DESCRIPCIÓN Y FUNCIONALIDADES DE LOS EQUIPOS INVOLUCRADOS.....</b>	<b>67</b>
3.1.- <b>PRELIMINAR</b> .....	67
3.2.- <b>ARQUITECTURA DEL HARDWARE</b> .....	72
3.2.1 <b>Módulo de entrada/salida (IOM)</b> .....	75
<i>Adaptadores Dependientes de Medios (MDA)</i> .....	76
<i>Unidad FastPath Flexible a 10G</i> .....	76
<i>Estructura de acceso</i> .....	79
<i>Procesador Local</i> .....	80
3.2.2 <b>Módulo de estructura de conmutación o Módulo de procesador de control (SF/CPM)</b> ..	80
<i>Estructura de conmutación (Switch Fabric)</i> .....	81



	<i>Procesador de Control del Sistema</i> .....	83
3.2.3	Procesador de Red del <i>Flexible FastPath</i> .....	84
3.3.-	<b>ESPECIFICACIONES DE LAS TARJETAS MDA</b> .....	85
3.4.-	<b>FUNCIONALIDADES DEL SOFTWARE</b> .....	88
3.4.1	Introducción a la arquitectura del Software.....	88
	<i>Administrador de tabla de rutas / Base de Información de envío (FIB)</i> .....	90
3.4.2	Modelo de Servicio del 7450 ESS.....	91
3.4.3	Protocolos de enrutamiento soportados .....	94
	<i>Enrutamiento Estático</i> .....	94
	<i>RIP</i> .....	94
	<i>OSPF</i> .....	96
3.4.4	MPLS .....	98
	<i>Configuración de servicios de túnel (VPLS, VLL)</i> .....	101
	<i>Soporte de Servicios Túnel</i> .....	102
	<i>RSVP y RSVP-TE</i> .....	102
	<i>LDP</i> .....	106
3.5.-	<b>CARACTERÍSTICAS DEL CHASIS</b> .....	109
3.6.-	<b>CONSUMO, DIMENSIONES Y AMBIENTE</b> .....	113
3.7.-	<b>DISPONIBILIDAD</b> .....	115
	<b>DESARROLLO</b> .....	<b>119</b>
4.1.-	<b>IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE RED</b> .....	119
4.2.-	<b>DESCRIPCIÓN DE RED FUTURA</b> .....	120
4.3.-	<b>PRESUPUESTO DE POTENCIA</b> .....	122
4.4.-	<b>REQUERIMIENTOS DE INTERCONEXIÓN</b> .....	125
4.5.-	<b>DIMENSIONAMIENTO</b> .....	138
4.5.1	Estación Las Mercedes .....	138
4.5.2	Estación Cafetal .....	144
4.5.3	Estación Hatillo .....	149
4.5.4	Estación Trinidad.....	154
4.5.5	Estación Prados del Este.....	159
4.6.-	<b>DETALLES DE CONFIGURACIÓN</b> .....	165
4.6.1	Configuración de opciones de arranque.....	166
4.6.2	Configuración del Sistema.....	169
4.6.3	Configuración de Enrutamiento .....	171
4.6.4	Configuración de Protocolos .....	173
4.6.5	Configuración de Políticas.....	176
4.6.6	Configuración de Servicios.....	177

<b>4.7.- CÁLCULO DE DISPONIBILIDAD .....</b>	<b>178</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>179</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>183</b>
<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>185</b>
<b>ANEXO 2 .....</b>	<b>191</b>
<b>ANEXO 3 .....</b>	<b>199</b>
<b>ANEXO 4 .....</b>	<b>205</b>
<b>ANEXO 5 .....</b>	<b>253</b>
<b>ANEXO 6 .....</b>	<b>259</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2-1. ESPECIFICACIONES ETHERNET .....	13
TABLA 2-2. EVOLUCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS ETHERNET .....	17
TABLA 3-1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL EQUIPO 7450 ESS-7 .....	71
TABLA 3-2. TIPOS DE MDA .....	85
TABLA 3-3. CARACTERÍSTICAS DE TARJETAS MDA Y MÓDULOS SFP .....	87
TABLA 3-4. DESCRIPCIÓN PARTE FRONTAL EQUIPO 7450 ESS-7 .....	110
TABLA 3-5. DESCRIPCIÓN PARTE POSTERIOR EQUIPO 7450 ESS-7 .....	111
TABLA 3-6. DESCRIPCIÓN DE PARTES DE TARJETA SF/CPM .....	112
TABLA 3-7. CARACTERÍSTICAS DE ENERGÍA Y AMBIENTALES DEL EQUIPO 7450 ESS-7 .....	113
TABLA 3-8. CONSUMO DE ENERGÍA DEL EQUIPO 7450 ESS-7 .....	114
TABLA 3-9. CONSUMO DE ENERGÍA DE TARJETAS MDA .....	114
TABLA 4-1. ACRÓNIMOS DE EQUIPOS A INSTALAR .....	120
TABLA 4-2. PRESUPUESTO DE POTENCIA .....	124
TABLA 4-3. REQUERIMIENTOS DE INTERCONEXIÓN LMS .....	126
TABLA 4-4. REQUERIMIENTOS DE INTERCONEXIÓN CAF .....	128
TABLA 4-5. REQUERIMIENTOS DE INTERCONEXIÓN HTI .....	130
TABLA 4-6. REQUERIMIENTOS DE INTERCONEXIÓN TRI .....	132
TABLA 4-7. REQUERIMIENTOS DE INTERCONEXIÓN PDE .....	134
TABLA 4-8. CANTIDAD DE PATCH CORD UTILIZADO EN ESTACIÓN LMS .....	142
TABLA 4-9. CANTIDAD DE PATCH CORD UTILIZADO EN ESTACIÓN CAF .....	147
TABLA 4-10. CANTIDAD DE PATCH CORD UTILIZADO EN ESTACIÓN HTI .....	152
TABLA 4-11. CANTIDAD DE PATCH CORD UTILIZADO EN ESTACIÓN TRI .....	157
TABLA 4-12. CANTIDAD DE PATCH CORD UTILIZADO EN ESTACIÓN PDE .....	163
TABLA 4-13. DETALLE DE CONFIGURACIÓN .....	165
TABLA 4-14. DISPONIBILIDAD POR NODO .....	178

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2-1. TRAMA PROTOCOLO ETHERNET .....	18
FIGURA 2-2. MODELO BÁSICO REDES MEN .....	21
FIGURA 2-3. MODELO PUNTO A PUNTO EN REDES MEN .....	23
FIGURA 2-4. MODELO MULTIPUNTO A MULTIPUNTO EN REDES MEN.....	24
FIGURA 2-5. MODELO DE COMUNICACIÓN EN MPLS .....	34
FIGURA 2-6. COMPONENTES DE CONTROL Y ENVÍO EN MPLS.....	37
FIGURA 2-7. ESQUEMA DE INTERCAMBIO DE ETIQUETAS EN MPLS .....	39
FIGURA 2-8. ESQUEMA DE CABECERA EN MPLS.....	42
FIGURA 2-9. TABLA BASE DE INFORMACIÓN DE ENVÍO .....	45
FIGURA 2-10. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LSP .....	49
FIGURA 3-1. VISTA DEL CHASIS EQUIPO 7450 ESS-7 .....	68
FIGURA 3-2. VISTA TARJETA SF/CPM.....	69
FIGURA 3-3. VISTA TARJETA IOM, MDA Y MÓDULOS SFP .....	70
FIGURA 3-4. ESQUEMA CONEXIÓN DE TARJETAS SF/CPM, IOM Y MDA .....	73
FIGURA 3-5. ESQUEMA CONEXIÓN DE TARJETAS SF/CPM, IOM Y MDA .....	74
FIGURA 3-6. ESQUEMA DE COMPONENTES EN TARJETA IOM .....	75
FIGURA 3-7. ESQUEMA DE LA UNIDAD FLEXIBLE FAST PATH .....	78
FIGURA 3-8. ESQUEMA DE TARJETA SF/CPM .....	82
FIGURA 3-9. MÓDULOS DE SOFTWARE.....	89
FIGURA 3-10. MODELO DE SERVICIO DEL 7450 ESS .....	92
FIGURA 3-11. DIAGRAMA DE CONFIGURACIÓN PARÁMETROS RIP .....	97
FIGURA 3-12. DIAGRAMA DE CONFIGURACIÓN PARÁMETROS OSPF.....	99
FIGURA 3-13. DIAGRAMA DE ESTABLECIMIENTO DE LSPs CON RSVP .....	103
FIGURA 3-14. DIAGRAMA DE LSP EMPLEANDO RSVP.....	104
FIGURA 3-15. DIAGRAMA DE CONFIGURACIÓN PARÁMETROS MPLS .....	108
FIGURA 3-16. VISTA FRONTAL DEL CHASIS .....	109
FIGURA 3-17. VISTA POSTERIOR DEL CHASIS .....	110
FIGURA 3-18. VISTA FRONTAL TARJETA SF/CPM.....	112

FIGURA 3-19. ESQUEMA CALCULO DISPONIBILIDAD EN SERIE.....	116
FIGURA 3-20. ESQUEMA CALCULO DISPONIBILIDAD EN PARALELO .....	116
FIGURA 4-1. DIAGRAMA DE RED FUTURA.....	121
FIGURA 4-2. ESQUEMA PARA MEDICIÓN DE PÉRDIDAS .....	122
FIGURA 4-3. ESQUEMA DE INTERCONEXIÓN LMS .....	127
FIGURA 4-4. ESQUEMA DE INTERCONEXIÓN CAF .....	129
FIGURA 4-5. ESQUEMA DE INTERCONEXIÓN HTI .....	131
FIGURA 4-6. ESQUEMA DE INTERCONEXIÓN TRI.....	133
FIGURA 4-7. ESQUEMA DE INTERCONEXIÓN PDE .....	134
FIGURA 4-8. DIAGRAMA DE RED ANILLO LMS – CAF .....	137
FIGURA 4-9. ILUSTRATIVO DE BASTIDOR ESTACIÓN LMS .....	138
FIGURA 4-10. ILUSTRATIVO DE BASTIDOR ESTACIÓN CAF .....	144
FIGURA 4-11. ILUSTRATIVO DE BASTIDOR ESTACIÓN HTI .....	149
FIGURA 4-12. ILUSTRATIVO DE BASTIDOR ESTACIÓN TRI.....	154
FIGURA 4-13. ILUSTRATIVO DE BASTIDOR ESTACIÓN PDE.....	159
FIGURA 4-14. COMANDOS ROOT .....	167
FIGURA 4-15. FLUJO DE INICIO (STARTUP) DEL SISTEMA.....	168
FIGURA 4-16. FLUJO DE IMPLEMENTACIÓN PARA CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA .....	169
FIGURA 4-17. FLUJO DE IMPLEMENTACIÓN PARA CONFIGURACIÓN DE RANURAS, TARJETAS DE LÍNEA, MDA Y PUERTOS.....	170
FIGURA 4-18. DIAGRAMA DE PARÁMETROS MPLS.....	175

## ACRÓNIMOS

<b>10 GE</b>	10 GigaEthernet
<b>AC</b>	Alternating Current
<b>ADSL</b>	Asymmetric Digital Subscriber Line
<b>AS</b>	Autonomous System
<b>ASIC</b>	Application Specific Integrated Circuit
<b>ASP</b>	Application Service Provider
<b>ATM</b>	Asynchronous Transfer Mode
<b>Bps</b>	Bits Per Seconds
<b>BOF</b>	Boot Option File
<b>BPDU</b>	Bridge Packet Data Unit
<b>BRAS</b>	Broadband Remote Access Server
<b>BTv</b>	Broadcast TV
<b>CBS</b>	Committed Burst Size
<b>CE</b>	Customer Edge / Customer Equipment
<b>CIR</b>	Customer Information Rate
<b>CLI</b>	Command Line Interface
<b>CoS</b>	Class of Service
<b>CPE</b>	Customer Premise Equipment
<b>CSMA/CD</b>	Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection
<b>DC</b>	Direct Current
<b>DHCP</b>	Dynamic Host Configuration Protocol
<b>DiffServ</b>	Differentiated Services
<b>DIX</b>	DEC/Intel/Xerox
<b>DSL</b>	Digital Subscriber Line
<b>DWDM</b>	Dense Wave Division Multiplexing
<b>E-LAN</b>	Ethernet LAN
<b>E-Line</b>	Ethernet Line
<b>EBS</b>	Excess Burst Size
<b>ECMP</b>	Equal Cost Multipath
<b>ESS</b>	Ethernet Service Switch
<b>EIR</b>	Excess Information Rate
<b>EVC</b>	Ethernet Virtual Circuit
<b>F.O.</b>	Fibra Óptica
<b>FCS</b>	Frame Check Sequence
<b>FEC</b>	Forwarding Equivalence Class
<b>FIB</b>	Forwarding Information Base
<b>FIFO</b>	First In/First Out
<b>FR</b>	Frame Relay
<b>FRMR</b>	Framer
<b>FTN</b>	FEC to NHLFE Map

<b>FTP</b>	File Transfer Protocol
<b>Gbps</b>	Giga Bits Per Seconds
<b>GE</b>	Giga Ethernet
<b>GRE</b>	Generic Routing Encapsulation
<b>HSI</b>	High-Speed Internet
<b>HW</b>	Hardware
<b>I/O</b>	Input/Output
<b>ICC</b>	Integrated Circuit Card
<b>ID</b>	Identifier
<b>IEEE</b>	Institution of Electrical and Electronics Engineers
<b>IETF</b>	Internet Engineering Task Force
<b>IGP</b>	Interior Gateway Protocol
<b>ILM</b>	Incoming Label Map
<b>IOM</b>	Input/Output Module
<b>IP</b>	Internet Protocol
<b>IS-IS</b>	Intermediate System - Intermediate System
<b>ISP</b>	Internet Service Provider
<b>ITU</b>	International Telecommunication Union
<b>IWF</b>	Interworking Functions
<b>L2VPN</b>	Layer 2 Virtual Private Network
<b>LAG</b>	Link Aggregation Group
<b>LAN</b>	Local Area Network
<b>LDP</b>	Label Distribution Protocol
<b>LER</b>	Label Edge Router
<b>LSP</b>	Label Switched Path
<b>LSR</b>	Label Switching Router
<b>MAC</b>	Media Access Control
<b>Mbps</b>	Mega Bits Per Seconds
<b>MD5</b>	Message Digest Version 5 Algorithm
<b>MEF</b>	Metro Ethernet Forum
<b>MEN</b>	Metro Ethernet Network
<b>MDA</b>	Media Dependent Adapter
<b>MGMT</b>	Management
<b>MHz</b>	Mega Hertz
<b>MIB</b>	Management Information Base
<b>MIPS</b>	Millions Instructions per Second
<b>MLS</b>	Multi Layer Switching
<b>MPLS</b>	Multi-protocol Label Switch
<b>MSTP</b>	Multiple Spanning Tree Protocol
<b>MTBF</b>	Mean Time Between Failure
<b>NE</b>	Network Element
<b>NGN</b>	Next Generation Network
<b>NHLFE</b>	Next Hop Label Forwarding Entry
<b>NPA</b>	Network Processor Array
<b>OAM</b>	Operations, Administration and Maintenance

<b>OA&amp;M</b>	Operations, Administration and Maintenance
<b>ODF</b>	Optical Distribution Frame
<b>OS</b>	Operating System
<b>OSI</b>	Open Systems Interconnection
<b>OSPF</b>	Open Shortest Path First
<b>PDH</b>	Plesiochronous Digital Hierarchy
<b>PDU</b>	Packet Data Unit / Protocol Data Unit
<b>PE</b>	Provider Edge
<b>PIR</b>	Peak Information Rate
<b>POH</b>	Packet OverHead
<b>PPP</b>	Point to Point Protocol
<b>PSTN</b>	Public Switched Telephone Network
<b>PVC</b>	Permanent Virtual Circuit
<b>QoS</b>	Quality of Service
<b>RAM</b>	Random Access Memory
<b>RIP</b>	Routing Information Protocol
<b>ROM</b>	Read Only Memory
<b>RSTP</b>	Rapid Spanning Tree Protocol
<b>RSVP</b>	Resource Reservation Protocol
<b>RSVP-TE</b>	Resource Reservation Protocol – Traffic Engineering
<b>RX</b>	Recepción
<b>SAP</b>	Service Access Point
<b>SDH</b>	Synchronous Digital Hierarchy
<b>SDP</b>	Service Distribution Path
<b>SDRAM</b>	Synchronous Dynamic Random Access Memory
<b>SE</b>	Switch Element
<b>SF</b>	Switch Fabric
<b>SF/CPM</b>	Switch Fabric/Control Processor Module
<b>SFP</b>	Small Form factor Pluggable
<b>SLA</b>	Service Level Agreement
<b>SNMP</b>	Simple Network Management Protocol
<b>SONET</b>	Synchronous Optical Network
<b>SSH</b>	Secure Shell
<b>STM</b>	Synchronous Transport Module
<b>STP</b>	Spanning Tree Protocol
<b>SW</b>	Software
<b>TACACS+</b>	Terminal Access Controller Access Control System
<b>TE</b>	Traffic Engineering
<b>TCP</b>	Transfer Control Protocol
<b>TOS/ToS</b>	Type of Service
<b>TTL</b>	Time to Live
<b>TX</b>	Transmisión
<b>UDP</b>	User Data Protocol
<b>UNI</b>	User-Network Interface
<b>VC</b>	Virtual Channel



<b>VLAN</b>	Virtual LAN
<b>VLL</b>	Virtual Leased Line
<b>VoD</b>	Video on Demand
<b>VoIP</b>	Voice over IP
<b>VPI/VCI</b>	Virtual Path Identifier / Virtual Channel Identifier
<b>VPN</b>	Virtual Private LAN
<b>WAN</b>	Wide Area Network

**Rodríguez D., Ricardo J.**

**INGENIERÍA DE DETALLE DE NODOS DE CONMUTACIÓN EN  
LA RED DE TRANSPORTE CANTV PARA SERVICIO MPLS SOBRE  
METRO ETHERNET**

**Tutor Guía: Prof. Carlos Fuenmayor. Tutor Industrial: Ing. Patricia Bencomo.  
Tesis. Caracas. UCV. Facultad de Ingeniería Escuela de Eléctrica. Ingeniero  
Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: Alcatel de Venezuela, C.A.  
2006, 184h + anexos.**

**Palabras Claves:** Ethernet, Metro Ethernet, MPLS (*Multiprotocol Label Switch*).

**Resumen.** El mercado de las redes Metro Ethernet representa una oportunidad para los proveedores de servicio a fin de crecer significativamente. Para que los servicios Metro Ethernet tengan una gran aceptación en el Mercado, los proveedores deben dar un paso hacia delante con la construcción de una infraestructura robusta y confiable, orientada a servicio y basadas en tecnologías de fácil crecimiento y desarrollo. Los conmutadores (*Switches*) Ethernet son requeridos para entregar, por ahora, algo más que conectividad con un excelente servicio, y con el equipo 7450 ESS (*Ethernet Service Switch* -Conmutador de Servicios de Ethernet-) construido por Alcatel, es posible proveer servicios Metro Ethernet de calidad, y escalables sobre redes basadas en protocolo IP/MPLS. A fin de actualizar y fortalecer su red de transporte, surgió la necesidad por parte de la Corporación CANTV de crear una red Metro Ethernet, habiendo decidido para ello utilizar los equipos fabricados por Alcatel, así como su asistencia profesional y técnica. En base a lo anterior expuesto, el presente proyecto presentó el diseño de una Red Metro Ethernet en la Ciudad de Caracas para la Corporación CANTV mediante la instalación de cinco equipos Switch 7450 ESS-7 de la empresa ALCATEL. La arquitectura propuesta consistió en la interconexión de los equipos en una topología tipo anillo, constituido por las estaciones: Las Mercedes, Cafetal, Hatillo, Trinidad y Prados de Este, en la cual todo el tráfico entrante/saliente de los equipos de acceso se distribuirá a través de los equipos 7450 ESS-7 hacia la red de transporte Metro Ethernet. En dicha red se evaluó la interconexión de los equipos 7450 ESS-7 mediante fibra oscura, considerando: pérdidas de potencia en los tramos, equipamiento requerido por estación, configuración de los equipos basado en los requerimientos del nodo, entre otros.

## INTRODUCCIÓN

En el mundo contemporáneo, el ser humano ha tenido una necesidad, siempre creciente, de manejar una cantidad mayor de información. Ya las ventajas ofrecidas por las redes PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy* -Jerarquía Digital Plesiócrona-) o SDH (*Synchronous Digital Hierarchy* –Jerarquía Digital Síncrona-) han quedado pequeñas o incapaces de transportar un tráfico cada vez mayor, conllevando esto a la búsqueda de nuevas redes o/a la actualización de las existentes con equipos que permitan un mayor ancho de banda por usuario ayudando así a satisfacer una demanda siempre insaciable de servicios.

Alcatel, como proveedor mundial de infraestructura en sistemas de telecomunicaciones, reconoce que en el mundo de hoy los proveedores, los operadores de red y los usuarios finales requieren excelencia en la prestación de servicios. Los conmutadores (*Switches*) Ethernet son requeridos para entregar, por ahora, algo más que conectividad con un excelente servicio. El equipo 7450 *Ethernet Service Switch* (Conmutador de Servicios de Ethernet) construido por Alcatel, es un conmutador Metro Ethernet que provee servicios Metro Ethernet de calidad, y escalables sobre redes basadas en protocolo IP/MPLS. Dicho equipo está diseñado para ofrecer aplicaciones en un ambiente de *carrier*. Tanto su arquitectura, orientada a los servicios, como sus características de Operación y Mantenimiento, permiten al 7450 ESS - 7 ofrecer servicios en forma eficiente y rentable, tales como:

- ✓ VLL (*Ethernet Virtual Leased Line* -Líneas Dedicadas Virtuales-) para aplicaciones punto a punto.
- ✓ VPLS (*Virtual Private LAN Services* –Servicios LAN Privadas Virtuales-) para aplicaciones punto multipunto.
- ✓ Servicios de Internet de Alta Velocidad y aplicaciones Triple Play (voz, video y datos).

Otras características inherentes al equipo son:

- ✓ Los servicios que el 7450 ESS-7 provee están fundamentalmente basados en MPLS (*Multiprotocol Label Switch* -Conmutación por etiquetas multiprotocolo-)
- ✓ En este equipo, el QoS se mide en cada servicio, no solo en cada puerto.
- ✓ Permite escalabilidad para soportar decenas de miles de clientes.

El mercado de las redes Metro Ethernet representa una oportunidad para los proveedores de servicio a fin de crecer significativamente. Para que los servicios Metro Ethernet tengan una gran aceptación en el mercado, los proveedores deben dar un paso hacia delante con la construcción de una infraestructura robusta y confiable, orientada a servicio y basadas en tecnologías de fácil crecimiento y desarrollo.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En Venezuela, tanto empresas como clientes residenciales, han exigido una mayor cantidad de servicios de banda ancha, ocasionando que las Operadoras (tales como CANTV, Movistar, Imsap, Bantel, entre otras) adopten nuevas infraestructuras y tecnologías para satisfacer esta demanda. Es por ello que surge la necesidad por parte de la Corporación CANTV de crear una red Metro Ethernet, habiendo decidido para ello utilizar los equipos fabricados por Alcatel en su red de transporte, así como su asistencia profesional y técnica.

Este proyecto tiene como finalidad presentar la Ingeniería de Detalle, de una Red Metro Ethernet en la Ciudad de Caracas para la Corporación CANTV, mediante la instalación de equipos Switch 7450 ESS-7 (*Ethernet Service Switch* -Conmutador de Servicios de Ethernet-) de la empresa ALCATEL. La arquitectura propuesta consiste en la interconexión de los equipos en una topología tipo anillo, en la cual todo el tráfico entrante/saliente de los equipos de acceso se distribuirá a través de los equipos 7450 ESS-7 hacia la red de transporte Metro Ethernet. En dicha red se evaluará la interconexión de varios equipos 7450 ESS-7 a instalar en distintas centrales telefónicas de CANTV, interconectándolos todos ellos mediante fibra oscura, considerando: pérdidas de potencia en los tramos, equipamiento requerido por estación, configuración de los equipos basado en los requerimientos del nodo, entre otros.

### **1.1.- OBJETIVO GENERAL**

Describir la Ingeniería de Detalle de los nodos de Conmutación pertenecientes al Anillo Mercedes – Cafetal en la red de Transporte CANTV para servicio MPLS sobre Metro Ethernet, la cual comprende la instalación y puesta a punto de los equipos 7450 ESS-7 a instalar en las Centrales Las Mercedes, Cafetal, Hatillo, Trinidad y Prados

del Este, con fin de establecer una plataforma de comunicación robusta que garantice agregar el tráfico DSL (*Digital Subscriber Line*) de CANTV a un ambiente 3play: Datos (HSI –*High Speed Internet Service*- y VPN –*Virtual Private Networks*-), Video (BTV –*Broadcast TV Service*- y VoD –*Video on Demand Service*-) y Voz (VoIP - *Voice over IP*-).

## 1.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar el equipamiento (tarjetas, módulos, etc.) requerido por nodo o equipo a instalar, basados en el plan de tráfico de la red de datos y la arquitectura del sistema requerido.
- ✓ Definir los requerimientos de interconexión entre nodos, basados en la topología a implementar, con el fin de crear el anillo de distribución Metro Ethernet Las Mercedes - Cafetal.
- ✓ Verificar la potencia de los enlaces y equipos requeridos, a través de pruebas y mediciones ajustadas a los cálculos de disponibilidad del sistema.
- ✓ Realizar las notas de instalación por nodos, las cuales incluyen la configuración de los equipos, vista de los *shelves* y *racks*, parámetros para la puesta a punto, diagrama de rutas, información de enlace y diagramas de conexión.

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1.- CONMUTACIÓN

La conmutación electrónica surgió en los años 50, y los primeros intentos de aplicación de este enfoque a las redes de datos se produjeron a principios de la siguiente década. Previamente, la conmutación se había convertido en el método predominante para configurar las Redes Telefónicas Públicas Conmutadas (PSTN – *Public Switching Telephone Network*-), tomando la forma de conmutación de circuitos. El uso de técnicas de conmutación para PSTN permitió eliminar líneas compartidas o colectivas, obteniendo cada abonado una conexión directa a la red. Esta fue únicamente la primera de toda una serie de ventajas que han ido surgiendo desde la aplicación de la conmutación a las redes de datos. <sup>[29]</sup>

La conmutación surgió para resolver algunas cuestiones fundamentales en la construcción de redes. En un principio, el protocolo más utilizado en redes LAN, denominado Ethernet, se basaba en una topología de Bus y podía considerarse por tanto como un entorno de red compartido. Dicho de otro modo, Ethernet dependía de la disponibilidad de ancho de banda suficiente para poder garantizar la transmisión del tráfico por la red. Sin embargo, en los periodos de mayor ocupación, era casi una cuestión de suerte el disponer de suficiente ancho de banda, con colisiones cada vez más frecuentes en el tráfico de datos. Podríamos establecer la analogía con una situación en la que 12 personas intentan mantener seis conversaciones diferentes y simultáneas, pero no pudiesen oírse unos a otros por causa del ruido. <sup>[29]</sup>

De esta forma, la introducción de la conmutación significa que se puede filtrar el tráfico de información de forma más eficaz, y transmitirlo de uno a uno o de uno a varios, sin inundar la red con cargas innecesarias. Siguiendo con el ejemplo anterior,

ahora se podrían mantener las seis conversaciones a la vez sin que unas interfiriesen con otras. <sup>[29]</sup>

Las dos formas predominantes de tecnología de conmutación son las siguientes:

- ✓ **Conmutación de circuitos**: se requiere un camino físico dedicado o ruta de transmisión, en el seno de una red, para mantener una conexión y permitir la transferencia de información. La conmutación de circuitos se utiliza principalmente en las PSTN. Este tipo de conmutación es orientado a la conexión.
  
- ✓ **Conmutación de paquetes**: funciona dividiendo la información a transmitir en bloques de tamaño y formato controlados, que la red puede identificar y aceptar para encaminarlos hacia su destino. La información de control está predeterminada antes de la transmisión y los paquetes se pueden entremezclar al cruzar la red, ya que disponen de una variedad de circuitos opcionales para atravesar la red y llegar a destino.



## 2.2.- CONMUTADOR

Podemos definir el Conmutador (*Switch*) en términos generales, como un elemento que conecta tráfico entre un puerto de entrada y uno de salida. Existen conmutadores para voz, para datos e integrado, además de los llamados conmutadores capa 2, conmutadores capa 3 y más recientemente conmutadores capa 4. Un conmutador típico trabaja en las capas de enlace de datos y de control de acceso al medio (MAC), las dos primeras capas del Modelo de Referencia OSI para redes. Sin embargo, la evolución de la conmutación hace que en la actualidad se pueda acceder a niveles superiores de esta pila OSI. Los conmutadores de Capa 3 operan en el nivel de red del Modelo OSI y otorgan funciones de enrutamiento a una red conmutada, lo que permite transmitir y filtrar mayor cantidad de datos. Es posible mejorar aún más con el despliegue de conmutadores de Capa 4, pues el transporte de datos a este nivel tiene una granularidad más fina, con más posibilidades de prioridad y control. <sup>[29]</sup>

Para los *Routers*, o Enrutadores, la función central de manejo de datos se realiza mediante software. Esta solución ha resultado muy útil para inyectar grandes cantidades de datos por un canal, sin diferenciarlos en exceso. Sin embargo, estas técnicas no resultan tan adecuadas para las funciones que deben cumplir los conmutadores. Los conmutadores distinguen entre los distintos tipos de datos basándose en clasificaciones de prioridad. De modo que las transferencias de datos se gestionan dentro de los conmutadores mediante unos chips especializados que se denominan circuitos integrados específicos para la aplicación. Estos dispositivos pueden distinguir los distintos tipos de clases de datos y al mismo tiempo entregar la información con gran rapidez, dado que las señales viajan a mayor velocidad por los circuitos de silicio que a través del software. <sup>[29]</sup>

Los Routers han sido los caballos de batalla en el impulso del negocio en Internet, y se usan en la actualidad para canalizar el tráfico de datos por Internet. Sin embargo, esta situación está cambiando, a medida que los conmutadores de Capa 3, conocidos

también como conmutadores IP (o incluso como conmutadores de encaminamiento, dado que han incorporado muchas de las funciones asociadas tradicionalmente a los Routers), se despliegan cada vez en mayor número. Este cambio ha obligado a hacer un conmutador más “inteligente”, y capaz de detectar el destino final de un paquete de datos, con independencia de las redes implicadas. Éste ha sido tradicionalmente uno de los puntos fuertes a favor de los Routers, que han definido claramente los procesos que permiten llevar el tráfico de la red hasta el lugar adecuado. <sup>[29]</sup>

Los conmutadores de hardware aparecieron por primera vez a mediados de los 90 con el funcionamiento de protocolo FDDI<sup>1</sup> de las Redes LAN. Desde entonces, su adopción se ha extendido a otros medios físicos, incluyendo las redes Ethernet, más comunes con cableado de cobre. Los conmutadores han llegado a ser una opción muy popular para LANs Ethernet, debido a la necesidad de regular y dirigir los niveles crecientes de tráfico que se transmiten por redes internas. El ascenso del conmutador ha coincidido también con la necesidad de segmentar las LANs con el fin de mejorar el uso del ancho de banda disponible y evitar problemas de congestión de la red. Al segmentar una LAN, la empresa tiene la posibilidad de decidir hacia dónde se dirige el tráfico de la red, básicamente dividiendo la infraestructura en partes separadas; así, sólo el tráfico identificado con las estaciones de un segmento se transmitirá hacia dicho segmento. <sup>[29]</sup>

Anteriormente, los conmutadores de hardware sólo podían funcionar en la Capa 2, mientras que la Capa 3 se gestionaba mediante Routers o *hubs*. Pero ahora el conmutador ha experimentado una importante evolución. Los conmutadores de última generación pueden trabajar también con el segmento de red de Capa 3, pues han sido diseñados con el tipo de inteligencia integrada que hasta ahora era patrimonio de los routers. Este desarrollo se conoce también como conmutación multicapa (MLS –*Multi Layer Switching*-). <sup>[29]</sup>

---

<sup>1</sup> FDDI: Interfaz de Datos Distribuidos por Fibra Óptica (*Fiber-Distributed Data Interface*), es un protocolo de enlace troncal de una red local que exige su propio cableado de fibra óptica, así como tarjetas de interfaz de redes y software especiales para su configuración. Está basado en una topología de doble anillo con canales de fibra óptica a 100 Mbits/s.

La propuesta de valor de la MLS se centra en la mejora del rendimiento y del control. Entre sus ventajas concretas cabe destacar:

- ✓ Mejora las arquitecturas de red existentes.
- ✓ Las empresas en rápido crecimiento pueden ampliar su capacidad de red con mayor facilidad.
- ✓ Se escalan las soluciones hasta para millones de paquetes por segundo tanto en Capa 2 como en Capa 3.
- ✓ Hace llegar la conmutación y enrutamiento de alta velocidad y sin bloqueos a todos los puertos, y por tanto a todas las interfaces y protocolos de red.

La diferencia que distingue a los dispositivos de MLS, frente a los dispositivos exclusivamente de Capa 2, es que cubren las funciones tanto de los conmutadores de Capa 2 como de los Routers de Capa 3, estando dotados al mismo tiempo de las características inteligentes adecuadas para cubrir también la capa de aplicación. <sup>[29]</sup>

Además de ser más inteligentes, las funciones de enrutamiento en los conmutadores de Capa 3 y Capa 4 son también más rápidas en cuanto a su rendimiento, gracias a los niveles de transmisión a velocidad de cable. Asimismo, numerosos diseños heredados de Routers están llegando a los límites de su valor funcional, y los conmutadores de Capa 3 y Capa 4 ofrecen niveles de versatilidad muchos mayores. La implementación de conmutadores domina ahora aplicaciones prioritarias en el diseño de redes que antes fueron implementadas con tecnología *Bridging*. Un mayor desempeño y rendimiento, una alta densidad de puertos, bajo costo por puerto, y alta flexibilidad contribuyó a que estos nuevos Switches surgieran como la tecnología de sustitución a los *Bridges*, y sea complemento de los Routers.

[29]

Más allá de las funciones básicas de los conmutadores LAN, se han ido añadiendo capacidades adicionales que incrementan la propuesta de valor del conmutador. Los desarrollos futuros supondrán niveles aún mayores de funcionalidad en la

conmutación. Estos son los tipos de conmutadores de LAN disponibles hoy en día para distintas capas del OSI <sup>[29]</sup>:

- ✓ **Conmutadores de Capa 2**: Este hardware opera en la capa del enlace de datos de los modelos OSI e interacciona con la capa física de una red, donde se manejan tareas tales como la inserción y extracción de datos de dicha red. Los conmutadores de Capa 2 se instalan tanto en segmentos de la red como en el extremo de una LAN, y son aún predominantes. Seguirán reteniendo su valor durante un tiempo considerable.
  
- ✓ **Conmutadores de Capa 3**: Se trata de dispositivos capaces de enrutar paquetes a la velocidad del cable, empleando la capa de red. El rendimiento de estos conmutadores supera al de los Routers, logrando cifras de millones de paquetes por segundo frente a las tasas de miles de paquetes por segundo que logran los Routers basados en software.
  
- ✓ **Conmutadores de Capa 4**: En este nivel, los conmutadores son capaces de distinguir entre paquetes para distintos tipos de aplicaciones. Los gestores de la red pueden centrarse en proporcionar un servicio óptimo a grupos prioritarios de usuarios, clasificar los tipos de tráfico de aplicaciones y habilitar el número máximo de servidores incluyendo su equilibrio de carga. Además, estos conmutadores permiten establecer las condiciones de clase de servicio y de calidad de servicio para todo tipo de redes, incluyendo redes convergentes basadas en telefonía LAN. Los conmutadores de Capa 4 soportan también estándares avanzados de red, tales como el protocolo de configuración dinámica de *hosts* (DHCP), que facilita los parámetros de configuración automática en toda una red. Los conmutadores de Capa 4 tienen también un valor incalculable para soportar difusiones *multicast* en una red.

- ✓ **Conmutadores Inteligentes de Contenido (Capas 5-7)**: La identificación y conmutación de contenidos provenientes de la Web y de Internet son los cometidos principales de los conmutadores diseñados para las capas cinco a siete del OSI. Dichos dispositivos han de filtrar el tráfico basándose en diversos criterios, tales como cabeceras de las solicitudes HTTP, *cookies* y URLs. En estos niveles de conmutación se facilita la QoS, pues se puede explotar la información de la Capa 4 para averiguar dónde hay que realizar ajustes de asignación de ancho de banda.

## 2.3.- ETHERNET

### 2.3.1 Introducción a Ethernet.

Ethernet constituye toda una familia de protocolos de redes locales. Ethernet es uno de los protocolos de comunicación más antiguos para computadoras de área local (LANs), basada en tramas de datos, que posteriormente se convirtió en estándar. Ésta define las características de cableado y señalización a nivel físico, y los formatos de trama a nivel de enlace de datos del modelo OSI. Ethernet se ha calificado de protocolo “basado en la competencia”, porque todos los dispositivos conectados compiten por el uso de la red. Los fabricantes han ideado modos de evitar las colisiones, bautizados como CSMA/CD<sup>2</sup>. Actualmente se llama Ethernet a todas las redes cableadas que usen el formato de trama descrito más adelante, aunque no tenga CSMA/CD como método de acceso al medio.<sup>[27]</sup>

Ethernet, como término, se refiere a las aplicaciones de la familia de protocolos de redes que incluyen tres categorías principales.

- ✓ Ethernet IEEE 802.3.- Especificaciones de redes locales que operan a 10 o 100 Mbps sobre diferentes medios físicos (Coaxial, par tranzado o fibra). Comprende referencias como: 10/100, 100BaseFX, 10/100BaseT, 100BaseX y 10Base5, entre otras.
- ✓ 1000-Mbps Ethernet IEEE 802.3z.- Especificación 1000BaseX. También conocido como Gigabit Ethernet, se define para fibra monomodo y multimodo que opera a 1000 Mbps (1 Gbps) sobre fibra y cable de par trenzado.

---

<sup>2</sup> *Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection*, protocolo a través del cual la interfaz de comunicación de la estación de trabajo, estación que desea transmitir, envía los paquetes continuamente a la red para el caso en el cual el bus de comunicación está ocioso, o espera por intervalos consecutivamente mayores de tiempo, para el caso en que el bus este ocupado o haya ocurrido una colisión entre paquetes enviados en el momento inmediatamente anterior

- ✓ 10 Gbps Ethernet IEEE 802.3ae.- Una sola especificación de redes locales, también conocido como Diez Gigabit Ethernet que opera a 10.000 Mbps (10 Gbps) sobre fibra.

En la tabla 2-1 a continuación se muestra algunas características de los estándares 802.3z y 802.3ae de Ethernet.

Estándar	Especificación	Longitud de Onda [nm]	Tipo de Fibra	Ancho de Banda Modal [MHz-Km]	
				Distancia Máxima recomendada	
802.3z	1000BaseLH	1300 nm	9/10 monomodo	n/d	10 Km
802.3z	1000BaseLX	1300 nm	5 µm monomodo	n/d	3 Km
802.3z	1000BaseLX	1300 nm	62,5/125 µm monomodo	500	550 m
802.3z	1000BaseLX	1300 nm	9 µm monomodo	500	5 Km
802.3z	1000BaseSX	850 nm	62,5/125 µm multimodo	160	220 m
802.3z	1000BaseSX	850 nm	62,5/125 µm multimodo	200	275 m
802.3z	1000BaseSX	850 nm	50/125 µm multimodo	400	500 m
802.3z	1000BaseSX	850 nm	50/125 µm multimodo	500	500 m
802.3ae	10GBaseSR	850 nm	50/125 µm multimodo	n/d	300 m
802.3ae	10GBaseLR	1310 nm	9/10 monomodo	n/d	10 Km
802.3ae	10GBaseER	1550 nm	9/10 monomodo	n/d	40 Km
802.3u	100BaseFX	850 nm	62,5/125 µm multimodo	400	400

**Tabla 2-1. Especificaciones Ethernet**  
FUENTE: Diccionario Ilustrado de telecomunicaciones

### 2.3.2 Historia y antecedentes.

Aunque se trató originalmente de un diseño propietario de Digital Equipment Corporation (DEC), Intel y Xerox (DIX Ethernet), la tecnología fue estandarizada por la especificación IEEE 802.3, que define la forma en que los terminales de la red envían y reciben datos sobre un medio físico compartido que se comporta como un bus lógico, independientemente de su configuración física. Originalmente fue diseñada para enviar datos a 10 Mbps, aunque posteriormente ha sido perfeccionada para trabajar a 100 Mbps, 1 Gbps o 10 Gbps y se habla de versiones futuras de 40 Gbps y 100 Gbps. En sus versiones de hasta 1 Gbps utiliza el protocolo de acceso al medio CSMA/CD. <sup>[27]</sup>

Ethernet fue creado por Robert Metcalfe y otros en Xerox Parc, centro de investigación de Xerox. El diseño original funcionaba a 1 Mbps sobre cable coaxial grueso con conexiones vampiro en 10Base5. Para la norma de 10 Mbps se añadieron las conexiones en coaxial fino (10Base2, también de 50 ohmios, pero más flexible), con tramos conectados entre sí mediante conectores BNC (*British Naval Conector*); par trenzado categoría 3 (10BaseT) con conectores RJ45, mediante el empleo de *hubs* y con una configuración física en estrella; e incluso una conexión de fibra óptica (10BaseF). <sup>[27]</sup>

Los estándares sucesivos (100 Mbps o *Fast Ethernet*, Gigabit Ethernet, y 10 Gigabit Ethernet) abandonaron los coaxiales dejando únicamente los cables de par trenzado sin apantallar (UTP -*Unshielded Twisted Pair*-), de categorías 5 y superiores, y la fibra óptica. <sup>[27]</sup>

Ethernet es la capa física más popular de la tecnología LAN usada actualmente. Otros tipos de LAN incluyen *Token Ring 802.5*, *Fast Ethernet*, FDDI, ATM y *LocalTalk*. Ethernet es popular porque permite un buen equilibrio entre velocidad, costo y facilidad de instalación. Estos puntos fuertes, combinados con la amplia



aceptación en el mercado y la habilidad de soportar virtualmente todos los protocolos de red populares, hacen a Ethernet la tecnología ideal para la red de la mayoría de usuarios de la informática actual. <sup>[27]</sup>

Algunas características que han contribuido a la longevidad de Ethernet son <sup>[23]</sup>:

- ✓ **Simplicidad**: Es una plataforma que presenta bajo costo para el volumen de información transportada, es fiable y de fácil mantenimiento.
- ✓ **Flexibilidad**: Implementaciones de diferentes proveedores son interoperativas, trabajándose con poco software de apoyo, la adición de nuevos elementos de red es relativamente simple.
- ✓ **Facilidades de Operación con TCP/IP**: El protocolo más popular en comunicación de alto nivel.

Ethernet pasó por una serie de mejoras a lo largo de los últimos años que privilegiaron básicamente <sup>[27]</sup>:

- ✓ Avances en lo relativo al Control.
- ✓ Desempeño creciente (Mejores tasa de transmisión).
- ✓ Nuevas Funcionalidades, tales como: QoS –*Quality of Service*–, VLANs –*Virtual Local Area Networks*– y Seguridad.
- ✓ Diversidad de medios físicos de transmisión: Cable coaxial, par trenzado y Fibra óptica.
- ✓ Optimización en costos de producción/operación de la tecnología.

Como cronología en la evolución de las tecnologías de ethernet, se tiene lo siguiente:

1970	Primeras experiencias de redes broadcast en Hawaii: ALOHANET. Protocolos MAC ALOHA puro y ranurado.
22/5/1973	Robert Metcalfe y David Boggs conectan dos ordenadores Alto con cable coaxial a 2,94 Mbps en el Xerox Palo Alto Research Center, mediante una red denominada Ethernet.
Mayo 1975	Metcalfe y Boggs escriben un artículo describiendo Ethernet, y lo envían para su publicación a <i>Communications of the ACM</i> .
1976	Xerox crea SSD, una división para el desarrollo de los ordenadores personales y la red X-wire (nuevo nombre de Ethernet).
1979	Se constituye la alianza DIX (DEC-Intel-Xerox) para impulsar el desarrollo técnico y comercial de la red. Se vuelve al nombre original de Ethernet. Metcalfe abandona Xerox y crea 3Com.
Febrero 1980	El IEEE crea el proyecto 802.
Abril 1980	DIX anuncia al IEEE 802 que está desarrollando una tecnología de red local que pretende estandarizar.
Septiembre 1980	DIX publica Ethernet (libro azul) versión 1.0. Velocidad 10 Mbps.
	3Com fabrica primeras tarjetas Ethernet para PC.
1982	DIX publica Ethernet (libro azul) versión 2.0. 3Com produce las primeras tarjetas 10BASE2 para PC.
24/6/1983	IEEE aprueba el estándar 802.3, que coincide casi completamente con DIX Ethernet. El único medio físico soportado es 10BASE5.
1/1/1984	AT&T se subdivide en AT&T Long Lines y 23 BOCs (Bell Operating Companies). Los tendidos de cable telefónico internos de los edificios pasan a ser gestionados por los usuarios.
1984	DEC comercializa los primeros puentes transparentes
21/12/1984	ANSI aprueba el estándar IEEE 802.3.
1985	Se publica el estándar IEEE 802.3 ISO/IEC aprueba el estándar 8802-3, versión adaptada del IEEE 802.3. IEEE añade al estándar el cable 10BASE2. Primeros productos 10BASE-T de Synoptics.
1987	IEEE estandariza StarLAN (1BASE5, Ethernet a 1 Mbps con cable UTP). Comienza la estandarización de los puentes transparentes
1989	IEEE estandariza FOIRL (Fiber Optic Inter-Repeater Link)
1990	IEEE estandariza 10BASE-T. Primeros conmutadores Ethernet de Kalpana Se aprueba el estándar 802.1d (puentes transparentes)
Noviembre 1992	IEEE crea el grupo de estudio para redes de alta velocidad (100 Mbps)
1992	Primeros productos Fast Ethernet, fabricados por Grand Junction
1993	Primeros conmutadores Full Dúplex
Junio 1995	Se estandariza Fast Ethernet (100BASE-FX, 100BASE-TX y 100 BASE-T4)
Octubre 1995	IEEE crea el grupo de estudio para redes de 1 Gbps
Julio 1996	Se aprueba la 'task force' 802.3z para la estandarización de Gigabit Ethernet
Marzo 1997	Se escinde de la task force 802.3z la 802.3ab para la estandarización de 1000BASE-T (Gigabit Ethernet sobre cable UTP categoría 5).
1997	Se aprueba el estándar Ethernet full-dúplex (802.3x) Se publican los drafts 802.1p y 802.1Q (VLANs y prioridades) Primeros productos comerciales Gigabit Ethernet

29/6/1998	Se estandariza Gigabit Ethernet (802.3z) que comprende los medios físicos 1000BASE-SX, 1000BASE-LX y 1000BASE-CX.
Diciembre 1998	Se estandariza 100BASE-SX (Fast Ethernet mediante emisores láser en primera ventana sobre fibra multimodo).
Marzo 1999	Se estandariza 1000BASE-TX (Gigabit Ethernet sobre cable UTP-5).

**Tabla 2-2. Evolución de las Tecnologías Ethernet**  
FUENTE: [http://www.rediris.es/rediris/boletin/46-47/ponencia9.html]

### 2.3.3 Fundamentos de Ethernet.

Los datos transmitidos se encapsulan en un contenedor, que se llama **trama**. Este formato de trama define Ethernet. Históricamente, existen dos tipos de tramas:

- ✓ *802.3 Framing*, el cual usa el campo de longitud de trama (*Length*) después del campo de *Source Address*
- ✓ *Ethernet II (DIX) Framing*, usaba el campo de tipo de trama (*type*) después del campo *Source Address*

Ambos tipos de tramas están definidos y soportados dentro de IEEE 802.3

Como se observa en la Figura 2-1, una trama ethernet está constituida por siete componentes, siendo estos <sup>[27]</sup>:

- ✓ **Preámbulo**: El preámbulo es una secuencia de bits que se utiliza para sincronizar y estabilizar el medio físico antes de comenzar la transmisión de datos. Estos bits se transmiten en orden de izquierda a derecha y en la codificación Manchester representan una forma de onda periódica. El patrón del preámbulo es:

10101010 10101010 10101010 10101010 10101010 10101010 10101010

TRAMA DE ETHERNET						
<b>Preámbulo</b>	<b>SOF</b>	<b>Destino</b>	<b>Origen</b>	<b>Tipo</b>	<b>Datos</b>	<b>FCS</b>
7 Byte	1 Byte	6 Byte	6 Byte	2 Byte	1500 Byte	4 Byte

**Figura 2-1. Trama Protocolo Ethernet**  
FUENTE: [http://es.wikipedia.org/wiki/Ethernet]

- ✓ **SOF Delimitador del inicio de la trama (*Start-of-frame delimiter*):**  
Conformado por un *byte*, es un patrón de unos y ceros alternados que finaliza en dos unos consecutivos (10101011), indicando que el siguiente bit será el más significativo del campo de dirección de destino. Aun cuando se detecte una colisión durante la emisión del preámbulo o del SOF, se deben continuar enviando todos los bits de ambos hasta el fin del SOF.
  
- ✓ **Dirección de destino:** El campo de dirección destino es un campo de 48 bits (6 *bytes*) que especifica la dirección MAC de tipo EUI-48 hacia la que se envía la trama, pudiendo ser ésta la dirección de una estación, de un grupo *multicast* o la dirección de *broadcast*. Cada estación examina este campo para determinar si debe aceptar el paquete.
  
- ✓ **Dirección de origen:** El campo de la dirección de origen es un campo de 48 bits (6 *bytes*) que especifica la dirección MAC de tipo EUI-48 desde donde se envía la trama. La estación que deba aceptar el paquete, conoce a través de este campo, la dirección de la estación origen con la cual intercambiar datos.
  
- ✓ **Tipo:** Es un campo de 16 bits (2 *bytes*) que identifica el protocolo de red de alto nivel asociado con el paquete, o en su defecto, la longitud del campo de datos. Es interpretado en la capa de enlace de datos.

- ✓ **Datos**: El campo de datos contiene de 46 a 1500 Bytes. Cada Byte contiene una secuencia arbitraria de valores. El campo de datos es la información recibida del nivel de red.
  
- ✓ **FCS**: El campo Secuencia de verificación de la trama (*Frame Check Sequence*) contiene un valor de verificación CRC (código de redundancia cíclica) de 32 bits o 4 bytes, calculado por el dispositivo emisor en base al contenido de la trama y recalculado por el dispositivo receptor para verificar la integridad de la trama.

## 2.4.- REDES METRO ETHERNET

### 2.4.1 Introducción a Metro Ethernet

La Red Metro Ethernet, es una arquitectura tecnológica destinada a suministrar servicios de conectividad MAN/WAN de nivel 2. Estas redes se basan en sistemas multi-servicios, es decir, que soportan una amplia gama de servicios, aplicaciones y mecanismos donde se incluye tiempo real, *streaming* y flujo de datos continuo tales como audio y video <sup>[22]</sup>. En general el término Metro Ethernet se aplica a redes de Operador, las cuales pueden implementarse con varias opciones de transporte. <sup>[28]</sup>

Ethernet se ha convertido en una tecnología única para LAN, MAN y WAN proveyendo una arquitectura eficiente para redes de paquetes, punto a punto, punto multipunto y multipunto a multipunto, originalmente para entornos LAN, pero hoy ofrece independencia geográfica: Ethernet óptico, sobre IP o MPLS. <sup>[28]</sup>

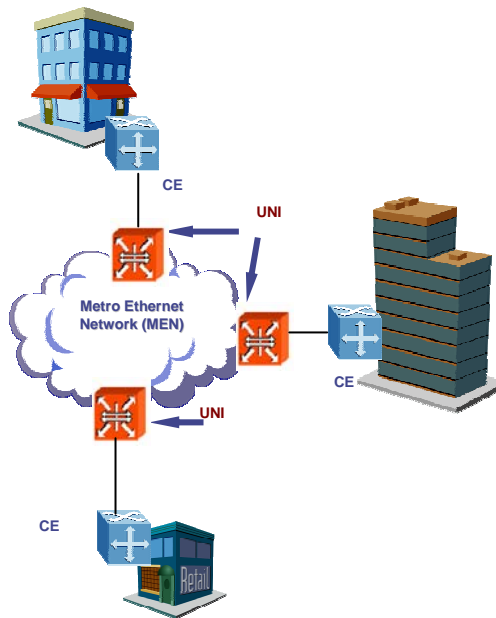
Algunas ventajas de las redes Metro Ethernet son las siguientes <sup>[22]</sup>:

- ✓ **Fácil uso**: Interconectando con Ethernet se simplifica las operaciones de red, administración, manejo y actualización.
- ✓ **Amplio uso**: se emplean interfaces Ethernet que son las más difundidas para las soluciones de *Networking*.
- ✓ **Bajo costo**: Los servicios Ethernet ofrecen un bajo costo en la administración, operación y funcionamiento de la red.
- ✓ **Ancho de banda**: Los servicios Ethernet permiten a los usuarios acceder a conexiones de banda ancha a menor costo.

- ✓ **Flexibilidad:** Las redes de conectividad mediante Ethernet permiten modificar y manipular de una manera más dinámica, versátil y eficiente, el ancho de banda y la cantidad de usuarios en corto tiempo.

## 2.4.2 Servicio Metro Ethernet

El modelo básico de los servicios Metro Ethernet, mostrado en la Figura 2-2, esta compuesto por una Red conmutada (*Metro Ethernet Network -MEN-*) que es ofrecida por el proveedor de servicios; los usuarios acceden a la red mediante CEs (*Customer Equipment -equipo de cliente-*) que se conectan a través de UNIs (*User Network Interface -interfaz de red de usuario-*) a velocidades de 10Mbps, 100Mbps, 1Gbps o 10Gbps. <sup>[20] [21]</sup>



**Figura 2-2. Modelo Básico Redes MEN**  
FUENTE: "Metro Ethernet Services – A Technical Overview"

Es posible tener múltiples UNIs conectadas a la MEN en una misma localidad. Los servicios pueden soportar una variedad de tecnologías y protocolos de transporte en la MEN tales como SONET, DWDM, MPLS, GFP, etc. <sup>[20] [21]</sup>

## **ETHERNET VIRTUAL CONNETION** <sup>[19]</sup> <sup>[20]</sup>

Un atributo clave para la distribución de servicios Ethernet es la conexión virtual ethernet (EVC -*Ethernet Virtual Connetion*-). El EVC es una asociación de dos o más UNIs, donde el UNI es la interfaz estándar Ethernet y el punto de demarcación entre el equipo cliente y el proveedor de servicio MEN. Un EVC tiene dos funciones: Conectar dos o más sitios (UNIs) habilitando la transferencia de tramas Ethernet entre ellos e impedir la transferencia de datos entre usuarios que no son parte del mismo EVC, permitiendo privacidad y seguridad.

Un EVC puede ser usado para construir redes Privadas Virtuales (VPN -*Virtual Private Network*-) de nivel 2. El MEF (Metro Ethernet Forum) ha definido dos tipos de EVC:

- ✓ Punto a Punto (E-Line).
- ✓ Multipunto a Multipunto (E-LAN)

## **DEFINICIÓN DEL SERVICIO** <sup>[20]</sup> <sup>[21]</sup>

El MEF ha definido dos tipos de conexiones:

- ✓ *Ethernet Line (E-Line) service Type*: Punto a Punto.
- ✓ *Ethernet LAN (E-LAN) service Type*: Multipunto a Multipunto.

Los tipos de servicio son realmente categorías “*umbrella*”. Para especificar completamente un servicio ethernet, los proveedores deben definir el tipo de servicio, UNI, EVC y los atributos asociados al tipo de servicio. Estos atributos pueden ser agrupados en las siguientes categorías:

- ✓ Interfaz física Ethernet
- ✓ Parámetros de tráfico
- ✓ Parámetros de desempeño
- ✓ Clase de servicio

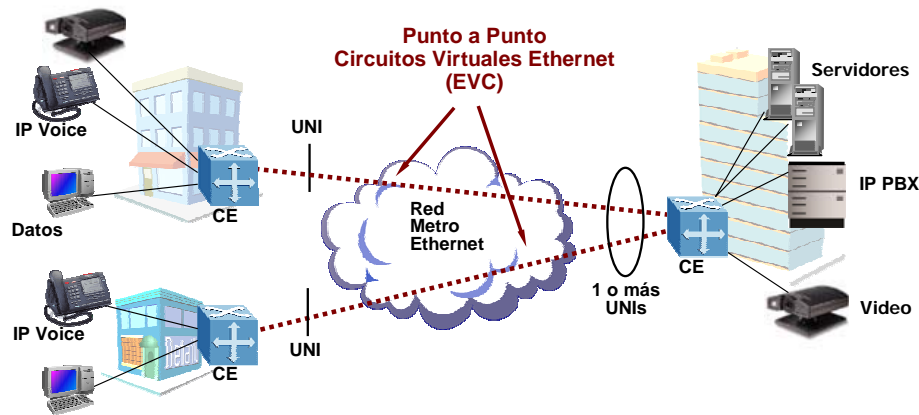


- ✓ Distribución de Servicios de trama
- ✓ Soporte de etiqueta (*Tag*) VLAN
- ✓ Servicio de Multiplexación
- ✓ *Bundling*
- ✓ Parámetros de seguridad

El MEF ha definido dos tipos básicos de servicios, los cuales serán descritos a continuación:

1) *Ethernet Line Service Type – Punto a Punto*

El servicio de línea Ethernet (*E-Line Services*) provee un EVC punto a punto entre dos UNIs (Ver Figura 2-3).



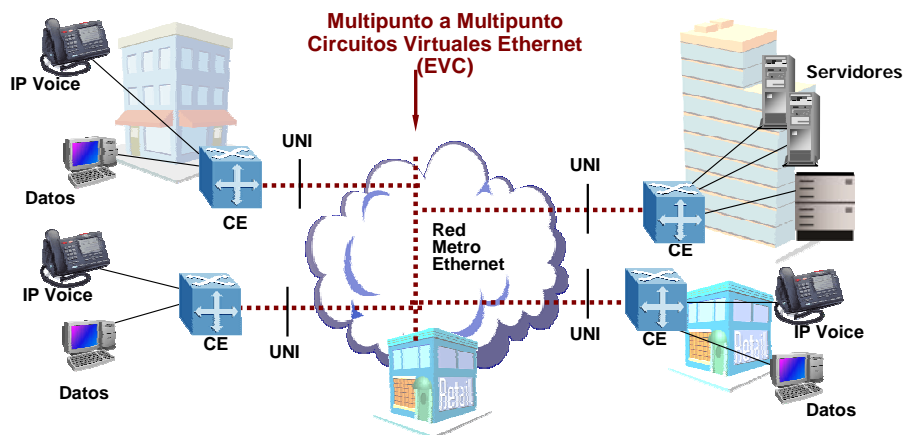
**Figura 2-3. Modelo Punto a Punto en Redes MEN**  
 FUENTE: "Metro Ethernet Services – A Technical Overview"

Un *E-Line Service* provee ancho de banda simétrico para envío de datos en ambas direcciones, sin asegurar desempeño. En forma más sofisticada, un *E-Line service* puede proveer un CIR (*Committed Information Rate*), un CBS (*Committed Burst Size*), un EIR (*Excess Information Rate*) y un EBS (*Excess Burst Size*) dependiendo

del proveedor de servicio. Estas características del servicio están relacionadas con los *delay*, *jitter* y la seguridad entre las diferentes velocidades de los UNIs

## 2) *Ethernet LAN Service Type* – Multipunto a Multipunto

*E-LAN services* provee conectividad multipunto - multipunto, conectando dos o más UNIs (Ver Figura 2-4). Un usuario envía datos de una UNI y puede recibir uno o más de otros UNIs. Cada sitio (UNI) es conectada a un EVC multipunto, y al agregar nuevos usuarios, éstos son conectados al mismo EVC multipunto, simplificando el aprovisionamiento y activación del servicio. Para un suscriptor, *E-LAN services* simula la MEN como una LAN.



**Figura 2-4. Modelo Multipunto a Multipunto en Redes MEN**

FUENTE: "Metro Ethernet Services – A Technical Overview"

Una E-LAN puede ser usada para crear un amplio rango de servicios. La E-LAN se usa para interconectar varios usuarios, mientras E-Line normalmente es usada para conectarse a Internet. Una E-LAN puede definir también CIR, CBS, EIR y EBS. La velocidad de cada puerto UNI puede ser diferente, por ejemplo, unos tendrán

velocidad de 100Mbps con un CIR de 10Mbps, mientras otros poseen 1Gbps con 40Mbps de CIR.

Un E-LAN puede ser usado para conectar solo dos UNIs, aunque parece similar a E-Line, hay algunas diferencias. En un servicio tipo E-Line, cuando un nuevo UNI es agregado, es necesario adicionar un nuevo EVC para conectar este nuevo usuario a uno de los UNIs existentes. En el caso de un servicio E-LAN, un nuevo punto de red (UNI) solo es necesario agregarlo al EVC multipunto existente, por lo que no se requieren EVC adicionales. Un E-LAN permite al nuevo sitio comunicarse con todos los otros UNI. Los servicios E-LAN pueden ser creados a partir de la conformación de VPNs en la red conmutada.

En general, un servicio tipo E-LAN puede interconectar un gran número de sitios sin la complejidad del entramado o concentración que implementan las tecnologías punto a punto como Frame Relay o ATM. Además, los servicios E-LAN pueden ser usados para crear un amplio rango de servicios tales como LAN privadas y servicios de redes virtuales privadas (VPLS –*Virtual Private Lan Services*-).

### **ATRIBUTOS DE LOS SERVICIOS METRO ETHERNET** <sup>[20][21]</sup>

Los atributos se definen como las capacidades de los diferentes tipos de servicio. Algunos atributos aplican a los puntos de acceso (UNI), mientras que otros a los canales virtuales (EVC). Entre ellos tenemos los siguientes:

- 1) Interfaces Física Ethernet

Para los puntos de acceso (UNI) aplican los siguientes atributos:

- ✓ **Medio físico**: son los especificados en el estándar 802.3-2000. Ejemplos de medios físicos incluye 10BaseT, 100BaseT, 1000BaseSX.

- ✓ **Velocidad**: las velocidades son las especificadas en el estándar Ethernet: 10Mbps, 100Mbps, 1Gbps y 10Gbps.
- ✓ **Modo**: un enlace puede soportar *full* o *half duplex* o autonegociación.
- ✓ **Capa MAC**: las especificadas en IEEE 802.3-2000.

## 2) Características del ancho de banda

Las características del ancho de banda, como atributo de un servicio, es el límite en la velocidad a la cual las tramas ethernet pueden atravesar los UNI. Pueden existir características en el ancho de banda tanto para las tramas entrantes como las salientes. El MEF ha definido los siguientes atributos de servicios para las características en el ancho de banda:

- ✓ Características en el ancho de banda entrante por UNI.
- ✓ Características en el ancho de banda entrante por EVC.
- ✓ Características en el ancho de banda entrante por identificador de CoS.

Este atributo consiste en cuatro (4) parámetros de tráfico descritos a continuación. Estos parámetros afectan el ancho de banda o en su caso, el rendimiento en la entrega de servicio. Para Metro Ethernet se tienen en cuenta los siguientes parámetros de tráfico para las características del ancho de banda:

- ✓ **CIR (Committed Information Rate)**: es la cantidad promedio de información comprometida que se ha transmitido, teniendo en cuenta los retardos, pérdidas, etc.
- ✓ **CBS (Committed Burst Size)**: es el tamaño de la información utilizado para obtener el CIR respectivo.

- ✓ **EIR (Excess Information Rate)**: especifica la cantidad de información mayor o igual que el CIR, hasta el cual las tramas son transmitidas sin pérdidas.
- ✓ **EBS (Excess Burst Size)**: es el tamaño de información que se necesita para obtener el EIR determinado.

### 3) Parámetros de desempeño

Los parámetros de desempeño afectan la calidad del servicio que es experimentado por el subscriptor. Los parámetros son los siguientes:

- ✓ **Retardo de trama**: son los retardos presentados en la transmisión, es un parámetro crítico y tiene un impacto significativo en la Calidad del Servicio (QoS) para las aplicaciones en tiempo real tales como telefonía IP. El retardo de trama se define como el máximo retardo medido en forma porcentual de la entrega satisfactoria de CIR. Los servicios que requieren un estricto desempeño en el retardo, pueden llegar a medir valores cerca de 99/100 en calidad. En general, el porcentaje de 95% es grande basado en las prácticas corrientes de la industria.
- ✓ **Jitter de trama**: también conocido como variación de los retardos (*delay*), es un parámetro crítico en las aplicaciones de tiempo real, como la telefonía IP y la transmisión de video. Mientras el *jitter* es un parámetro crítico para las aplicaciones en tiempo real, posee un efecto esencialmente positivo para el QoS de aplicaciones de datos en tiempo no real.
- ✓ **Perdida de trama**: es el porcentaje de tramas que no son transmitidas correctamente en un intervalo de tiempo, está definido como:

$$\left[ 1 - \frac{\# \text{ de Tramas entregadas al destino}}{\text{Total de Tramas enviadas}} \right] \times 100$$

La pérdida de trama tendrá un impacto diferente en el QoS dependiendo de la aplicación, servicio o protocolo de capa superior usado por dicho servicio.

#### 4) Clases de Servicios (CoS)

Las redes Metro Ethernet pueden ofrecer al usuario diferentes clases de servicio (CoS -*Classes of Service*-), gracias a diferentes indicadores de CoS (CoS IDs), tales como:

- ✓ Puerto físico.
- ✓ CE-VLAN CoS (802.1p).
- ✓ DiffServ/IP ToS

Los proveedores de servicio se esfuerzan por ofrecer diferentes parámetros de tráfico, ejemplo, un CIR para cada clase de servicio. Cada clase de servicio puede ofrecer diferentes niveles de desempeño, como retardos, *jitter* y tramas perdidas. Si un proveedor de servicio soporta múltiples clases de servicio entre UNIs, el tráfico y los parámetros de desempeño deben ser los especificados para cada clase. A continuación se muestra cada uno de los indicadores de clases de servicio anteriormente mencionados:

- ✓ **Puerto Físico**: en este caso, una única clase de servicio es provista por un puerto físico. Todo el tráfico que ingresa o sale del puerto recibe la misma clase de servicio. Esta es una forma simple de implementar las clases, pero es la que tiene menos excelencia de flexibilidad. Si el suscriptor requiere múltiples clases de servicio para sus tráficos, se separan tantos puertos físicos como sean requeridos, cada uno con su clase de servicio.

- ✓ **CE-VLAN CoS (802.1p)**: el MEF ha definido CE-VLAN CoS como la clase de servicio que utiliza 802.1Q para etiquetar las tramas. Cuando ésta se utiliza, hasta 8 clases de servicio pueden ser indicadas. El proveedor de servicio, con este indicador, podrá especificar el ancho de banda y los parámetros de desempeño para cada CoS.
  
- ✓ **DiffServ/IP ToS<sup>3</sup> Values**: este indicador puede ser usado para determinar la clase de servicio. IP ToS, en general, es usada para proveer 8 clases de servicio conocidas como prioridad IP. Prioridad IP es muy similar a la definición en 802.1p en IEEE 802.1Q cuando CoS es basada en prioridad de envío. DiffServ tiene definidos varios PHBs (*Per-hop behaviors*, o funcionamiento por saltos), que proveen una capacidad de calidad de servicio más robusta, en comparación con IP ToS y 802.1p. DiffServ provee 64 diferentes valores para determinar las clases de servicio. Casi todos los Routers y Switches soportan estas clases de servicio.

---

<sup>3</sup> *Type of Service* (Tipo de Servicio).

## 2.5.- MULTIPROTOCOL LABEL SWITCH

### 2.5.1 Introducción a MPLS

La conmutación Multicapa refiere a la integración de conmutación de Capa 2 con el enrutamiento de Capa 3. Hoy, muchos proveedores de servicio de Internet (ISP - *Internet Service Providers*) están usando un modelo de red en el cual una topología de enrutamiento lógica IP funciona sobre y es independiente de una topología de conmutación de Capa 2 subyacente (ATM o Frame Relay).<sup>[8]</sup>

Los conmutadores de Capa 2 proporcionan una conexión de gran velocidad, mientras los Routers IP en el extremo (Interconectados por una malla de circuitos virtuales de Capa 2) proveen la inteligencia para el envío de datagramas. La dificultad con este enfoque entre dos arquitecturas distintas yace en la complejidad de trazar los requerimientos en cuanto a definición y mantenimiento de dos topologías diferentes, los espacios de direccionamiento, el enrutamiento de protocolos, su señalización, y los esquemas de asignación de recursos. La importancia de las soluciones de conmutación Multicapa es parte de la evolución de Internet para disminuir la complejidad de la combinación de la conmutación de Capa 2 con el enrutamiento de Capa 3 en una solución totalmente integrada.<sup>[8]</sup>

Una solución en la conmutación Multicapa es MPLS (*Multiprotocol Label Switch* -conmutación por etiquetas multiprotocolo-), la cual es mayormente utilizado para transportar IP sobre cualquier protocolo de capa 2 del sistema OSI. MPLS ha evolucionado a partir de un método de comunicaciones desarrollado en exclusiva por Cisco System denominado conmutación por etiquetas (*Tag Switching*).<sup>[1]</sup>

MPLS es una tecnología reciente que es usada en numerosas redes centrales (*Core Networks*) que incluyen convergencias de redes de voz y datos. MPLS no



reemplaza al enrutamiento IP tradicional, más bien trabaja junto a ésta y futuras tecnologías de enrutamiento para proporcionar altas tasas en el envío de datos entre enrutadores conmutados por etiquetas (LSRs -*Label-Switched Routers*-) junto con la reserva en el ancho de banda para flujos de tráfico con diferentes requerimientos en Calidad de Servicio (QoS -*Quality of Service*-). MPLS refuerza los servicios que pueden proporcionarse con las redes de IP, al ofrecer Ingeniería de Tráfico, QoS y Redes Privadas Virtuales (VPNs -*Virtual Private Networks*-). <sup>[10]</sup>

Multiprotocol Label Switch (MPLS) se considera lo último en la evolución de las tecnologías de conmutación por paquetes, dado que permite una solución donde se integran transparentemente el control de los Router IP con la simplicidad de los conmutadores de Capa 2. Además, MPLS proporciona una base que permite el despliegue de Servicios de *Routing* de alto nivel dado que ofrece solución a un número de problemas, entre los cuales están <sup>[8]</sup>:

- ✓ MPLS administra los problemas de escalabilidad asociados con los actuales despliegues de los modelos IP sobre ATM.
- ✓ MPLS reduce las complejidades de funcionamiento de la red significativamente.
- ✓ MPLS facilita la creación de nuevas capacidades de enrutamiento, lo cual hace posible reforzar las técnicas de enrutamiento IP actuales.
- ✓ MPLS ofrece una solución bajo estándar que promueve interoperabilidad entre los operadores.

### **2.5.2 Visión General**

En sí, MPLS trata de emplear los conmutadores como *Routers Label Switching*. Por ejemplo, los conmutadores ATM ejecutan algoritmos de enrutamiento de la capa de red, y el envío de sus datos se basa en los resultados de esos algoritmos de

enrutamiento. No se necesita direccionamiento, ni direccionamiento específico para ATM. Los switches ATM que se emplean de esta manera son conocidos como ATM-LSRs.

Los puntos principales de MPLS son:

- ✓ Etiqueta: clasificación de paquetes que se enviarán por el mismo camino.
- ✓ Las etiquetas se asocian en la entrada de la red MPLS.
- ✓ El envío de paquetes se basa en la etiqueta.
- ✓ Las etiquetas se eliminan en la salida de la red MPLS.
- ✓ El criterio empleado para clasificar los paquetes en etiquetas se puede basar en una decisión local, al entrar en la red MPLS o en base a decisiones preestablecidas.
- ✓ Las etiquetas asignadas deben comunicarse a todos los nodos a lo largo del camino de la clase de paquetes asociados con la etiqueta.
- ✓ Las etiquetas pueden apilarse: un paquete puede tener varias etiquetas.
- ✓ LSR: router - conmutador que soporta MPLS.

Un paquete en una conexión de capa de red, viaja desde un Router al próximo, donde cada Router independientemente realiza el envío del paquete. Es decir, cada Router analiza la cabecera de cada paquete (*header*) y ejecuta un algoritmo de enrutamiento de capa de red en el *header*, con lo cual es posible definir el próximo salto del paquete.

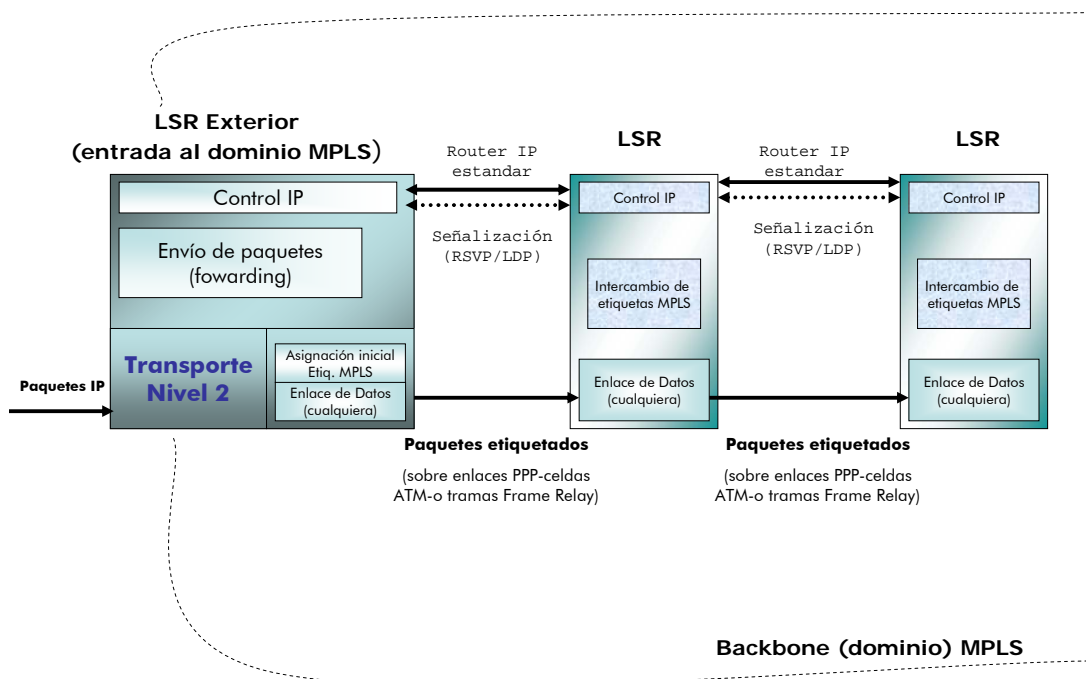
Las cabeceras de los paquetes contienen mucha más información que la necesaria para elegir el siguiente salto. Dicha elección puede pensarse como la composición de dos funciones:

- ✓ 1ª).- Realizar agrupaciones de todos los posibles paquetes en grupos denominados “*Forwarding Equivalence Classes*” (FECs –Clases de envío equivalentes-);
- ✓ 2ª).- Asociar a cada FEC un próximo destino.

En la medida de que cada decisión de envío sea acertada, diferentes paquetes quedarán trazados a un mismo FEC de forma inequívoca. Dado esto, ahora todos los paquetes que pertenezcan a un mismo FEC, y que viajan desde un nodo en particular seguirán un mismo camino (en el caso de que se esté usando un enrutamiento multi-camino, ellos seguirán al único grupo de caminos asociado con el FEC). En un envío convencional en IP, un router considera dos paquetes para un mismo FEC si existe alguna dirección con cierto prefijo "X" en la tabla de enrutamiento del router tal que ese "X" sea la mayor concordancia para la dirección de destino de cada paquete. A medida que el paquete continúe circundando por la red, cada Router reexamina el paquete y lo asigna a un FEC en particular. <sup>[11]</sup>

En MPLS, la asignación de un paquete particular a un FEC específico es realizado una sola vez: al momento en que un paquete entra en la red, tal como se muestra en la Figura 2-5. El FEC viene a ser como una "etiqueta". Cuando un paquete va a ser enviado al siguiente nodo, la etiqueta se envía con él; es decir, los paquetes se etiquetan antes de que sean enviados. <sup>[11]</sup>

En los nodos subsecuentes en el camino no se ha de realizar un análisis amplio al *header* del paquete en la capa de red. Más bien, la etiqueta se usa como un índice en las tablas, las cuales especifican al próximo salto, y por consiguiente, una nueva etiqueta. Posteriormente, la etiqueta vieja se reemplaza con la nueva etiqueta, y el paquete se remite a su siguiente salto. <sup>[11]</sup>



**Figura 2-5. Modelo de comunicación en MPLS**  
 FUENTE: Juniper Network. (2000): "Multiprotocol Label Switching"

A veces se desea forzar un paquete a seguir un camino determinado. Esto puede concebirse para llevar a cabo políticas de envío, o porque se está llevando a cabo ingeniería del tráfico. Para hacer esto posible, basta con que una etiqueta represente la ruta, todos los paquetes clasificados según ese criterio, seguirán la ruta que se ha creado con la etiqueta.

En el modelo de reenvío de MPLS, una vez que un paquete es asignado a un FEC, ningún análisis extenso es realizado por los subsecuentes Routers al *header*; conllevando a que todos los reenvíos se manejen por las etiquetas. Todo lo expuesto provee varias ventajas sobre los envíos convencionales ejecutados en la capa de red. <sup>[10]</sup>

En líneas generales, los pilares fundamentales comunes de las soluciones en conmutación Multicapa y MPLS son las siguientes <sup>[7]</sup>:

- ✓ La separación de los componentes de control y envío.
- ✓ Algoritmo de envío e intercambio de etiqueta.

### 2.5.3 Fundamentos de MPLS

#### DEFINICIONES <sup>[11]</sup>

1) Etiqueta (*Label*)

Es un identificador de longitud corta y constante que se emplea para identificar una Clase de Envío Equivalente (FEC), normalmente con carácter local.

2) LSR (*Label Switching Router* -Router conmutador de etiqueta-)

Es un dispositivo que realiza el envío de paquetes basándose en la información de la etiqueta del paquete recibido. Los LSR para poder realizar esto, poseen la componente de envío. En MPLS, un LSR corresponde a un nodo que es capaz de transmitir paquetes en la Capa 3 del modelo OSI.

3) FEC (*Forwarding Equivalence Class* -Clase de envío equivalente -)

Es un subconjunto de paquetes IP que son tratados de la misma manera por un Router. Podemos decir que en el enrutamiento convencional, cada paquete está asociado a un nuevo FEC en cada salto. En MPLS, esta operación sólo se realiza la primera vez que el paquete entra en la red.

4) LER (*Label Edge Router* -Router frontera de etiqueta-)

Es el dispositivo LSR Frontera entre IP y MPLS. Los LER deben poseer todas las funcionalidades de un LSR, y además capacidad para asociar FECs y nuevas etiquetas con los datagramas IP que entren en la red, o para asignar direcciones IP a los FEC de los paquetes etiquetados que salen de la red. Para ello dispone junto con la componente de envío, una componente de control, que se encarga de asignar el tráfico a un FEC y de asociar el FEC con etiquetas.

5) LSP (*Label Switched Path* -Camino conmutado de etiquetas-)

Corresponde al camino compuesto por uno o más LSRs, dentro de un nivel jerárquico, por el que circula un paquete perteneciente a un determinado FEC. Todos los paquetes pertenecientes a un mismo FEC circularán siempre por el mismo camino LSP.

6) Pila de etiquetas

Corresponde a un conjunto apilado de etiquetas que pueden circular con un paquete.

### **SEPARACIÓN DE COMPONENTES DE CONTROL Y ENVÍO**

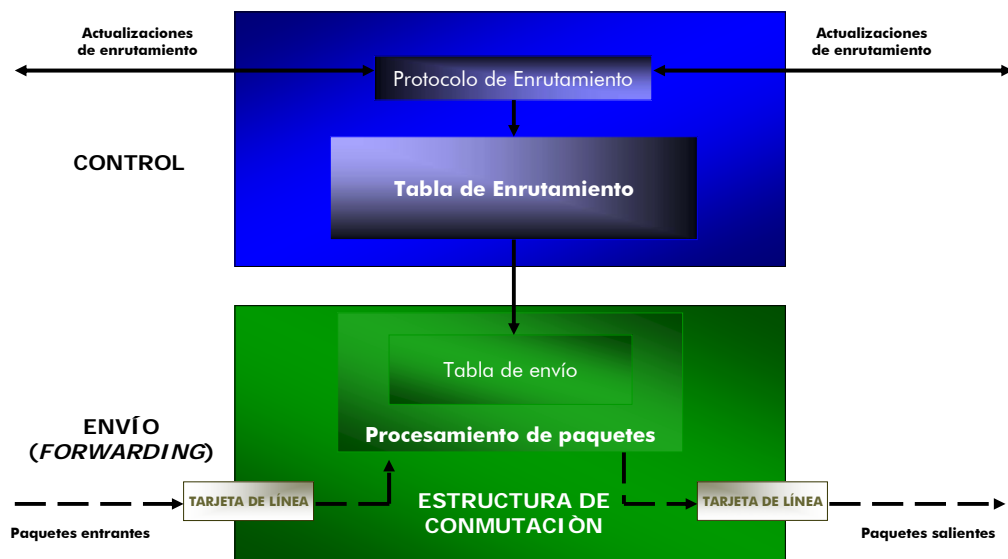
Todas las soluciones de conmutación Multicapa, incluido MPLS, están compuestas de dos componentes funcionales: una componente de control y una de envío (vea Figura 2-6).

El componente de control usa los protocolos de enrutamiento estandarizados (OSPF<sup>4</sup>, IS-IS<sup>5</sup> y BGP-4<sup>6</sup>) para intercambiar la información con otros Routers a fin de

---

<sup>4</sup> OSPF (*Open Shortest Path First* -abrir primero la ruta más corta-): Protocolo de enrutamiento de capa 3. Permite que los Routers identifique a otros dispositivos de su clase con el fin de utilizarlos como vías para enviar paquetes por una red.

crear y mantener una tabla de enrutamiento. Cuando los paquetes llegan, el componente de envío investiga en la tabla de enrutamiento, la cual es mantenida por la componente de control, con el fin de tomar una decisión en la asignación de ruta para cada paquete. Específicamente, el componente de envío examina la información contenida en la cabecera del paquete, busca en la tabla de enrutamiento el próximo salto, y dirige el paquete desde la interfaz de entrada a la interfaz de salida a través del sistema de conmutación interno del equipo. [8]



**Figura 2-6. Componentes de Control y Envío en MPLS**  
 FUENTE: Juniper Network. (2000): "Multiprotocol Label Switching"

Separando el componente de control completamente del componente de envío, cada uno de ellos puede desarrollarse independientemente y puede modificarse. El único requisito es que el componente de control continúe comunicándose con el componente de envío por medio de la tabla de enrutamiento de paquetes. [8]

<sup>5</sup> IS-IS (*Intermediate System to Intermediate System* -sistema intermedio a sistema intermedio-): Protocolo de enrutamiento por estado de enlace en el sistema de referencia OSI que se basa en el enrutamiento DECnet fase V.

<sup>6</sup> BGP-4 (*Border Gateway Protocol version 4* -protocolo de pasarela de borde versión 4-): Protocolo de enrutamiento interdominio que se usa predominantemente en Internet. Permite agregar las rutas contenidas en la memoria de los Routers, lo que permite reducir el tamaño de las tablas de enrutamiento.

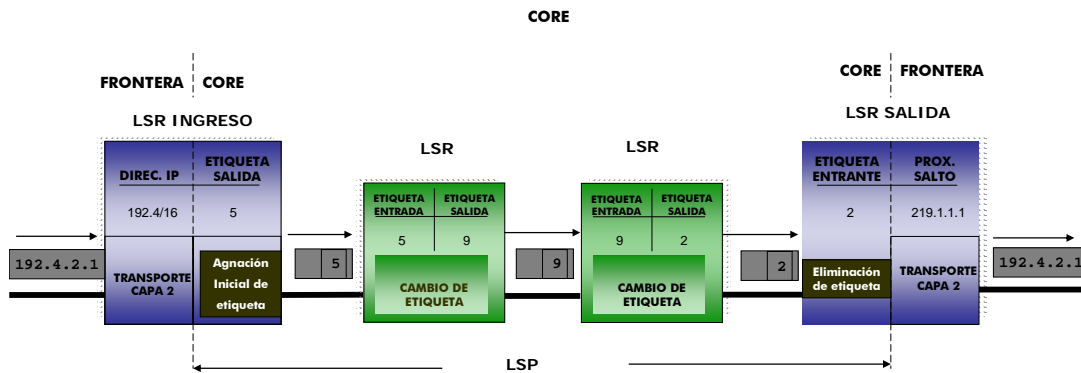
## ALGORITMO DE ENVÍO E INTERCAMBIO DE ETIQUETA

La componente de envío de mayormente todas las soluciones de conmutación Multicapa y MPLS, está basado en un algoritmo de envío e intercambio de etiquetas. Éste es el mismo algoritmo usado para el envío de datos en conmutadores ATM y FR. La señalización y distribución de etiqueta son fundamentales al funcionamiento del algoritmo. <sup>[8]</sup>

Una tabla de enrutamiento se construye a partir de la información de trazado que proporciona la componente de control, según se verá más adelante. Cada entrada de la tabla contiene un par de etiquetas entrada/salida correspondientes a cada interfaz de entrada, las cuales se utilizan para acompañar, con la misma etiqueta, a cada paquete que llega por esa interfaz (en los LSR exteriores sólo hay una etiqueta, de salida en el de cabecera y de entrada en el de cola). <sup>[11]</sup>

El algoritmo de envío e intercambio de etiqueta requiere la clasificación del paquete que ingresa en el borde de la red, a fin de asignar una etiqueta inicial a cada uno de ellos. Como se muestra en la Figura 2-7, el LSR de ingreso recibe un paquete sin etiqueta con una dirección del destino 192.4.2.1. El conmutador de etiqueta realiza una búsqueda en la tabla de enrutamiento hasta dar con un acierto y remite el paquete a un FEC (192.4/16). El switch de ingreso asigna entonces una etiqueta (con un valor de 5) al paquete, y lo envía al próximo salto por medio del camino conmutado de etiqueta LSP. <sup>[8]</sup>





**Figura 2-7. Esquema de intercambio de etiquetas en MPLS**

FUENTE: Juniper Network. (2000): "Multiprotocol Label Switching"

Un LSP es equivalente, funcionalmente, a un circuito virtual, ya que él define un camino ingreso-a-salida, a través de una red, tal que sea seguido por todos los paquetes asignados a un FEC específico. El primer switch en un LSP se llama conmutador de ingreso o fin de cabecera. El último conmutador de etiqueta en un LSP se llama conmutador de salida o fin de cola. [8]

En el centro de la red, los conmutadores de etiqueta ignoran la cabecera del paquete de capa de red y simplemente envían el paquete usando el algoritmo. Cuando un paquete etiquetado llega a un switch, el componente de envío usa el número de puerto de entrada y etiqueta para realizar una búsqueda en la tabla de enrutamiento. Cuando un acierto es encontrado, la componente de envío recupera la etiqueta saliente, la interfaz de salida, y la dirección del próximo salto desde la tabla de enrutamiento. El componente de envío entonces cambia (o reemplaza) la etiqueta entrante por la etiqueta saliente y dirige el paquete a la interfaz de salida para la transmisión al próximo salto en el LSP. [8]

Cuando el paquete etiquetado llega al conmutador de etiqueta de frontera, el componente de envío realiza una búsqueda en su tabla de enrutamiento. Si el próximo

salto no es un LSR, éste descarta la etiqueta y envía el paquete usando un convencional envío IP. <sup>[8]</sup>

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 se configuran en los distintos caminos LSP. Las etiquetas se insertan en cabeceras MPLS, entre los niveles de Capa 2 y Capa 3. Según las especificaciones del IETF, MPLS debe 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 VPI/VCI de ATM y DLCI de *Frame Relay*), se utilizan esos campos nativos para las etiquetas MPLS. Sin embargo, si la tecnología de nivel 2 empleada no soporta un campo para etiquetas (tal es el caso de los enlaces PPP o LAN), entonces se emplea una cabecera genérica MPLS de 4 octetos (32 bits), que contiene un campo específico para la etiqueta y que se inserta entre la cabecera del nivel 2 y la del paquete (nivel 3). <sup>[8]</sup>

La alternancia, o cambio, de etiqueta proporciona un número significativo de beneficios operacionales cuando es comparada con el enrutamiento salto-por-salto (*hop-by-hop*) en capas de red <sup>[8]</sup>:

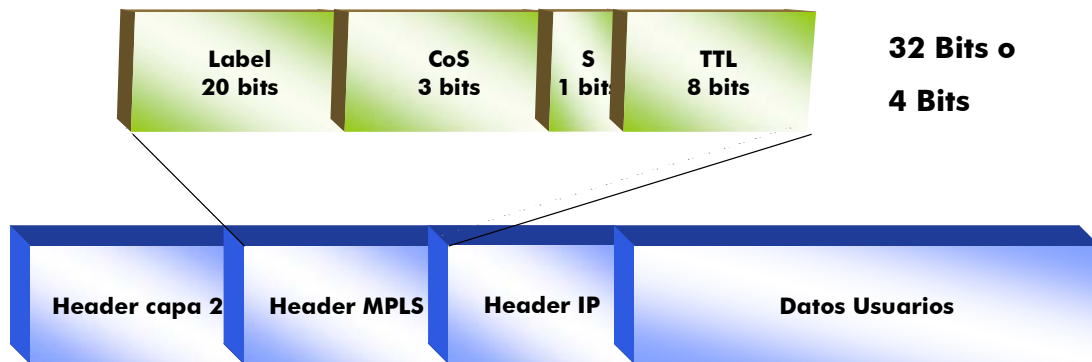
- ✓ La alternancia de etiqueta da una gran flexibilidad a un proveedor de servicio por la manera que se asignan los paquetes a un FECs. Por ejemplo, para simular un enrutamiento IP convencional, el LSR puede configurarse para asignar un paquete a un FEC basado en su dirección de destino. Sin embargo, también pueden asignarse los paquetes a un FEC basado en un número ilimitado de consideraciones, basadas exclusivamente en políticas: sólo en la dirección del emisor, en el tipo de aplicación, en el punto de entrada a la red, en el punto de salida de la red, en el CoS transmitido en la cabecera del paquete, o cualquier combinación de las anteriores.

- ✓ Los proveedores de servicio pueden construir LSPs personalizados que soporten requerimientos de aplicaciones específicas. Los LSPs puede diseñarse para: minimizar el número de saltos, considerar ciertos requerimientos en el ancho de banda, soportar requerimientos de alto desempeño, desviar los potenciales puntos de congestión, dirigir el tráfico fuera del camino predefinido anteriormente seleccionado por el IGP, o simplemente forzar el tráfico a cruzar por ciertos eslabones o nodos en la red.
- ✓ El beneficio más importante del algoritmo de envío e intercambio, es su habilidad de tomar cualquier tipo de tráfico del usuario, asociado con un FEC, y trazar el FEC a un LSP que ha sido diseñado específicamente para satisfacer los requerimientos de éste. El despliegue de tecnologías basadas en técnicas de envío por alternancia de etiquetas ofrece a los proveedores un excelente control sobre el flujo de tráfico de sus redes. Este nivel inaudito de control en una red da como resultado que ésta opere de forma más eficaz y proporcione un servicio más previsible.

### **EMPLEO DE ETIQUETAS**<sup>[11]</sup>

En la Figura 2-8, 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* (S) para poder apilar etiquetas de forma jerárquica
- ✓ 8 bits para indicar el TTL (*time-to-live* -tiempo de vida-) que sustenta la funcionalidad estándar TTL de las redes IP.



**Figura 2-8. Esquema de cabecera en MPLS**  
 FUENTE: Juniper Network. (2000): “Multiprotocol Label Switching”

De este modo, las cabeceras MPLS permiten cualquier tecnología o combinación de tecnologías de transporte, con la flexibilidad que esto supone para un proveedor IP a la hora de extender su red.

La conmutación de etiquetas es llevada a cabo asociando etiquetas con Clases de Envío Equivalentes (FEC), y empleando el valor de éstas para enviar paquetes, incluyendo la determinación del valor de cualquier etiqueta de reemplazo.

### LA PILA DE ETIQUETAS <sup>[11]</sup>

Es útil tener un modelo más general en el que un paquete etiquetado transporte cierto número de etiquetas, organizadas en una estructura de pila. A esta estructura se le denomina Pila de etiquetas.

Aunque MPLS soporta una estructura jerarquizada, el procesamiento de un paquete etiquetado es completamente independiente del nivel jerárquico. El procesamiento está siempre basado en la etiqueta de la cima, sin tener en cuenta que cierto número de etiquetas puedan haber estado anteriormente sobre ella en la pila, o que otras tantas estén bajo ella actualmente. Un paquete sin etiquetar se puede ver

como un paquete con la pila de etiquetas vacía. Si la profundidad de la pila de etiquetas es de profundidad  $m$ , nos referiremos a la etiqueta del fondo como 1, y a la de la cima como  $m$ . (nivel 1, nivel  $m$ ,...).

**ENTRADA DE ENVÍO DE ETIQUETAS AL SIGUIENTE SALTO (NHLFE - NEXT HOP LABEL FORWARDING ENTRY-)**<sup>[11]</sup>

Esta entrada es empleada cuando se desea envía un paquete etiquetado. Contiene la siguiente información:

- ✓ El siguiente salto del paquete.
- ✓ La operación de manejar la pila de etiquetas del paquete. Sobre la pila de etiquetas se puede realizar una de las siguientes operaciones:
  1. Sustituir la etiqueta de la cima por una nueva etiqueta específica.
  2. Extraer la etiqueta de la pila.
  3. Sustituir la etiqueta de la cima con una nueva etiqueta, y colocar una o más etiquetas nuevas en la pila.

También el NHLFE contiene:

- ✓ El encapsulado del enlace de datos a emplear cuando se transmita el paquete.
- ✓ El método para codificar la pila de etiquetas cuando se transmita el paquete.
- ✓ Alguna otra información necesaria para manejar el paquete adecuadamente.

Hay que tener en consideración que en un LSR, el siguiente salto del paquete puede ser él mismo. En este caso, el LSR necesitaría extraer la etiqueta de la cima y enviarse el paquete resultante a sí mismo. Tendría entonces que realizar otra decisión de envío, basada en la información que permanezca tras haber extraído la etiqueta de la pila. Es posible que haya quedado otro paquete etiquetado, o el paquete IP nativo.

Esto conlleva a que, en ciertos casos, el LSR pueda necesitar operar con la cabecera IP para poder reenviar el paquete. Si el siguiente salto del paquete es el LSR actual, entonces la operación sólo será extraer de la pila la etiqueta.

#### **MAPA DE ETIQUETAS ENTRANTES (ILM - INCOMING LABEL MAP-)**<sup>[11]</sup>

Este mapa traza cada etiqueta que entre a un conjunto de NHLFEs (Entrada de Envío de Etiquetas al Siguiete Salto). Es empleado cuando se reenvían paquetes que lleguen etiquetados.

Si el ILM mapea una etiqueta particular a un conjunto de NHLFEs que contiene más de un elemento, exactamente uno de los elementos de ese conjunto debe ser elegido antes de que se reenvíe el paquete. Los procedimientos de elección de un elemento del conjunto no se han definido aún. El mapeado de una etiqueta hacia un conjunto que contenga más de un NHLFE puede ser útil si, por ejemplo, se desea balancear la carga de la red sobre múltiples caminos con el mismo coste.

#### **MAPA DE FEC A NHFLE (FTN - FEC-TO-NHLFE MAP-)**<sup>[11]</sup>

Este mapa asocia cada FEC con un conjunto de NHLFEs. Se emplea para el envío de paquetes que han llegado sin etiquetas, pero que deben ser etiquetados antes de ser enviados. El comportamiento es análogo al mapa de etiqueta entrante (ILM).

#### **BASE DE INFORMACIÓN DE ENVÍO (FIB - FORWARDING INFORMATION BASE-)**<sup>[9]</sup>

En el software de los procesadores de red, las tablas base de información de envío (FIB) pueden programarse de forma sencilla. Las FIBs incluyen la entrada de envío de etiquetas al siguiente salto (NHLFE), el mapa FEC a NHLFE (FTN) y las tablas o

mapas de etiqueta entrante (ILM). Como se muestra en la Figura 2-9, el NHLFE es el fundamento de todas las tablas FIB.

ENTRADA DE ENVÍO DE ETIQUETAS AL SIGUIENTE SALTO (NHLFE)							
	IP Destino	Etiqueta	Acción	Puerto de salida	Prox. Salto	Puntero del FEC	Otra información
0	80.1.0.0/16	n/a	Pop	5	80.1.10.1	0x1000800	X
1	40.1.0.0/16	40	Push	4	40.1.10.1	0x1000400	X

REGLA ASIGNACIÓN IP A FEC				FTN		ILM			
	IP Destino	Puerto	FEC	FEC	Puntero del NHLFE	Etiqueta	Puerto de entrada	Puntero del NHLFE	Entrada del NHLFE
0	80.1.1.1	2	0	0	0x2000080	80	8	0x2000080	0
1	40.1.1.1	5	1	1	0x2000040	40	4	0x2000040	1

**Figura 2-9. Tabla Base de Información de Envío**  
FUENTE: Data Connection. (2004): "MPLS Virtual Private Networks"

Tanto las tablas FTN y ILM están asociadas a uno o más NHLFE. El FTN es usado cuando un paquete sin etiquetar (dirección IP 40.1.1.1 en la Figura 2-9) es recibido por un LSR de ingreso. El LSR puede ejecutar cualquier regla definida para asignar al paquete IP entrante un FEC específico. Una regla simple es la de asociar direcciones IP directamente a los FECs. Otras reglas incluyen clasificación basada en cualquier combinación del número de puertos de entrada, VCI/VPI de ingreso, direcciones IP de origen y destino, tipo de protocolo, y así sucesivamente. Una vez que el paquete sin etiqueta es clasificado a cierto FEC (en la Figura 2-9 se le asigna el FEC "1" a la dirección IP 40.1.1.1), entra en la tabla FTN, y el correspondiente NHLFE es consultado a fin de conocer la etiqueta de salida y puerto (lo cual se realiza mediante un puntero, indicando la ubicación -0x200040 en la Figura 4-9- en la memoria). Posteriormente, el paquete puede ser etiquetado y transmitido al siguiente LSR (por ejemplo, hacia la dirección IP 40.1.10.1 con una etiqueta de valor 40 tal como se muestra en la Figura 2-9).

La tabla ILM es utilizada cuando un paquete ya etiquetado es recibido. En este momento, el LSR de ingreso verifica primero la etiqueta (etiqueta 80 con dirección IP destino 80.1.1.1 como ejemplo en la Figura 2-9). Los paquetes entrantes con etiquetas

no válidas en la tabla ILM, o sin una entrada en el ILM, son siempre descartados para así evitar bucles en el sistema. La etiqueta puede emplearse como un indicador directo en el ILM, y éste proporciona una conexión a la entrada NHLFE apropiada (por ejemplo, NHLFE entrada “0” en Figura 2-9) para así conocer la información del puerto de salida, así como estructura y valores de encapsulación de Capa 2.

La decisión de si un paquete será etiquetado, se realiza cuando el paquete es recibido, y se hace según su formato y valor de Capa de enlace. Para un paquete sin etiquetar, la estructura de clasificación lo traza a un FEC y usa la tabla FTN para lograr catalogarlo en el NHLFE. Si el NHLFE indica un LSP válido para el paquete, el paquete pasa entonces a la estructura de etiquetado, en la cual se coloca (*push*) una etiqueta, y finalmente se transmite el paquete. Si el NHLFE no indica ningún LSP apropiado para el paquete, el paquete se envía a la estructura de envío para así asignar una ruta regular. Para un paquete ya etiquetado, la estructura de clasificación usa su ILM para averiguar el índice en el NHLFE, y envía el paquete a la estructura de etiquetado. Allí, se puede quitar (*pop*), colocar (*push*) o reemplazar la etiqueta según el valor en el NHLFE.

### **INTERCAMBIO DE ETIQUETAS (LABEL SWAPPING)**<sup>[11]</sup>

El intercambio de etiquetas es el procedimiento usado para el envío de un paquete.

Para el caso en que se reenvía un paquete ya etiquetado:

- ✓ Un LSR examina la etiqueta de la cima de la pila de etiquetas del paquete.
- ✓ Emplea el ILM (Mapa de Etiqueta Entrante) para asociar esta etiqueta con un NHLFE.
- ✓ Empleando la información del NHLFE, determina hacia dónde reenviar el paquete.



- ✓ Efectúa la operación que corresponda sobre la cima de la pila de etiquetas del paquete (quitar, colocar o reemplazar la etiqueta).
- ✓ Codifica la nueva cima de la pila en el paquete.
- ✓ Reenvía el paquete.

Para reenviar un paquete sin etiquetar:

- ✓ Un LSR analiza la cabecera del paquete proveniente de la capa de red para determinar el FEC del paquete.
- ✓ Emplea el FTN (Mapa de FEC a NHLFE) para asociarlo con un NHLFE.
- ✓ Empleando la información del NHLFE, determina hacia dónde reenviar el paquete.
- ✓ Efectúa la operación que corresponda sobre la cima de la pila de etiquetas del paquete.
- ✓ Codifica la nueva cima de la pila en el paquete
- ✓ Envía el paquete.

Es importante tener en cuenta que cuando está empleándose el intercambio de etiquetas, el siguiente salto va a venir dado siempre por la tabla NHLFE; esta información podrá ser diferente de la que se obtendría si no se estuviese empleando MPLS.

### CAMINO DE ETIQUETAS CONMUTADAS (LSP) <sup>[11]</sup>

Un camino de etiquetas conmutadas (LSP -*Label Switched Path*-) de nivel **m** para cierto paquete **P**, es una secuencia de Routers **R<sub>1</sub>,..., R<sub>n</sub>** con las siguientes propiedades:

- ✓ **R<sub>1</sub>**, Router de ingreso al LSP, pone una etiqueta en la pila de etiquetas de **P**, dando como resultado una pila de etiquetas de profundidad **m**.
- ✓ Para todos los puntos **i**, tal que  $1 < i < n$ , **P** posee una pila de etiquetas con profundidad **m** cuando es recibido por el LSR **R<sub>i</sub>**.

- ✓ En ningún momento durante el tránsito de **P** desde **R<sub>1</sub>** a **R<sub>[n-1]</sub>**, la pila de etiquetas tendrá una profundidad menor que **m**.
- ✓ Para todos los puntos *i*, tal que  $1 < i < n$ , **R<sub>i</sub>** transmite **P** a **R<sub>[i+1]</sub>** mediante MPLS, por ejemplo, empleando la etiqueta de la cima de la pila (la etiqueta de nivel **m**) como un índice en una tabla ILM.
- ✓ Para todos los *i*, tal que  $1 < i < n$  : si un sistema **S** recibe y reenvía **P**, tras haber sido transmitido por **R<sub>i</sub>** pero antes de haber sido recibido por **R<sub>[i+1]</sub>** (por ejemplo, **R<sub>i</sub>** y **R<sub>[i+1]</sub>** podría conectarse por medio de un enlace de datos conmutados en una subred, y **S** podrían ser uno de los conmutadores de ese enlace) entonces, la decisión de reenvío de **S** no estará basada en la etiqueta de nivel **m**, o en la etiqueta de la cabecera de la capa de red. Esto puede ser porque:
  1. La decisión no está del todo basada en la pila de etiquetas ni en la cabecera de la capa de red.
  2. La decisión está basada en una pila de etiquetas o sobre etiquetas adicionales que han sido añadidas (por ejemplo: en una etiqueta de nivel **m+k**).

Es decir, se puede hablar de un LSP de nivel **m**, para el paquete **P**, como a la secuencia de Routers:

- ✓ Que comienzan con un LSR (el Router de ingreso al LSP) que añade sobre el paquete **P** una etiqueta de nivel **m**.
- ✓ Todos aquellos LSR que toman las decisiones de reenvío en un nivel de etiquetas **m**.
- ✓ Que finaliza cuando un LSR (el Router de salida del LSP) realiza una decisión de envío sobre una etiqueta de nivel **m-k**, siendo  $k > 0$ , o cuando la decisión de reenvío es efectuada de forma común, sin procedimientos de envío basados en MPLS.

Una consecuencia de esto (o quizás una presuposición), es que siempre que un LSR coloca una etiqueta sobre un paquete ya etiquetado, necesitará asegurarse que la nueva etiqueta corresponde a un FEC, cuyo LSP de salida es el LSR que asignó la etiqueta que será ahora segunda en la pila.

Una secuencia de LSRs se llamará: "LSP para un particular FEC **F**", si el LSP es uno de nivel **m** para un paquete particular **P**, y la etiqueta de nivel **m** del paquete es una etiqueta que corresponde al FEC **F**.

La Figura 2-10 a continuación, muestra cómo funcionan los LSPs.



**Figura 2-10. Esquema de funcionamiento de LSP**  
 FUENTE: Juniper Network. (2000): "Multiprotocol Label Switching"

### EXTRACCIÓN DE ETIQUETAS EN EL PENÚLTIMO PASO <sup>[11]</sup>

Si  $R_1 \dots R_n$  es un LSP de nivel **m** para un paquete **P**, es posible transmitir **P** de  $R_{[n-1]}$  a  $R_n$  con una pila de etiquetas de profundidad **m-1**. Es decir, de la pila de etiquetas, es posible realizar la extracción de la etiqueta de nivel **m** (etiqueta que es cima de la pila para un LSP de nivel **m**) en el penúltimo LSR del camino, en lugar de realizarse en el Router de salida del LSP.

Desde el punto de vista de la arquitectura, esto es muy apropiado. El objetivo de la etiqueta de nivel  $m$  es llevar el paquete a  $R_n$ . Una vez que  $R_{[n-1]}$  ha decidido enviar en paquete a  $R_n$ , la etiqueta ya no tiene ninguna función, y no necesita ser transmitida más.

También se da una ventaja práctica al realizar la extracción en el penúltimo salto. Si ésta no se realiza, entonces cuando el LSP de salida recibe un paquete, mira primero la etiqueta de la cima de la pila, y determina tras esa búsqueda que él es el Router de salida para el LSP. Entonces deberá extraer de la pila y examinar lo que queda en el paquete. Si hay otra etiqueta en la pila, deberá buscarla y reenviar el paquete al resultado de esta búsqueda (en este caso, la salida del LSP de nivel  $m$  del paquete es además un nodo intermedio para el LSP de nivel  $m-1$ ). Si no existen más etiquetas en la pila, el paquete será reenviado en función de la dirección de destino de la capa de red. De modo que el LSR de salida debe realizar dos búsquedas, bien dos búsquedas de etiquetas, o bien una búsqueda de etiqueta seguida de otra búsqueda de dirección.

Si, por otro lado, se emplea la extracción por parte del penúltimo salto, entonces cuando éste penúltimo busque la etiqueta determinará:

- ✓ Que él es el penúltimo salto, y
- ✓ Quién es el siguiente salto.

El penúltimo, entonces extrae la etiqueta de la pila y envía el paquete basándose en la información de la etiqueta extraída. Cuando el Router de salida del LSP recibe el paquete, la etiqueta que es ahora cima, será la necesaria para buscar y realizar la decisión de envío. Realizándose entonces una única búsqueda en el LSP final, se mejora así la simplicidad del código de enrutamiento del router.

La creación de un envío "*fastpath*" en un producto conmutador de etiqueta puede ayudar grandemente, si éste entiende que con sólo una búsqueda en la pila es suficiente. Esto hace posible que:

- ✓ El código de enrutamiento pueda simplificarse.
- ✓ El código de enrutamiento pueda basarse en un "presupuesto de tiempo" (*time budget*), dando por hecho que solo una búsqueda es requerida.

Sin embargo, algunos hardware de conmutación no pueden extraer la etiqueta de la cima de la pila en el penúltimo salto, de modo que este método no puede ser utilizado de forma universal y exclusiva. Un LSR con capacidades para extraer de la cima de la pila, deberá hacerlo cuando sea requerido por su extremo en la distribución *downstream* de la etiqueta.

### **SIGUIENTE SALTO EN EL LSP**<sup>[11]</sup>

El siguiente salto para un paquete etiquetado corresponde al LSR que es el siguiente salto, obtenido de la entrada NHLFE para el envío del paquete. El siguiente salto para un FEC, será el siguiente salto obtenido de la entrada NHLFE indexada por una etiqueta que corresponde a ese FEC.

### **CONTROL DE LSP: ORDENADO O INDEPENDIENTE**<sup>[11]</sup>

Algunos FECs corresponden a prefijos de direcciones que son distribuidos por medio de un algoritmo de asignación de ruta dinámico. La conformación de LSPs para estos FECs puede realizarse de dos maneras, mediante Control LSP independiente o Control LSP ordenado:

- ✓ **Independiente**: cada LSR realiza decisiones independientes para asociar una etiqueta a un FEC, y para distribuir posteriormente esta asociación al resto de los puntos. Funcionando de manera similar a los Routers IP.

- ✓ **Ordenado**: un LSR podrá realizar estas asociaciones si se trata del LSR de salida de ese FEC, o si ya había recibido una asociación de etiqueta para ese FEC desde su siguiente salto. Este modo de control deberá ser empleado si se desea asegurar que el tráfico en un FEC particular siga un camino con ciertas propiedades especificadas: que el tráfico no pase por algún nodo dos veces, asignar ciertos recursos a ese camino, o que el tráfico pase por un camino concreto.

Ambos métodos pueden operar entre sí. Sin embargo, a no ser que todos los LSRs estén empleando el control ordenado, el comportamiento en general de la red será el de control independiente.

### **AGREGACIÓN** <sup>[11]</sup>

Una manera de segmentar el tráfico en FECs es creando un FEC diferente para cada prefijo de direcciones que aparezcan en la tabla de enrutamiento. Sin embargo, dentro de un dominio MPLS, esto puede dar lugar a un conjunto de FECs de tal forma que todo el tráfico de esos FECs siga la misma ruta. En este caso, dentro del dominio MPLS, la unión de esos FECs es en sí un solo FEC. Esto crea diferentes cuestiones: ¿debería asociarse una etiqueta diferente para cada FEC componente?, o ¿debería asociarse una sola etiqueta con la unión de todos?

Se denomina agregación a este proceso de asociar una sola etiqueta con un conjunto de FECs. La principal ventaja de la agregación es la reducción en el número de etiquetas necesarias, y del número de mensajes de control necesarios para la distribución de estas etiquetas.

## SELECCIÓN DE RUTA <sup>[11]</sup>

Es el método empleado para seleccionar el camino (LSP) para un FEC en concreto. Existen dos opciones para seleccionar una ruta:

- ✓ **Routing salto a salto**: cada nodo puede elegir el siguiente salto para cada FEC. Esta es la manera de funcionamiento en las redes IP.
  
- ✓ **Routing explícito**: el LSR de entrada (inicio del LSP) o el LSR de salida (fin del LSP) especifica varios (o todos) los LSRs del camino. Este método puede ser útil para llevar a cabo políticas de *routing* e ingeniería de tráfico. En MPLS, el *routing* explícito debe ser especificado en el momento en que son asignadas las etiquetas, más no tiene que ser especificado con cada paquete IP, lo que lo hace mucho más eficiente que el *routing* por IP. La secuencia de LSRs puede ser elegida por configuración o de forma dinámica por un nodo (por ejemplo, el nodo de salida puede emplear la información de la topología aprendida desde una base de datos de enlaces, para calcular el recorrido completo del camino que finaliza en él mismo).

## TIEMPO DE VIDA TTL <sup>[11]</sup>

MPLS debe tener en cuenta el campo TTL para:

- ✓ Eliminar posibles bucles.
- ✓ Realizar otro tipo de funciones, como limitar el alcance del paquete o dar funcionalidad a comandos del tipo *traceroute*.

Cuando un paquete viaja por un camino LSP, debería salir con el mismo valor de TTL que tendría si hubiera pasado por la misma secuencia de Routers. Si el paquete

viaja por una jerarquía de LSPs, el número total de saltos se debería ver reflejado en el TTL.

La manera de controlar este TTL varía según la codificación del paquete:

- ✓ Si la etiqueta está codificada en una cabecera reflejo entre las cabeceras de enlace y red, esta etiqueta deberá tener un campo TTL que se inicializa a la cabecera de la capa de red y va yendo en decremento en cada salto LSR. También deberá copiarse de nuevo en la cabecera de la capa de red al acabar el recorrido del camino LSP.
- ✓ Si se están utilizando las cabeceras de la capa ATM AAL5 para codificar las etiquetas (campos VPI/VCI), y los paquetes etiquetados están siendo enviados por *switches* ATM (la capa de enlace de datos no tiene campo TTL), entonces no se podrá emplear el campo TTL.

A veces es posible determinar el valor TTL a partir del ingreso de un paquete a cierto LSP sin capacidades para TTL, cuando el TTL del paquete en particular expire antes de que éste alcance el final del segmento LSP no TTL. Para ello deberán desarrollarse procedimientos especiales, por ejemplo, los paquetes *traceroute* pueden ser enviados empleando envío salto a salto convencional.

### **CODIFICACIÓN DE ETIQUETAS**<sup>[11]</sup>

Para transmitir una pila de etiquetas junto con el paquete al que pertenecen, se necesita definir una codificación específica para la pila de etiquetas. La arquitectura soporta varias codificaciones diferentes: hardware o software específico para MPLS, ATM, *Frame Relay*.

Es posible que dentro de un LSP existan diferentes técnicas de codificación: cuando llega un paquete a un LSR, éste deberá: decodificarlo para determinar el valor actual de la pila de etiquetas, entonces deberá operar sobre la pila para determinar el



nuevo valor de ésta, y posteriormente codificar el nuevo valor de forma apropiada, antes de transmitir el paquete etiquetado a su siguiente salto.

### MEZCLA DE ETIQUETAS<sup>[11]</sup>

Un LSR tiene capacidades de mezcla de etiquetas si puede recibir dos paquetes desde diferentes interfaces de entrada y/o con diferentes etiquetas, y enviarlos por la misma interfaz de salida con la misma etiqueta. Una vez que los paquetes son transmitidos, la información que éstos llevaban de las diferentes interfaces y/o de las etiquetas de entrada se pierde.

Un LSR no tiene capacidades de mezcla de etiquetas si para cualquier pareja de paquetes que reciba desde diferentes interfaces, o con diferentes etiquetas, los paquetes deben ser transmitidos por diferentes interfaces, o deben tener etiquetas diferentes. Los LSRs-ATM que emplean codificación del SVC o el SVP no tienen capacidad de mezcla de etiquetas.

Del mismo modo, si un LSR no puede mezclar etiquetas, entonces si llegan dos paquetes del mismo FEC con distintas etiquetas de entrada deberán ser reenviadas con etiquetas de salida diferentes. Al poseer capacidad de mezcla de etiquetas sólo se necesitaría una etiqueta para el envío. Sin capacidad de mezcla de etiquetas, el número de etiquetas necesario podría llegar a ser igual al número de nodos en la red.

### TÚNELES Y JERARQUÍAS<sup>[11]</sup>

A veces un Router **Ru** (Router *Upstream*) realiza una acción que causa el llevar un paquete determinado a otro Router **Rd** (Router *Downstream*), incluso aunque **Ru** y **Rd** no sean consecutivos en el camino para ese paquete, y **Rd** no es el último destino del paquete. Por ejemplo, esto puede suceder al encapsular el paquete en un paquete

de la capa de red cuya dirección de destino sea la dirección de **Rd**. Esto crea un túnel desde **Ru** a **Rd**.

1) Túnel enrutado salto a salto

Es el túnel por el que circula un paquete que siga el camino salto a salto desde **Ru** a **Rd**.

2) Túnel enrutado explícitamente

Es el túnel por el que circula un paquete que siga un camino diferente del camino salto a salto desde **Ru** a **Rd**. Por ejemplo, se podría enviar un paquete a través de este tipo de túneles, encapsulándolo dentro de un paquete que es enrutado por el origen.

3) Túneles LSP

Se puede implementar un túnel como un LSP, y emplear la conmutación de etiquetas en lugar de la encapsulación de capa de red que cause la transmisión del paquete a través del túnel. El túnel sería un camino LSP  $\langle \mathbf{R}_1, \mathbf{R}_2, \dots, \mathbf{R}_n \rangle$ , en donde  $\mathbf{R}_1$  es el punto de transmisión del túnel y  $\mathbf{R}_n$  el de recepción. A este tipo de túneles se les denomina túneles LSP.

El conjunto de paquetes que van a ser enviados por el túnel LSP constituye un FEC, y cada LSR del túnel deberá asignar una etiqueta a ese FEC. El criterio para asignar un paquete con un túnel LSP se hace de manera local en el punto de transmisión  $\mathbf{R}_1$ . Para poner un paquete en el túnel, éste deberá poner una etiqueta en la pila de etiquetas, y enviar el paquete etiquetado al siguiente salto del túnel.

Un Túnel LSP enrutado salto a salto, es un túnel que ha sido implementado como un camino LSP enrutado salto a salto entre el punto de transmisión y el de recepción.

Un Túnel LSP enrutado explícitamente, es un túnel LSP que se comporta también como un LSP con enrutado explícito.

#### 4) Jerarquía : Túneles LSP dentro de los LSPs

Consideremos un camino LSP  $\langle \mathbf{R}_1, \mathbf{R}_2, \mathbf{R}_3, \mathbf{R}_4 \rangle$ . Supongamos que  $\mathbf{R}_1$  recibe un paquete sin etiquetar  $\mathbf{P}$ , y pone en su pila una etiqueta que le hace seguir este camino, siendo el camino salto a salto. Sin embargo, supongamos también que  $\mathbf{R}_2$  y  $\mathbf{R}_3$  no están conectados directamente, sino que son vecinos mediante un túnel LSP. De tal modo que la secuencia real que seguirá  $\mathbf{P}$  será:  $\mathbf{R}_1, \mathbf{R}_2, \mathbf{R}_{2-1}, \mathbf{R}_{2-2}, \mathbf{R}_{2-3}, \mathbf{R}_3, \mathbf{R}_4$ .

Cuando  $\mathbf{P}$  viaja de  $\mathbf{R}_1$  a  $\mathbf{R}_2$ , tendrá una pila de profundidad 1.  $\mathbf{R}_2$ , al conmutar el paquete, determina que debe entrar en el túnel. Para ello, sustituye la etiqueta de entrada con una etiqueta que  $\mathbf{R}_3$  pueda entender. Luego pone encima de la pila una etiqueta nueva. Esta etiqueta de nivel 2 tendrá un valor que  $\mathbf{R}_{2-1}$  podrá entender. Los Routers  $\mathbf{R}_{2-1}, \mathbf{R}_{2-2}, \mathbf{R}_{2-3}$  conmutarán esta última etiqueta de nivel 2.  $\mathbf{R}_{2-3}$ , que es el penúltimo salto en el túnel  $\mathbf{R}_2\text{-}\mathbf{R}_3$ , extrae de la pila esta etiqueta antes de reenviar el paquete a  $\mathbf{R}_3$ . Cuando  $\mathbf{R}_3$  comprueba el paquete  $\mathbf{P}$ , este tendrá ya un solo nivel en la pila (ya ha salido del túnel). Igualmente, como  $\mathbf{R}_3$  es el penúltimo salto en el LSP inicial, extraerá la etiqueta que queda en la pila, y  $\mathbf{R}_4$  recibirá el paquete  $\mathbf{P}$  sin etiquetar.

### PUNTOS FINALES (PEERS) EN LA DISTRIBUCIÓN DE ETIQUETAS Y JERARQUÍA <sup>[11]</sup>

Supongamos que el paquete  $\mathbf{P}$  viaja por un LSP de nivel 1  $\langle \mathbf{R}_1, \mathbf{R}_2, \mathbf{R}_3, \mathbf{R}_4 \rangle$ , y pasando por  $\mathbf{R}_2$  y  $\mathbf{R}_3$  viaja por un LSP de nivel 2  $\langle \mathbf{R}_2, \mathbf{R}_{2-1}, \mathbf{R}_{2-2}, \mathbf{R}_3 \rangle$ . Desde la perspectiva del LSP de nivel 2, el extremo de distribución (*peer*) de la etiqueta en  $\mathbf{R}_2$  es  $\mathbf{R}_{2-1}$ . Desde la perspectiva del LSP de nivel 1, los extremos de distribución de la etiqueta en  $\mathbf{R}_2$  son  $\mathbf{R}_1$  y  $\mathbf{R}_3$ . Se pueden tener extremos de distribución de etiquetas en

cada capa de la jerarquía. En la descripción anterior,  $R_2$  y  $R_{2-1}$  deben ser vecinos (*neighbors*) bajo algún protocolo IGP, pero no necesariamente deben serlos,  $R_2$  y  $R_3$ .

La arquitectura MPLS soporta dos métodos para distribuir las etiquetas en las distintas capas de la jerarquía. *Peering* explícito y *Peering* implícito.

- ✓ **Peering explícito**: se distribuyen las etiquetas a un extremo, o *peer*, mediante el envío de mensajes de protocolo de distribución de etiquetas (tal como RSVP) que son direccionados hacia éstos, tal y como se haría la distribución de etiquetas para puntos locales. Esta técnica es más útil cuando:
  1. El número de nodos de distribución de etiquetas es pequeño.
  2. El número de enlaces de etiquetas de nivel superior es grande.
  3. Los nodos de distribución de etiquetas se encuentran en distintas áreas de enrutamiento o dominios.
  
- ✓ **Peering implícito**: este método no envía mensajes de protocolo de distribución de etiquetas direccionados hacia los extremos, más bien, a fin de distribuir las etiquetas de nivel superior a los *peers* respectivos, la etiqueta de nivel más alto es codificada como un atributo de la etiqueta del nivel más bajo, y se distribuye entonces ésta última, junto con su atributo, a los puntos locales de distribución de etiquetas. Este proceso se repite hasta que la información alcanza el extremo remoto. Esta técnica es más útil cuando el número de nodos de distribución de etiquetas es grande. Por el contrario, esta técnica requiere que los nodos intermedios almacenen información sobre la cuál no estén directamente interesados.

## **TRANSPORTE DEL PROTOCOLO DE DISTRIBUCIÓN DE ETIQUETAS** <sup>[11]</sup>

Se emplea un protocolo de distribución entre los nodos de una red MPLS para establecer y mantener los enlaces con las etiquetas. Para que éste sea correcto, la información deberá ser transmitida:

- ✓ De manera fiable.
- ✓ Secuencialmente, y además:
- ✓ Es deseable un control de flujo.
- ✓ Es deseable poder transmitir varios mensajes en un solo datagrama.

Una buena forma de conseguir estos objetivos es emplear TCP como la capa de transporte. Las soluciones MPLS-RSVP (RSVP-TE), MPLS-LDP y MPLS-BGP han optado por este método.

### **2.5.4 Aplicaciones MPLS**

Las principales aplicaciones que hoy en día tiene MPLS son:

- ✓ Ingeniería de tráfico.
- ✓ Diferenciación de niveles de servicio mediante clases (CoS).
- ✓ Servicio de redes privadas virtuales (VPN).

Veamos brevemente las características de estas aplicaciones, y las ventajas que MPLS supone para ello frente a otras soluciones tradicionales.

## **INGENIERÍA DE TRÁFICO** <sup>[11]</sup>

El objetivo básico de la ingeniería de tráfico es adaptar los flujos de tráfico a los recursos físicos de la red. La idea es equilibrar de forma óptima la utilización de esos recursos, de manera que no haya algunos que estén suprautilizados, con posibles

puntos calientes y cuellos de botella, mientras otros puedan estar subutilizados. A comienzos de los 90 los esquemas para adaptar de forma efectiva los flujos de tráfico a la topología física de las redes IP eran bastante rudimentarios. Los flujos de tráfico siguen el camino más corto calculado por el algoritmo IGP correspondiente. En casos de congestión de algunos enlaces, el problema se resolvía a base de añadir más capacidad a los enlaces. La ingeniería de tráfico consiste en trasladar determinados flujos seleccionados por el algoritmo IGP sobre enlaces más congestionados, a otros enlaces más descargados, aunque estén fuera de la ruta más corta (con menos saltos). MPLS es una herramienta efectiva para esta aplicación en grandes *backbones*, ya que:

- ✓ Permite al administrador de la red el establecimiento de rutas explícitas, especificando el camino físico exacto de un LSP.
- ✓ Permite obtener estadísticas de uso LSP, que se pueden utilizar en la planificación de la red y como herramientas de análisis de cuellos de botella y carga de los enlaces, lo que resulta bastante útil para planes de expansión futura.
- ✓ Permite hacer “encaminamiento restringido” (*Constraint-based Routing*, CBR), de modo que el administrador de la red pueda seleccionar determinadas rutas para servicios especiales (distintos niveles de calidad). Por ejemplo, con garantías explícitas de retardo, ancho de banda, fluctuación, pérdida de paquetes, etc.

La ventaja de la ingeniería de tráfico MPLS es que se puede hacer directamente sobre una red IP, al margen de que haya o no una infraestructura ATM por debajo, todo ello de la manera más flexible y con menores costes de planificación y gestión para el administrador, y con mayor calidad de servicio para los clientes.

### **CLASES DE SERVICIOS (COS)** <sup>[11]</sup>

MPLS está diseñado para poder cursar servicios diferenciados, según el Modelo DiffServ del IETF. Este modelo define una variedad de mecanismos para poder

clasificar el tráfico en un reducido número de clases de servicio, con diferentes prioridades. Según los requisitos de los usuarios, DiffServ permite diferenciar servicios tradicionales tales como el WWW, el correo electrónico o la transferencia de ficheros (para los que el retardo no es crítico), de otras aplicaciones mucho más dependientes del retardo y de la variación del mismo, como son las de video y voz interactiva. Para ello se emplea el campo ToS (*Type of Service*), rebautizado en DiffServ como el octeto DS. Esta es la técnica QoS de marcar los paquetes que se envían a la red.

MPLS se adapta perfectamente a ese modelo, ya que las etiquetas MPLS tienen el campo EXP para poder propagar la clase de servicio CoS en el correspondiente LSP. De este modo, una red MPLS puede transportar distintas clases de tráfico, ya que:

- ✓ El tráfico que fluye a través de un determinado LSP se puede asignar a diferentes colas de salida en los diferentes saltos LSR, de acuerdo con la información contenida en los bits del campo EXP.
- ✓ Entre cada par de LSR exteriores se pueden provisionar múltiples LSPs, cada uno de ellos con distintas prestaciones y con diferentes garantías de ancho de banda. Por ejemplo, un LSP puede ser para tráfico de máxima prioridad, otro para una prioridad media y un tercero para tráfico *best-effort*, tres niveles de servicio: primera, preferente y turista, que, lógicamente, tendrán distintos precios.

### **REDES PRIVADAS VIRTUALES (VPNS)** <sup>[10]</sup>

Una red privada virtual (VPN -*Virtual Private Network*-) se construye a base de conexiones realizadas sobre una infraestructura compartida, con funcionalidades de red y de seguridad equivalentes a las que se obtienen con una red privada. El objetivo de las VPNs es el soporte de aplicaciones intra/extranet, integrando aplicaciones multimedia de voz, datos y video sobre infraestructuras de comunicaciones eficaces y rentables. La seguridad supone aislamiento, y “privada” indica que el usuario “cree”

que posee los enlaces. Las IP VPNs son soluciones de comunicación VPN basada en el protocolo de red IP de la Internet. En esta sección se va a describir brevemente las ventajas que MPLS ofrece para este tipo de redes frente a otras soluciones tradicionales.

El RFC 2764<sup>7</sup> define un marco genérico para VPNs basadas en IP, incluyendo los siguientes requerimientos para las soluciones VPN:

- ✓ El transporte oculto de datos entre los sitios de VPN, porque el cliente puede estar usando protocolos no-IP, o direcciones IP localmente administradas, por que no son únicas en la red.
- ✓ La Seguridad para el transporte de datos en una VPN, a fin de evitar la pérdida de direcciones, la modificación o cambio en los datos del cliente.
- ✓ QoS, el cual garantiza agrupar los requisitos comerciales del cliente en lo que se refiere a ancho de banda, disponibilidad y fluctuaciones.

Se definen cuatro tipos de VPN en el RFC 2764, las cuales son:

- ✓ **Líneas Arrendadas Virtuales (VLL -Virtual Leased Lines-)**: proporciona los enlaces punto a punto orientado a conexión entre los sitios del cliente. El cliente percibe cada VLL como una línea (física) privada, aunque, de hecho, se proporciona gracias a un túnel IP por el *Backbone* de la red. El protocolo usado sobre la VLL debe ser capaz de transportar cualquier protocolo que el cliente use entre los sitios conectado por dicha VLL.
- ✓ **Servicios Privados LAN Virtuales (VPLS -Virtual Private LAN Services-)**: este tipo de VPN proporciona la emulación de una Red LAN entre los sitios pertenecientes a la VPLS. Al igual que las conexiones VLLs, una VPLS VPN requiere el uso de túneles IP que sean transparentes a los protocolos transmitidos sobre la LAN emulada. La LAN puede ser

---

<sup>7</sup> Grupo de Trabajo para Redes Privadas Virtuales basadas en IP.



emulada usando una malla de túneles entre los sitios del cliente o trazando a cada VPLS una dirección IP *multicast* diferente.

- ✓ **Redes Enrutadas Privadas Virtuales (VPRNs -Virtual Private Routed Networks-)**: las VPRNs emulan redes de *Routing* basadas en IP entre los sitios del cliente. Aunque una VPRN porta tráfico IP, se debe tratar como un dominio de enrutamiento distinto a la red subyacente del proveedor, dado que es posible el uso de direcciones IP no únicas en una VPRN asignadas al cliente. Cada uno de los clientes de la red se percibe operando a ésta de forma aislada y libre (es, por consiguiente, autónomo para asignar las direcciones IP de cualquier manera). Estas direcciones no deben anunciarse fuera de la VPRN, ya que no es posible garantizar su unicidad más allá de ésta.
  
- ✓ **Redes de Discado Privadas Virtuales (VPDNs -Virtual Private Dial Networks-)**: en este tipo de redes permite a los clientes poseer una fuente externa al proveedor a fin de aprovisionar y administrar el acceso por discado a sus redes. En lugar de que cada cliente establezca sus propios servidores de acceso y use sesiones PPP entre una locación central y los usuarios remotos, el Operador suministra uno o varios servidores de acceso distribuido.

Las VPNs tradicionales se han venido construyendo sobre infraestructuras de transmisión compartidas con características implícitas de seguridad y respuesta predeterminada. Tal es el caso de las redes de datos *Frame Relay*, que permiten establecer PVCs entre los diversos nodos que conforman la VPN. La seguridad y las garantías, las proporciona la separación de tráficos por PVC y el CIR. Algo similar se puede hacer con ATM, con diversas clases de garantías. Los inconvenientes de este tipo de solución es que la configuración de las rutas se basa en procedimientos más bien artesanales, al tener que establecer cada PVC entre nodos, con la complejidad

que esto supone al proveedor en la gestión (y los mayores costes asociados). Si se quiere tener conectados a todos con todos, en una topología lógica totalmente mallada, añadir un nuevo emplazamiento supone retocar todos los CPEs del cliente y restablecer todos los PVCs.

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

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

A pesar de las ventajas de los túneles IP sobre los PVCs, ambos enfoques tienen unas características comunes que los hacen menos eficientes frente a la solución MPLS:

- ✓ Están basadas en conexiones punto a punto (PVCs o túneles).
- ✓ La configuración es manual.
- ✓ La provisión y gestión son complicadas; una nueva conexión supone alterar todas las configuraciones.
- ✓ Plantean problemas de crecimiento al añadir nuevos túneles o circuitos virtuales.
- ✓ La gestión de QoS es posible en cierta medida, pero no se puede mantener extremo a extremo a lo largo de la red, ya que no existen mecanismos que sustenten los parámetros de calidad durante el transporte.

Realmente, el problema presente en estas IP VPNs es que están basadas en un modelo topológico superpuesto sobre la topología física existente, a base de túneles extremos a extremo (o circuitos virtuales) entre cada par de routers de cliente en cada VPN. De ahí las desventajas en cuanto a la poca flexibilidad en la provisión y gestión del servicio, así como en el crecimiento cuando se quieren añadir nuevos emplazamientos. Con una arquitectura MPLS se obvian estos inconvenientes ya que el modelo topológico no se superpone sino que se acopla a la red del proveedor. En el modelo acoplado MPLS, en lugar de conexiones extremo a extremo entre los distintos emplazamientos de una VPN, lo que hay son conexiones IP a una “nube común” en las que solamente pueden entrar los miembros de la misma VPN. Las “nubes” que representan las distintas VPNs se implementan mediante los caminos LSPs creados por el mecanismo de intercambio de etiquetas MPLS. Los LSPs son similares a los túneles en cuanto a que la red transporta los paquetes del usuario (incluyendo las cabeceras) sin examinar el contenido, a base de encapsularlos sobre otro protocolo. Aquí está la diferencia: en los túneles se utiliza el encaminamiento convencional IP para transportar la información del usuario, mientras que en MPLS esta información se transporta sobre el mecanismo de intercambio de etiquetas, que no ve para nada el proceso de routing IP. Sin embargo, sí se mantiene en todo momento la visibilidad IP hacia el usuario, que no sabe nada sobre rutas MPLS sino que ve una Internet privada (intranet) entre los miembros de su VPN. De este modo, se pueden aplicar técnicas QoS basadas en el examen de la cabecera IP, que la red MPLS podrá propagar hasta el destino, pudiendo así reservar ancho de banda, priorizar aplicaciones, establecer CoS y optimizar los recursos de la red con técnicas de ingeniería de tráfico.

Como resumen, las ventajas que MPLS ofrece para IP VPNs son:

- ✓ Proporcionan un modelo “acoplado” o “inteligente”, ya que la red MPLS “sabe” de la existencia de VPNs (lo que no ocurre con túneles ni PVCs).
- ✓ Evita la complejidad de los túneles y PVCs.
- ✓ La provisión de servicio es sencilla: una nueva conexión afecta a un solo router.

- ✓ Tiene mayores opciones de crecimiento modular.
- ✓ Permiten mantener garantías QoS extremo a extremo, pudiendo separar flujos de tráfico por aplicaciones en diferentes clases, gracias al vínculo que mantienen el campo EXP de las etiquetas MPLS con las clases definidas a la entrada.
- ✓ Permite aprovechar las posibilidades de ingeniería de tráfico para poder garantizar los parámetros críticos y la respuesta global de la red (ancho banda, retardo, fluctuación...), lo que es necesario para un servicio completo VPN.

## DESCRIPCIÓN Y FUNCIONALIDADES DE LOS EQUIPOS INVOLUCRADOS

### 3.1.- PRELIMINAR

A fin de suministrar servicio MPLS bajo una red Metro Ethernet, la Corporación CANTV optó por el equipo 7450 ESS (conmutador de servicios Ethernet -*Ethernet Service Switch*) construido por Alcatel. El 7450 ESS sienta un nuevo estándar dentro del mercado, al proveer una transmisión de servicios Metro Ethernet, y una amplia densidad para agregación de servicios Ethernet sobre redes basadas en IP/MPLS. El 7450 ESS supera las limitaciones de algunos conmutadores Ethernet tradicionales (estricto QoS, conmutación basada en protocolo MPLS, escalabilidad, entre otras características), los cuales han sido desarrollados solo para proporcionar un mejor esfuerzo en conectividad, y por consiguiente carecen de una falta de escalabilidad, fiabilidad y orientación de servicio, condiciones requeridas en el ambiente de un proveedor de servicio.

El Equipo Alcatel 7450 ESS, puede adaptarse a las exigencias de los proveedores de servicios que requieran: características avanzadas de red privada virtual de Capa 2 Ethernet (VPN), operar bajo conmutación por etiquetas multiprotocolo (MPLS), 802.1P/Q, crear grupos de redes de área local virtuales (VLANs), administración robusta de servicios, localización y solución de fallas y características de facturación, todo con el fin de ofrecer una amplia gama de aplicaciones Ethernet metropolitanas

El equipo Alcatel 7450 ESS es un Switch Ethernet que está diseñado para ofrecer aplicaciones en un ambiente de *carrier*. Tanto su arquitectura, orientada a los servicios, como sus características de Operación y Mantenimiento, permiten al 7450 ESS ofrecer servicios en forma eficiente y rentable, tales como:

- ✓ *Ethernet Virtual Leased Line* (VLL) para aplicaciones punto a punto.

- ✓ *Virtual Private LAN Services* (VPLS) para aplicaciones multipunto a multipunto.
- ✓ Servicios de Internet de Alta Velocidad y aplicaciones Triple Play (voz, video y datos).

Otras características inherentes al equipo son:

- ✓ Los servicios que el 7450 ESS provee están fundamentalmente basados en MPLS.
- ✓ En este equipo, la QoS se mide en cada servicio, no sólo en cada puerto.
- ✓ Permite escalabilidad para soportar decenas de miles de clientes.

En este proyecto se considera el modelo del equipo 7450 ESS que posee un chasis de 7 ranuras o *slots* (el equipo 7450 ESS-7), el cual cuenta con una amplia gama de interfaces que se adaptan en forma flexible a cada aplicación.

Los equipos 7450 ESS-7 son un sistema completamente redundante (cuando se instala para tal fin) y tienen un total de siete (7) ranuras de acceso delanteras (Ver Figura 3-1).

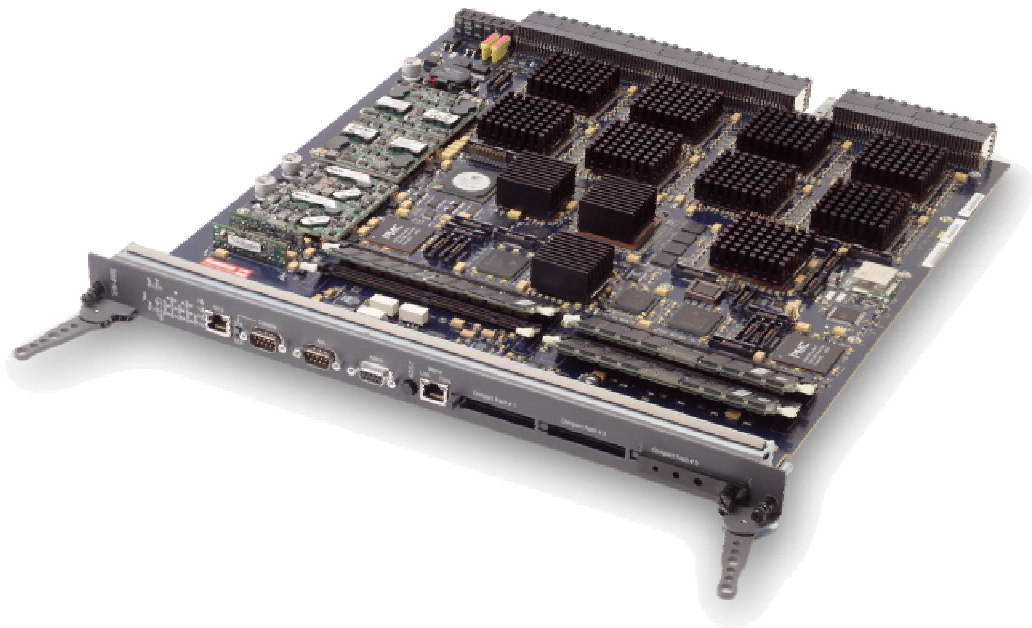


**Figura 3-1. Vista del chasis equipo 7450 ESS-7**

FUENTE: ALCATEL. (2004): “*The Alcatel 7450 Ethernet Service Switch (ESS) Boilerplate*”.

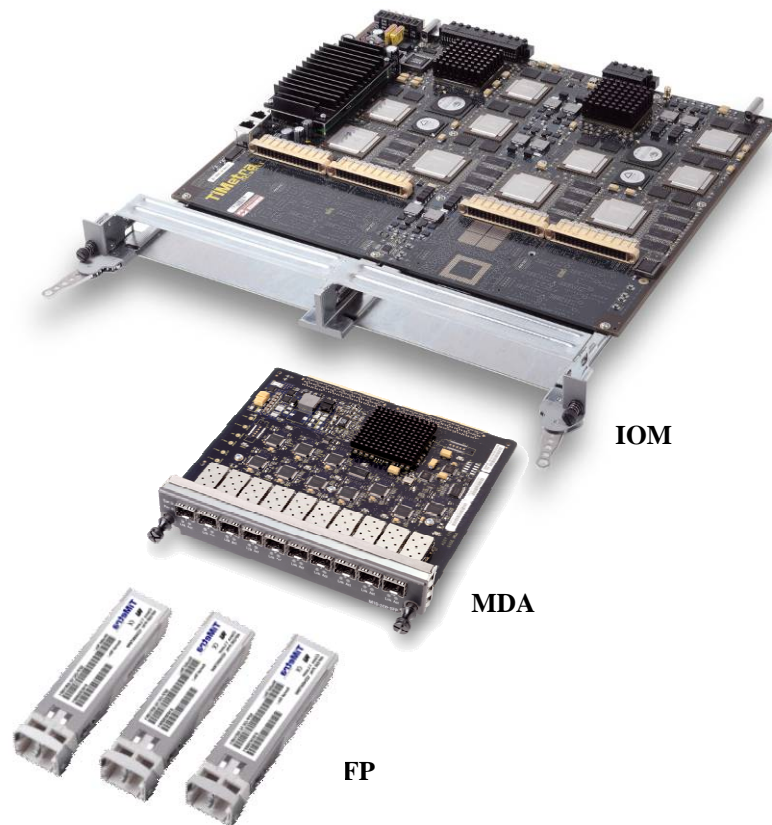
Dos (2) de estas ranuras son dedicadas para el sistema redundante de control y procesos, donde cada ranura puede contener una tarjeta o Módulo de Procesador de Control (SF/CPM -*Switch Fabric/Control Processor Module*-), mostrada en la Figura 3-2). Solo con una tarjeta SF/CPM alcanza para la completa operación del equipo, requiriéndose la segunda tarjeta a fin de proporcionar redundancia. Cuando dos (2) SF/CPMs están instaladas, la carga del tráfico es compartida a través del conmutador interno del equipo. Las cinco (5) ranuras restantes se utilizan para los Módulos de entrada/salida (IOM -*In/Out Module*-), donde cada IOM es capaz de manejar 20Gbps de información full duplex. Los Módulos que proporcionan las Interfaces físicas a la red son las tarjetas MDA (*Media Dependent Adapter* -Adaptadores dependientes de medios-), donde cada IOM aloja dos tarjetas MDA, tal como se muestra en Figura 3-3. Las tarjetas MDA de los equipos 7450 ESS provee, entre otras características:

- ✓ Interfaces a velocidades de 10/100/1000 Mbps y 10Gbps.
- ✓ Conectores ópticos SFP (*Small Form factor Pluggable*).
- ✓ Interfaces con alcances de conexión de hasta 70Km.



**Figura 3-2. Vista Tarjeta SF/CPM**

FUENTE: ALCATEL. (2004): "*The Alcatel 7450 Ethernet Service Switch (ESS) Boilerplate*".



**Figura 3-3. Vista Tarjeta IOM, MDA y módulos SFP**  
FUENTE: ALCATEL. (2004): “The Alcatel 7450 Ethernet Service Switch (ESS) Boilerplate”.

Las opciones de alimentación para el ESS-7 incluyen dos (2) fuentes de poder DC a -48V o dos (2) fuentes de poder AC a 120/240V, permitiendo soportar redundancia 1+1, siendo las fuentes para ambos casos independientes y extraíbles. Todas las conexiones de alimentación son realizadas por el lado posterior del equipo gracias a dos (2) Módulos de Entrada de Poder (PEMs -*Power Entry Modules*-). Además de los módulos PEMs, existen también dos bahías en la parte frontal del equipo que permiten instalar dos módulos convertidores AC-DC, para el caso en que se utilice PEMs del tipo AC, debido a que el equipo funciona sólo con alimentación DC de -48V.



El equipo posee además dos (2) bandejas de ventilación, cada una con dos (2) ventiladores, las cuales son independientes y extraíbles, proporcionando redundancia 1+1. Las bandejas están localizadas en la parte posterior del chasis del equipo.

Las dimensiones para el equipo 7450 ESS-7 son: 14” (35,56 cm) de Altura, 17.5” (44,45 cm) de ancho y 23.5” (59,69 cm) de profundidad.

En la Tabla 3-1 se muestra en detalle las características físicas inherentes al equipo:

<b>Capacidad en Ancho de Banda (full-duplex, redundancia)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100G en conmutación interna</li> <li>• 20G de capacidad por ranura</li> <li>• Redundancia (opcional) de Módulo de Procesador de Control (SF/CPM)</li> </ul>
<b>Cantidad de ranuras de entrada/salida (I/O)</b>	5
<b>Cantidad de Adaptadores Dependientes de Medio (MDAs)</b>	10
<b>Redundancia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuentes de Poder AC (1 + 1)</li> <li>• Fuentes de Poder DC (1 + 1)</li> <li>• Módulo de Procesador de Control (SF/CPM) (1 + 1)</li> <li>• Bandejas de ventilación (1 + 1)</li> </ul>

**Tabla 3-1. Características físicas del equipo 7450 ESS-7**  
FUENTE: ALCATEL. (2004): “*The Alcatel 7450 Ethernet Service Switch (ESS) Boilerplate*”.

### 3.2.- ARQUITECTURA DEL HARDWARE <sup>[2]</sup>

El equipo 7450 ESS permite un desarrollo escalable que va de 10Gbps a 100Gbps. Para lograr esto, el diseño de la tecnología *flexible fast path*, provee 10 Gbps totalmente programables gracias a la Matriz de Procesador de Red (NPA - *Network Processor Array*-), siendo ésta el corazón del equipo.

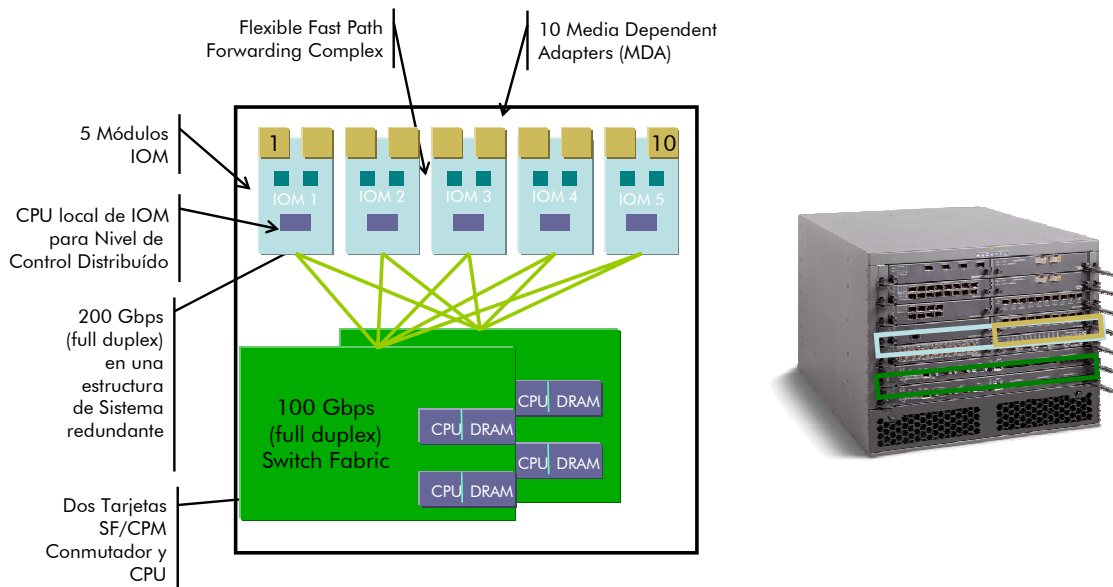
Cada módulo de entrada/salida (IOM) del 7450 ESS incorpora un par de componentes de envío configurables (procesador de red y subsistemas de almacenamiento, los cuales permiten aplicaciones que requieren filtrado exhaustivo de paquetes y una total flexibilidad), pudiendo cada uno de ellos transmitir a velocidades de 10 Gbps a través del medio, independientemente de las características permitidas por los componentes de envío, incluyendo los servicios VPNs con QoS y Listas de Control de Acceso (ACLs -*Access Control Lists*-). Estas capacidades son posibles al implantar un gran número de matrices de procesadores específicos, optimizados para una manipulación de paquete, en un solo dispositivo (una Matriz de Procesador de Red -NPA-). Este diseño representa una mejora significativa sobre los enfoques de la alternativa como ASICs<sup>8</sup> (careciendo de una programación flexible), procesadores de red en el chasis, y los procesadores del propósito general.

Con una arquitectura perfeccionada para la manipulación de paquetes, la tecnología *flexible fast path* logra un amplio y mejor desempeño, posible previamente, al poder permitir a los 7450 ESS que combinaran la velocidad y densidad de los conmutadores más rápidos, con la programabilidad y capacidades requeridas a fin de ofrecer los nuevos servicios en una forma económica.

---

<sup>8</sup> Circuito integrado de propiedad exclusiva creado para una tarea específica. Siglas de *Application Specific Integrated Circuit* (Circuito integrado específico para una aplicación).

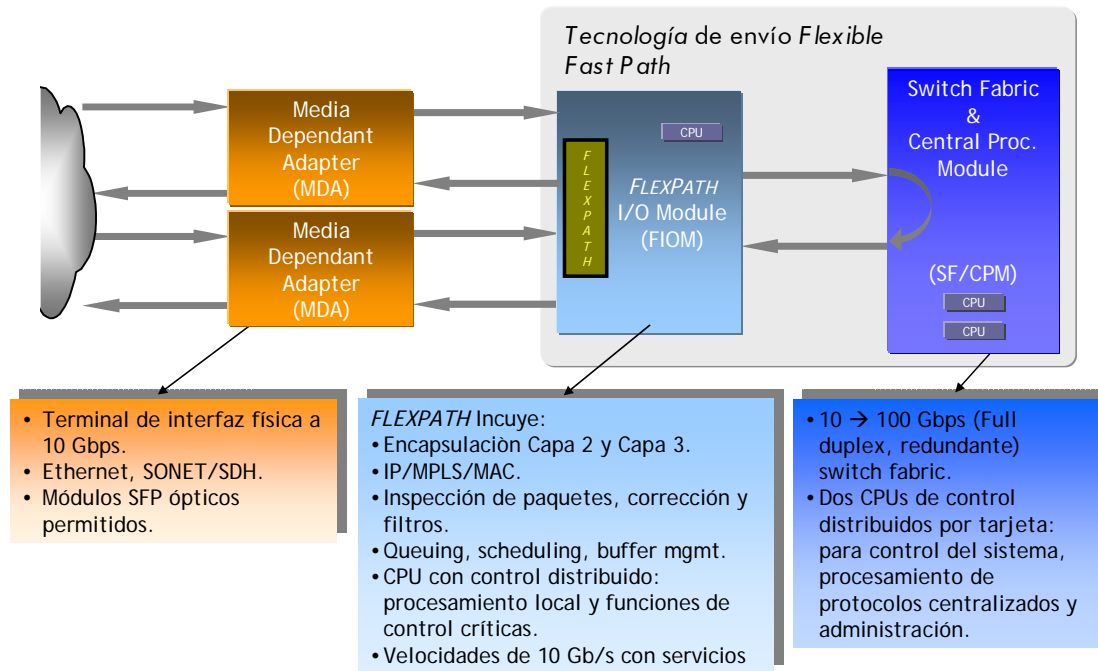
Como se muestra en las Figura 3-4 y 3-5, las IOM son responsables de la conexión y comunicación de los adaptadores dependientes al medio (MDA), y éstos, son los que proporcionan la interfaz física (10 GE, 1 GE, 10/100 Ethernet, etc.) en el sistema. Las tarjetas IOM procesan las tramas<sup>9</sup> recibidas de las tarjetas MDA a fin de cumplir con todas las decisiones de conmutación, implementar por servicio funciones de QoS, listas de control de acceso (ACLs), implementar el formato de tramas a celdas<sup>10</sup> para ser conmutadas a través de la estructura central, y posteriormente transmitirlos a éste. Similarmente, las tramas que deben ser enviadas hacia fuera de la interfaz, son recibidas primero por la estructura como celdas, reunidas posteriormente en tramas, para luego ser procesadas, y así lograr una encapsulación específica de salida y también, por servicio: políticas de salida de QoS, filtración y funciones de contabilidad.



**Figura 3-4. Esquema conexión de Tarjetas SF/CPM, IOM y MDA**  
 FUENTE: ALCATEL. (2004): “The Alcatel 7450 Ethernet Service Switch (ESS) Boilerplate”.

<sup>9</sup> Las tramas corresponde a unidades de datos (Capa 2 o Capa 3) en los cuales se aplica inspección, corrección y filtros basados en las políticas de QoS.

<sup>10</sup> El termino celda, o formato de celda aquí presentado, es un formato propietario de Alcatel y puede portar tanto paquetes de datos (tal como las tramas) y celdas o células ATM . Por medio de las celdas la tarjeta de control (SF/CPM) realiza las funciones de conmutación correspondientes.



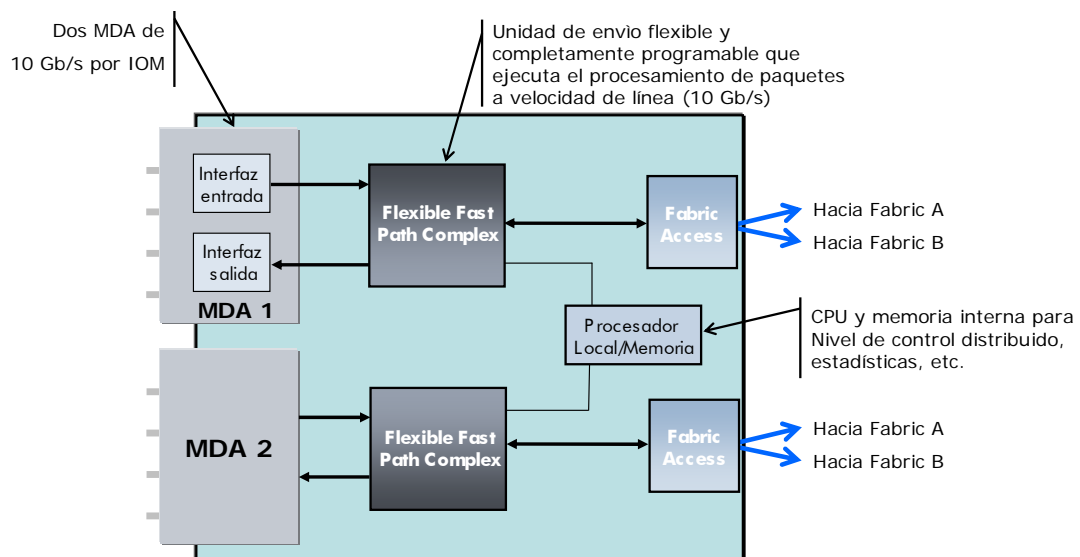
**Figura 3-5. Esquema conexión de Tarjetas SF/CPM, IOM y MDA**  
FUENTE: ALCATEL. (2004): "The Alcatel 7450 Ethernet Service Switch (ESS) Boilerplate".

Los módulos de estructura de conmutación (SF/CPM) se localizan físicamente en dos ranuras específicas del chasis y contienen dos funciones lógicamente separadas. La primera función es un conmutador a 100 Gbps (bidireccional) constituido por múltiples elementos de conmutación. Éste realiza la función de enviar directamente las celdas recibidas de un puerto hacia otro. La segunda función comprende el procesador de control central del sistema. El subsistema de control de proceso posee un par de procesadores que realizan todas las funciones de administración centralizadas en el chasis, e implementa los grupos de protocolos a utilizar (BGP, OSPF, ISIS, MPLS, etc.). Los procesadores también conectan con la estructura del conmutador, mientras envía y recibe tráfico a través del mecanismo de control de tráfico.

### 3.2.1 Módulo de entrada/salida (IOM)

Como se explicó previamente, los módulos de entrada/salida son unidades extraíbles en caliente (es decir, con el equipo encendido) responsables de la conexión con las interfaces físicas estándar. Las tarjetas IOM procesan los paquetes recibidos desde una MDA, y envía celdas a la estructura de conmutación (*Switch Fabric -SF-*). Similarmente, las celdas son recibidas desde la SF, procesadas, y agrupadas en paquetes para su posterior envío por la interfaz de salida MDA.

Un módulo IOM contiene 2 (dos) unidades *Flexible FastPath* con procesamiento de tráfico a velocidades de 10Gbps. Cada unidad soporta una tarjeta MDA. La flexibilidad inherente en esta aproximación permite una mezcla y variedad en tipos de interfaz para cualquier ranura IOM del sistema. Además, cada *Flexible FastPath* está conectado con la estructura central de conmutación (SF/CPM). Los módulos IOM también contienen una sección de CPU para administrar el hardware de transmisión en cada unidad *FastPath Flexible*, así como contribuir con el nivel de control distribuido empleado en el sistema. En la Figura 3-6 se muestra en detalle cada componente de las tarjetas IOM y como se interconectan entre si.



**Figura 3-6. Esquema de componentes en tarjeta IOM**

FUENTE: ALCATEL. (2004): "The Alcatel 7450 Ethernet Service Switch (ESS) Boilerplate".

Las tarjetas o módulos IOM utilizan uno o más de los bloques que a continuación se describen:

### **ADAPTADORES DEPENDIENTES DE MEDIOS (MDA)**

Estas tarjetas, extraíbles en caliente, son conectadas como un módulo hijo en cada IOM. Una tarjeta MDA contiene la trama MAC lógica requerida para lograr las interfaces físicas adecuadas. También contiene la funcionalidad de puente para convertir la interfaz física a un estándar común (en formato propietario).

En la dirección del ingreso, el puente hace más que una conversión de la interfaz física. Éste utiliza elementos FIFOs (*First In First Out*) muy pequeños por cada puerto/tributario con el fin de ocuparse de la proporción de velocidad, así como de la conversión del tamaño de las ráfagas a transmitir. Típicamente estos FIFOs son del orden de 128 a 256 bytes por puerto.

En la dirección de salida, la función que realiza el puente es la misma conversión física, pero también proporciona una adaptación más profunda en los FIFOs e instrumentos de carga posterior al *FastPath Flexible*. Esto se requiere puesto que los datos pueden ser transmitidos más rápido que la velocidad de línea, y además, la velocidad puede ser muy variable (producto de colisiones, pausa en las tramas recibidas, etc.).

### **UNIDAD FASTPATH FLEXIBLE A 10G**

El *FastPath Flexible* es el corazón de los 7450 ESS. Está fabricado a base de dos dispositivos ASIC (desarrollados internamente por Alcatel), un dispositivo de Dirección de Tráfico y un Procesador de Red programable. Estos dispositivos son utilizados como un bloque básico para llevar a cabo las características de nivel del sistema cuando son puestos dentro del *FastPath Flexible*. Estos también proporcionan

una simetría en cuanto a las características de procesamiento de los paquetes que deben estar disponibles tanto al ingreso como a la salida. Las listas de control de acceso, QoS, *mirroring*, administración y encapsulación son soportados tanto por los caminos de entrada, como los de salida.

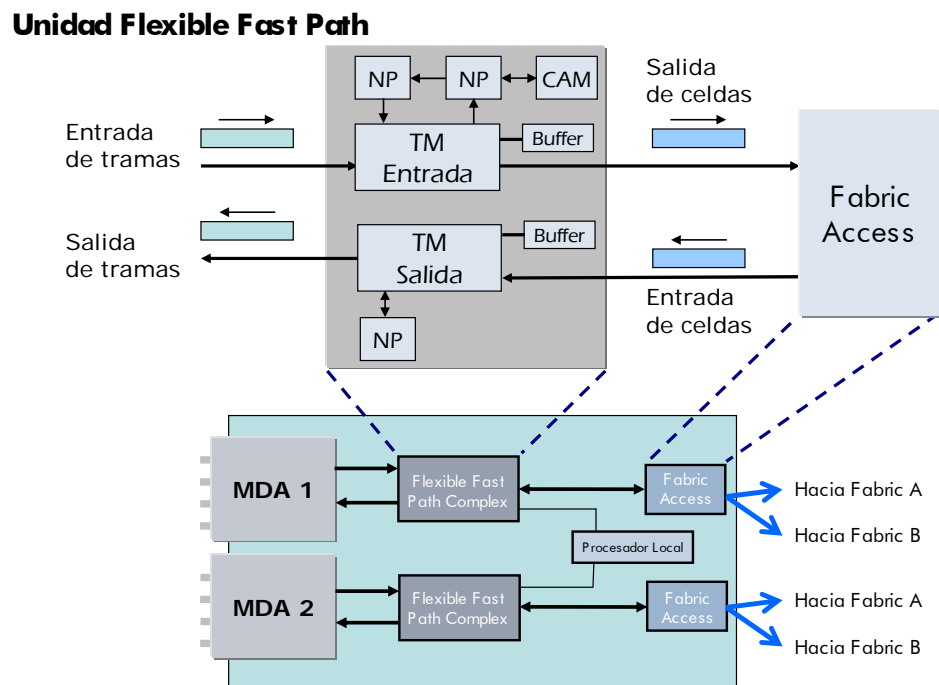
El Administrador de Tráfico ASIC (TM -*Traffic Manager* -) implementa todas las políticas de QoS, así como un sofisticado dispositivo de puente de datos. El TM sirve para tres funciones principales:

- ✓ La primera es recibir los fragmentos de trama proveniente de la MDA desde múltiples fuentes y reunir las todas en una sola trama. Esta trama resultante es enviada posteriormente al procesador de red.
- ✓ La segunda función del TM es la principal: la implementación de políticas de QoS. El procesador de red clasifica cada paquete de abonado, basado en los criterios definidos por las políticas de QoS para un servicio específico. Cuando la trama es devuelta al TM, ésta es ubicada, en función del resultado de la clasificación realizada por el procesador de red, en una de las 8000 colas de servicios. Cada una de estas colas posee un indicador basado en la máxima tasa de información (PIR -*peak information rate*-), a su vez posee un indicador CIR, y uno de máxima velocidad de salida permitida (MBS -*maximum burst size*-). El PIR es utilizado para limitar la velocidad de emisión de colas. Independientemente de la velocidad de entrada, la velocidad de emisión de colas de salida estará limitada por el PIR. El CIR es utilizado para identificar al tráfico como un perfil de entrada o un perfil de salida.
- ✓ La tercera y última función del TM es sacar las tramas almacenadas en el *buffer* de la memoria, dividir las, para posteriormente crear celdas.

El TM ASIC es usado dos veces dentro del *FastPath Flexible*. Una vez en relación al ingreso, donde las fuentes de fragmentos de tramas de cada MDA y la TM dirigen las celdas de salida hacia la estructura de conmutación. La segunda es con

relación a la salida, donde la estructura de conmutación y el TM manipulan las celdas a fin de crear los fragmentos de trama de cada MDA.

Un componente importante en la unidad *Fast Path Flexible* es la Matriz de Procesador de Red ASIC (P-Chip), la cual realiza toda la clasificación de QoS, determinación del destino, encapsulación y procesamiento de filtro ACL. A fin de realizar un aumento en la cantidad de procesos, y por consiguiente un aumento en el grupo de posibles características soportadas, los dispositivos NPA de ingreso han sido colocados consecutivamente. El primer NPA en la cadena hace su proceso y envía las tramas, junto con sus resultados, a los próximos NPA. El procesamiento de salida es normalmente menos intensivo que el procesamiento de ingreso, por lo tanto, el *FastPath Flexible* instalado a la salida contiene sólo un NPA.



**Figura 3-7. Esquema de la unidad Flexible Fast Path**  
 FUENTE: ALCATEL. (2004): "The Alcatel 7450 Ethernet Service Switch (ESS) Boilerplate".



## ESTRUCTURA DE ACCESO

El dispositivo de estructura de acceso (FA *-fabric access-*) es un ASIC, de desarrollo interno Alcatel, que conecta los *FastPath Flexibles* con la estructura de conmutación. Es un dispositivo puramente conmutador de celdas (bajo ningún concepto de trama) donde el formato de celda es propietario y puede portar tanto datos de paquete (trozos de tramas) como celdas ATM. Es un dispositivo full dúplex, atendiendo las funciones de ingreso y de salida. La interconexión de *FastPath Flexible* es a través de una interfaz paralela capaz de ofrecer ~16 Gbps de ancho de banda. La interconexión de la estructura de conmutación es realizada a través de 16 puertos seriales, cada uno con capacidad de 3,125 Gbps. Éstos cruzan la tarjeta madre del chasis para conectar a los módulos del conmutador. Con 16 enlaces disponibles, se soportan 35,2 Gbps de capacidad de carga útil.

El FA envía los tráficos *unicast* sobre todos los enlaces disponibles (1 a 16). Una máquina de monitoreo de estado de enlace actualiza constantemente el estado activo/inactivo de las estructuras de enlace. Las fallas son detectadas dentro de dos o tres tiempos de celdas, y los enlaces fallidos son automáticamente evitados. Este mecanismo extiende la carga uniformemente sobre todos los enlaces y los conmutadores de tráfico sobre los niveles de falla.

El costo para esta flexibilidad es que el FA puede recibir las celdas fuera de orden una vez que éstas han sido introducidas en la SF (puesto que cada celda utiliza una conexión arbitraria, dónde cada enlace representa un nivel de conmutación independiente). La función de salida del FA vela que esto no suceda mediante almacenamiento de celdas en cada flujo de inicio y nivel de conmutación para así devolver las celdas en el orden apropiado antes de presentarlos al TM. Una facultad posterior del FA a la estructura es usada para asegurar una mayor re-clasificación requerida a fin de no exceder el almacenamiento disponible.

## PROCESADOR LOCAL

El procesador local consiste en una clase de CPU MIPS<sup>11</sup>, compuesto por 1 Giga de memoria, diagnóstico de Ethernet y puertos seriales, junto con otros recursos misceláneos. El CPU tiene un DMA<sup>12</sup> eficaz operando en la línea por la cual se reciben los paquetes desde los módulos *FastPath Flexibles*, así como también por la línea de envío. Los paquetes recibidos son guardados en colas múltiples que aseguran la no obstrucción del CPU con el trabajo de baja prioridad a expensas de un proceso del control crítico. Note que éste es sólo el nivel de control de tráfico. El procesador no es parte del nivel para el envío de datos.

Las funciones importantes soportadas en este CPU son la administración de las tablas de envío y ACLs almacenada en el *FastPath Flexible*, además de la asistencia en el nivel de control de protocolos. Los bajos consumos en ancho de banda como los "hellos" en OSPF, o *Ping* de servicio, podrán, en el futuro, implementarse directamente en los procesadores locales. Esto tiene una ventaja significativa en el sistema en términos de escalabilidad lineal en el número de módulos IOM presente.

### **3.2.2 Módulo de estructura de conmutación o Módulo de procesador de control (SF/CPM)**

El módulo SF/CPM de los equipos 7450 ESS es construido usando bloques de funcionalidad común a las tarjetas IOMs. Los niveles de conmutación están hechos en base a unos elementos conmutadores ASICs. También localizado en este módulo, está instalado el procesador que es responsable del control global del sistema.

---

<sup>11</sup> Abreviatura de Millones de Instrucciones por Segundo. Medida de la rapidez en que un microprocesador o procesador central es capaz de ejecutar funciones.

<sup>12</sup> Tecnología incluida en la arquitectura de los ordenadores personales que permiten la transferencia directa de datos de un dispositivo periférico, como puede ser un disco duro, a la memoria RAM, de acceso aleatorio, sin que los datos pasen por el microprocesador. Siglas de *Direct Memory Access* (acceso directo a memoria).

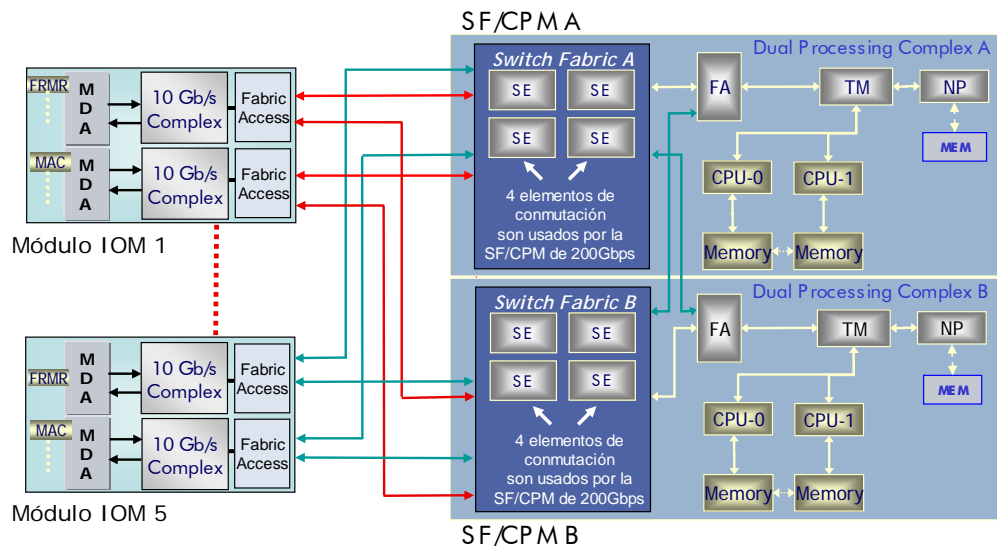
Los módulos SF/CPM están conformados por una estructura de conmutación (SF) y un procesador de control de sistema (el cual consta de un *FastPath Flexible* junto con un procesador local). Las dos estructuras, físicamente ubicadas en una misma tarjeta, cumplen dos funciones lógicamente diferentes:

- ✓ La SF de 200 Gbps está constituida por múltiples elementos de conmutación independientes (comprendiendo cuatro SE). La SF es responsable del envío de las celdas recibidas de un puerto de salida hacia otro.
- ✓ El procesamiento de control central de todos los nodos 7450 ESS. El procesamiento de nivel de control es llevado a cabo por el Conjunto de Procesamiento dual (DCP -*Dual Processing Complex*-), el cual consta de dos CPU que conjuntamente ejecutan todas las funciones de administración centralizadas del chasis e implementa la mayoría de grupos de protocolos (OSPF, IS-IS, MPLS, etc). Cada CPU utiliza la SF para enviar y recibir el tráfico del nivel de control.

En la Figura 3-8 en la página siguiente, se muestra en detalle el esquema de una tarjeta SF/CPM y sus componentes.

### **ESTRUCTURA DE CONMUTACIÓN (SWITCH FABRIC)**

La estructura de conmutación actualmente soporta 200Gbps en ancho de banda bidireccional. Cada elemento (SE) de dicha estructura es independiente de los otros. Esto simplifica al elemento de conmutación, evitando la comunicación entre ellos (pudiendo adicionar hasta aproximadamente 30% más de ancho de banda), y por consiguiente evitar fallas enteras de un nivel dado causadas por fallas de sincronización entre los elementos. Más allá de las ventajas en la aplicación y redundancia, utilizar niveles independientes permite un escalamiento lineal en todo el conmutador.



Bajo condición de operación normal, las dos Estructuras de Conmutación (Switch Fabrics) están activas y compartiendo la carga. Inicialmente un CPM está activo mientras el segundo está en modo de reserva

**Figura 3-8. Esquema de tarjeta SF/CPM**

FUENTE: ALCATEL. (2004): "The Alcatel 7450 Ethernet Service Switch (ESS) Boilerplate".

El *backplane* del 7450 ESS-7 conecta por medio de 3 puertos una tarjeta SF/CPM con cada una de las tarjeta IOM. Un puerto está definido como 16 conexiones seriales usados por un elemento FA. Esto consume 15 de los 17 puertos existentes en el *Banckplane* (3 puertos x 5 ranuras de IOM). Los dos puertos restantes están dedicados a los dos Procesadores Duales Instalados (DPC -Dual Processing Complexes-) que forman el nivel de control. Cada DPC conecta a ambas estructuras físicas de conmutación por medio de un puerto.

Las tarjetas IOMs de 20Gbps actuales posee cada una 2 FA ASICs (1 por cada *Fast Path Flexible* a 10 Gbps) utilizando 2 de los 3 puertos del *backplane*. Cada puerto es hecho en base a  $[16 \cdot (3,125)]$  Gbps de conexión serial. Ocho conexiones seriales interconectan los FA localizados en la tarjeta IOM, a cada estructura de

conmutación en la tarjeta madre (en configuración redundante). Esta configuración proporciona 20 Gbps (bidireccional y redundante) a cada ranura donde se realiza la inserción de tarjetas IOM.

Otro componente importante son los elementos de conmutación (SE), compuesto por un ASIC de desarrollo propietario. Cada SE tiene 32 puertos bidireccionales. Físicamente el SE opera como un *crossbar*, sin embargo, tiene la habilidad de permitir a cada puerto de salida ser programado independientemente de los otros puertos. Lógicamente, opera con una cantidad pequeña de FIFO y en estrecho control con los FAs. Cada puerto de salida está establecido independientemente con respecto a todos los otros puertos. Este tipo de salida requiere menos velocidad en las conexiones seriales y se comporta como un verdadero conmutador de colas en las salidas.

### **PROCESADOR DE CONTROL DEL SISTEMA**

Cada DPC está constituido en base a dos procesadores duales, un *FastPath Flexible*, junto con los recursos distribuidos de entrada/salida (I/O). Los procesadores son responsables para el procesamiento del nivel de control del sistema y de los grupos de protocolos utilizados. En el esquema del bloque básico, la lógica común entre los procesadores de la tarjeta IOM y los procesadores de control centrales son usados como un *flexible fast path complex*.

Los recursos distribuidos I/O, incluyen: administración de puertos Ethernet, puertos seriales, el estado de los LEDs, ranuras Compact Flash capaz de aceptar tarjetas compact flash o módulos de disco, reloj del sistema, monitoreo de temperatura y control de ventiladores, entre otros.

El procesador instalado puede enviar y recibir las tramas a través de ambas SF. Esto se usa para comunicar a todas las tarjetas IOMs con las tarjetas de control

(SF/CPM) activa o en reserva (*standby*). La formación de colas de espera del *FastPath Flexible* es utilizada para permitir un acceso no saturado de los mensajes de control críticos hacia el CPUs. También asegura que el nivel de control no deba ahogarse por los flujos de cambios de ruta, tramas con aprendizaje de direcciones o el rechazo de servicio. El *FastPath Flexible* instalado en este módulo usa el mismo TM y dispositivos NPA usados en las tarjetas IOM. El re-uso de estos elementos permite *firmware* de control más simple, y la disponibilidad de todas las características a lo largo del sistema.

El elemento del proceso es hecho a base de un par de procesadores clase MIPS junto con 4 GBytes de memoria interna (2 Giga por procesador). La memoria es el enlace para permitir las actualizaciones del campo en caso de ser requeridas. El procesador y su controlador son casi idénticos al procesador en la tarjeta IOM. Esto permite el re-uso de códigos y fácil desarrollo entre los módulos.

### **3.2.3 Procesador de Red del *Flexible FastPath***

Un elemento importante de los 7450 ESS en el *FastPath Flexible* es la Matriz de Procesadores de Red (NPA). El NPA contiene una serie de elementos de instrucciones de procesos personalizados moldeadas específicamente para la operación de paquetes (celdas para el caso del *FastPath Flexible* de la SF, como tramas para el *FastPath Flexible* de las tarjetas IOM). Como resultado, pueden llevarse a cabo las nuevas características de ruta rápida con una carga simple de un micro-código. Al contrario de un procesador de uso general o procesador de red de primera generación, el NPA puede operar en una tasa lineal de 10 Gbps con un número sustancial de rasgos de alto nivel. Esta combinación de velocidad de 10 Gbps y características de alto nivel es la clave del *FastPath Flexible*, y es la base en que el 7450 ESS se construye.

### 3.3.- ESPECIFICACIONES DE LAS TARJETAS MDA <sup>[2]</sup>

Todas las interfaces están localizadas al frente del chasis en los equipos 7450 ESS, en los Adaptadores dependiente de medio (MDA). Las siguientes tablas resumen las capacidades del grupo de MDA disponible para el 7450 ESS.

La siguiente tabla (Tabla 3-2) describe los tipos de MDA, cantidad de puertos y densidades permitidas en el equipo 7450 ESS. En el [ANEXO 6.- “Tipos de Tarjetas MDA”](#) se presenta una vista de las tarjetas MDA 10 GigE-LAN/WAN, MDA 1 GigE de 10 puertos y 1 GigE de 20 puertos.

Typo de Tarjeta	Cantidad de puertos	Tipo de interfaz	SFP	Densidad permitida para el equipo 7450 ESS-7
10/100 Base-T	60	Cobre	No	600
10/100/1000 Base-Tx Oversubscribed	20	Cobre	Si	200
100 Base-FX	20	Óptico	Si	200
1 GigE	10	Ambas	Si	100
1 GigE Oversubscribed	20	Ambas	Si	200
10 GigE-LAN/WAN – MDA (H/W supports both LAN and WAN modes – S/W supports LAN only. WAN S/W availability is NOT planned)	1	Óptico	No	10
10 GigE-LAN (Oversubscribed-XFP; future availability – see roadmap for details)	2	Óptico	Si	10
OC-3/STM1c	16	Óptico	Si	160
OC-12/STM-4c	8	Óptico	Si	80
OC-12/STM-4c	16	Óptico	Si	160
OC-48/STM-16c	2	Óptico	Si	20
OC-48/STM-16c	4	Óptico	Si	40

**Tabla 3-2. Tipos de MDA**

FUENTE: ALCATEL. (2004): “The Alcatel 7450 Ethernet Service Switch (ESS) Boilerplate”.

La siguiente tabla (Tabla 3-3) provee información acerca de las interfaces ópticas/eléctricas soportadas por las tarjetas MDAs.

Tipo de Módulo	Designación Telcordia / ITU	Conector	Tipo de Fibra	Longitud de Onda	Link Budget	Potencia Tx Max (dBm)	Potencia Tx Min (dBm)	Potencia Rx Max (dBm)	Potencia Rx Min (dBm)	Distancia recorrida Telcordia / ITU
10/100 Fixed	TX	RJ21/VHDCI	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	100 m
100 BASE FX SFP	MM	LC	MM	1310nm	11	-14	-19	-14	-30	2 km
100 BASE FX SFP	SM	LC	SM	1310nm	11	-13.5	-19	-7	-32.5	25 km
1000 BASE SFP	SX	LC	MM	850nm	7.5	0	-9.5	0	-17	550 m
1000 BASE SFP	LX	LC	SM	1310nm	7.5	-3	-11.5	-3	-19	10 km
1000 BASE SFP	ZX	LC	SM	1550nm	24	5	0	-3	-24	70 km
1000 BASE SFP	TX	RJ-45	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	100m
1000 BASE SFP	CWDM	LC	SM	Ver nota 1	24	3	-1	-3	-25	70 km
10G BASE Fixed	LW/LR	Simplex SC	SM	1310nm	9.4	0.5	-8.2	0.5	-14.4	10 km
10G BASE Fixed	EW/ER	Simplex SC	SM	1550nm	15	4	-4.7	-1	-15.8	40 km
10G Base XFP	SR	Simplex SC	MM	850nm	2.6	-1	-7.3	-1	-9.9	26-300 m
10G Base XFP	LR	Simplex SC	SM	1310nm	6.2	0.5	-8.2	-0.5	-14.4	10 km
OC-3c/STM-1c SFP	SR-0	LC	MM	1310nm	10	-14	-20	-14	-30	2km
OC-3c/STM-1c SFP	IR-1 / S-1.1	LC	SM	1310nm	13	-8	-15	-8	-28	21 / 15 km
OC-3c/STM-1c SFP	LR-1 / L-1.1	LC	SM	1310nm	29	0	-5	-10	-34	50 / 40 km
OC-12c/STM-4c SFP	SR-0	LC	MM	1310nm	6	-14	-20	-14	-26	500 m
OC-12c/STM-4c SFP	SR-1 / I-4	LC	SM	1310nm	8	-8	-15	-8	-23	12 / 2 km
OC-12c/STM-4c SFP	IR-1 / S-4.1	LC	SM	1310nm	13	-8	-15	-8	-28	21 / 15 km
OC-12c/STM-4c SFP	LR-2 / L-4.2	LC	SM	1550nm	25	2	-3	-8	-28	85 / 80 km



Tipo de Módulo	Designación Telcordia / ITU	Conector	Tipo de Fibra	Longitud de Onda	Link Budget	Potencia Tx Max (dBm)	Potencia Tx Min (dBm)	Potencia Rx Max (dBm)	Potencia Rx Min (dBm)	Distancia recorrida Telcordia / ITU
OC-48c/STM-16c SFP	SR-1 / I-16	LC	MM	1310nm	8	-3	-10	-3	-18	12 / 2 km
OC-48c/STM-16c SFP	IR-1 / S-16.1	LC	SM	1310nm	13	0	-5	0	-18	21 / 15 km
OC-48c/STM-16c SFP	IR-2 / S-16.2	LC	SM	1550nm	13	0	-5	0	-18	42 / 15 km

Nota 1: los valores 1470, 1490, 1510, 1530, 1550, 1570, 1590, 1610 nm son variantes

Nota 2: Las tarjetas GE MDAs usan los mismos módulos SFP.

**Tabla 3-3. Características de Tarjetas MDA y módulos SFP**

FUENTE: ALCATEL. (2004): "The Alcatel 7450 Ethernet Service Switch (ESS) Boilerplate".

### **3.4.- FUNCIONALIDADES DEL SOFTWARE** <sup>[2]</sup> <sup>[3]</sup> <sup>[4]</sup>

#### **3.4.1 Introducción a la arquitectura del Software**

El software del equipo Alcatel 7450 ESS está basado en una arquitectura de procesos distribuidos, dividiendo ciertos rasgos y funcionalidades por medio de múltiples procesadores en el sistema, a fin de lograr una máxima escalabilidad en protocolos y servicios.

Cada SF/CPM contiene instalado un procesador con 2 GB de memoria SDRAM, Procesador de Paquetes dedicados a 10 Gbps especializado para pre-procesar los paquetes de control en cada SF/CPM, así como administrar el tráfico especializado para clasificar y priorizar el tráfico destinado para los CPUs de las tarjeta SF/CPM. Además, cada tarjeta de IOM tiene un sólo procesador de 400 Mhz con 512 MB de memoria SDRAM. Las comunicaciones entre el procesador de las tarjetas SF/CPM y las tarjetas IOMs, utilizan los 10 Gbps de la estructura del conmutador.

El software del equipo 7450 ESS utiliza el sistema operativo VXWorks 5.4, aunque se han hecho varias modificaciones profundas perfeccionando el OS para los 7450 ESS, incluyendo:

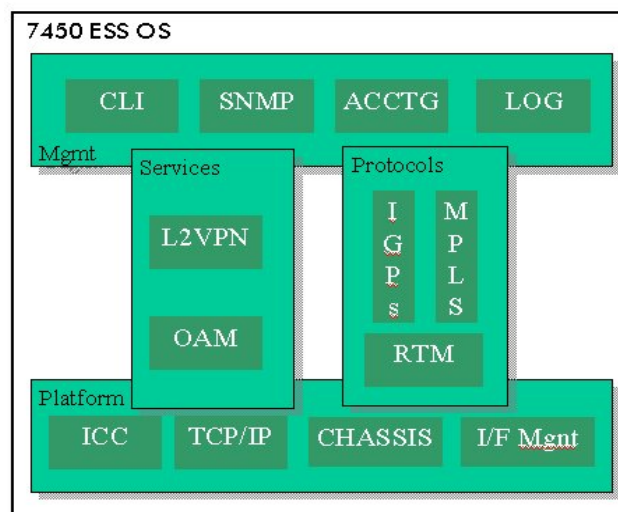
- ✓ Administración de Memoria.
- ✓ Administración de módulos.
- ✓ Uso de monitorio/administración del CPU.
- ✓ Rastreo, Puesta a punto, y herramientas de diagnóstico.

El 7450 ESS usa un sistema operativo preventivo que asigna ciclos de CPU basado en la prioridad y estado de los procesos. Ninguna tarea puede arrancar por más de 20 mseg ante otros procesos que tienen oportunidad de ser iniciados. El especial cuidado y los recursos experimentados han permitido asegurar que ningún

proceso o grupo de procesos podrá consumir algún recurso del sistema como ciclos de CPU, memoria o ancho de banda.

El diagrama de la Figura 3-9 muestra los módulos superiores dentro del software del equipo 7450 ESS. El CPU residente en las tarjetas SF/CPMs administra y controla el nivel de control global del sistema, incluyendo pero no limitándose a:

- ✓ **Control y supervisión del sistema (*Platform*)**.
  
- ✓ **Administración (*Mgmt*)**: corresponde a los elementos por medio de los cuales se gestiona, administra y se lleva el registro del sistema. Comprende: *Accounting* (ACCTG), *logging* (LOG), y gestión de acceso (CLI, SNMP, etc.).
  
- ✓ **Protocolos de enrutamiento**: Bloque funcional que agrupa todas las funciones de operación de enrutamiento. Comprende protocolos tales como: OSFP, SER-ES, LDP, RSVP, etc.
  
- ✓ **Servicios**: corresponde a la gestión de servicios en Capa 2 (L2VPN), además de OA&M y administración en el nivel de envío.



**Figura 3-9. Módulos de Software**

FUENTE: ALCATEL. (2004): "The Alcatel 7450 Ethernet Service Switch (ESS) Boilerplate".

El CPU residente en las tarjetas IOMs maneja la interacción entre el nivel de control y la máquina de envío *Flexible Fast Path*. Esto incluye la administración y actualización de las tablas de enrutamiento basadas en actualizaciones enviadas desde la tarjeta SF/CPMs. Los CPUs en cada IOM también se ocupan cada cierto tiempo de los procedimientos de nivel de control crítico, como ocuparse de los mensajes de re-enrutamiento rápidos, manteniendo las transiciones por debajo de los 50mseg.

### **ADMINISTRADOR DE TABLA DE RUTAS / BASE DE INFORMACIÓN DE ENVÍO (FIB)**

El administrador de tabla de rutas (RTM -*Route Table Manager*-) es una librería con su propio gestor de memoria dedicado.

Un proceso especializado llamado *Routing Daemon* (RTMd), asincrónicamente se ocupa de todos los funcionamientos de mayor importancia, tales como: el chequeo de consistencia, cambio en el ECMP (*Equal Cost Multipath*), cambio de políticas de ruta, mantenimiento de la tabla FIB, etc. Todas las operaciones largas (como cambio de ECMP o de política de ruta, las cuales requieren un completo tratamiento en todas las rutas) son divididas en una serie de procesos de operaciones más pequeños (del orden ~100msec) tal que ninguna eventualidad en el protocolo de enrutamiento pueda monopolizar la base de datos de la RTM por más de 100msec.

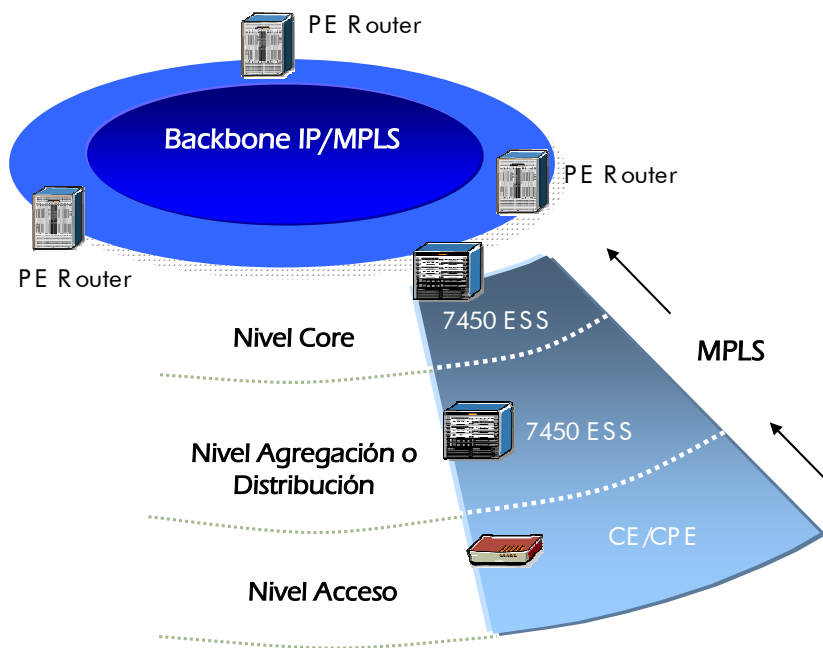
La dirección y mantenimiento de la tabla FIB, es manejada por el CPU localizado en cada tarjeta de línea (IOM). La RTM es responsable para administrar la tabla de enrutamiento del nivel de control y distribuir todas las actualizaciones de ruta al CPU de cada IOM vía los recursos de mensajería ICC (*Inter Card Communication*). El CPU de la tarjeta IOM pone al día la información de las FIB de todas las componentes de envío locales. La tabla FIB de las IOMs es, esencialmente, una copia de las rutas activas utilizables de la RTM del SF/CPM.

Las rutas que han sido aceptadas por la RTM, y puedan usarse en el nivel de envío, son propagadas a las IOMs y distribuidas a través de un protocolo de mensajería llamado ICC, que utiliza mensajería segura del tipo *multicast* y *unicast*, similar a TCP, y así poder asegurar una población consistente de rutas en todas las IOMs activas. Para maximizar la distribución eficiente de rutas, multiples rutas son empaquetadas dentro de los mensajes ICC y son distribuidas (mediante mensajes *multicast*) a todas las IOMs activas. Si una IOM particular no reconoce el mensaje, un mensaje *unicast* será retransmitido a esa IOM.

En cada IOM, las rutas, que son recibidas desde la tarjeta SF/CPM, son mantenidas en la RAM de su CPU como una copia de referencia de la tabla FIB. Esta FIB existe inicialmente en la forma de un árbol binario simple (creado en base al uso de bits de las direcciones IP). La FIB será finalmente construida mediante las actualizaciones de ruta que se envían desde la RTM de la SF/CPM. La FIB es guardada en el procesador del *FastPath Flexible* como varias tablas comprimidas de búsqueda principal. Una porción de la dirección IP es usada como un índice dentro de una tabla y permitirá referenciar hacia otras tablas o dar un destino de la asignación de ruta (como la dirección IP del próximo salto).

### **3.4.2 Modelo de Servicio del 7450 ESS**

En el modelo de servicio del equipo 7450 ESS, éstos son desplegados en la frontera de las redes Metro Ethernet, tal como se muestra en la Figura 3-10. Los servicios son distribuidos en los 7450 ESS para luego ser transportados sobre una red central IP y/o IP/MPLS del proveedor, mediante los túneles de encapsulación creados bajo GRE (*Generic Router Encapsulation*), o por medio de los LSPs.



**Figura 3-10. Modelo de servicio del 7450 ESS**

El modelo de servicio usa entidades de servicio lógicas para construir un servicio dado. Estas entidades son diseñadas para proveer de forma equivalente: configuración centrada en servicio, administración, y modelo de facturación por el servicio provisionado. Algunos beneficios de este diseño centrado en servicios incluye:

- ✓ Muchos servicios pueden ser entregados a un solo cliente.
- ✓ Muchos servicios pueden transmitirse bajo un sólo túnel.
- ✓ Las configuraciones de los túneles son independientes de los servicios que ellos llevan.
- ✓ Los cambios son realizados en una sola entidad lógica en lugar de múltiples puertos en los múltiples dispositivos. Es más fácil cambiar un túnel en lugar de varios servicios.
- ✓ La integridad operacional de una entidad lógica (como un túnel de servicio o puntos finales de servicio) puede verificarse antes de las docenas de servicios individuales mejorando el escalamiento y desempeño administrativo.

- ✓ Una falla en el centro de la red puede ser correlacionada a los subscriptores y servicios específicos.
- ✓ Se aplican políticas de QoS, políticas del filtro, y políticas de contabilidad a cada servicio en lugar de poner en correlación parámetros y estadísticas de los puertos de servicios de los clientes.

Las entidades lógicas a fin de proveer un servicio son:

- ✓ **Clientes (*customer*)**: La entidad requerida más básica es el *customer ID*, valor que es asignado cuando la cuenta del cliente es creada. A fin de aprovisionar un servicio, el *customer ID* debe ser asociado con el servicio al momento en que éste es creado.
- ✓ **Puntos de Acceso de Servicio (*Service Access Points -SAPs-*)**: Cada tipo de servicio del subscriber se configura con por lo menos un punto de acceso de servicio (SAP). Un SAP identifica el punto de interfaz en los Alcatel 7450 ESS para un servicio del cliente. La configuración de los SAP requiere que se especifique: *slot* de IOM, MDA, además de información del puerto.
- ✓ **Caminos de Distribución de Servicio (*Service Distribution Paths -SDPs-*)**: Un camino de distribución de servicio (SDP) actúa como un camino lógico, a fin de dirigir el tráfico de un 7450 ESS a otro, a través de un túnel de servicio unidireccional. El SDP termina en el extremo de los 7450 ESS que dirigen los paquetes al SAP de salida del servicio respectivo. Un servicio distribuido consiste en una configuración con por lo menos un SAP en un nodo local, un SAP en un nodo remoto, y un SDP que una el servicio a través de un túnel de servicio.

### 3.4.3 Protocolos de enrutamiento soportados

El 7450 ESS proporciona el soporte necesario de protocolos de enrutamiento que permiten la configuración de servicios túnel bajo MPLS o GRE sobre el *backbone* de las redes del proveedor. Algunos protocolos de enrutamientos dinámicos (OSPF, IS-IS y RIP v1/v2) son soportados con suficiente escalabilidad con el fin de proporcionar un amplio dominio en la red de servicios del proveedor.

#### ENRUTAMIENTO ESTÁTICO

El equipo 7450 ESS permite configurar rutas estáticas de tres diferentes tipos:

- ✓ **Próximo Salto (Nex Hop)**: cuando se está conectado directamente a la siguiente dirección IP.
  
- ✓ **Indirecto**: una ruta estática indirecta es aquella donde el siguiente salto de dirección IP usado a fin de llegar al destino, no está conectado directamente a una red configurada en este nodo.
  
- ✓ **Hoyo Negro (Blackhole)**: es el tipo de ruta donde todos los paquetes cuya dirección de destino indicada sea ésta se desecharán precavidamente.

#### RIP

El Protocolo de Información de Enrutamiento (RIP -*Routing Information Protocol*-) es un protocolo de puerta interior (IGP) que usa un algoritmo de vector-distancia a fin de determinar la mejor ruta para un destino, usando como métrica la cuenta de saltos. Para que el protocolo proporcione la información completa sobre enrutamiento, cada elemento de red en el dominio debe participar en el protocolo.



RIP basado en un algoritmo de vector de distancia (Algoritmo Bellman-Ford), el cual anuncia la accesibilidad por anuncios de prefijos/máscara y la métrica (también conocido como cuenta y valor de salto). RIP selecciona la ruta con la menor métrica como la mejor ruta. Cada nodo es responsable de determinar la información de disponibilidad desde la topología de red.

El *software* de operación del 7450 ESS soporta RIPv1 y RIPv2. RIPv1, especificado en RFC 1058, asume la información de la máscara de red para un router sin vecino, basado en las clases de router a continuación:

- ✓ Clase A- máscara de 8 bits.
- ✓ Clase B- máscara de 16 bits.
- ✓ Clase C- máscara de 32 bits.

RIP es soportado en todas las interfaces IP, incluidas las interfaces de red y acceso.

RIP, siendo un protocolo basado en UDP<sup>13</sup>, actualiza su vecino, y el router vecino actualiza a sus vecinos, y así sucesivamente. Cada Router RIP anuncia a todos los Routers RIP por medio de las actualizaciones. La actualización permite contener hasta un máximo de 25 Routers anunciados. La forma de actualización utilizada en RIPv1 es parcialmente diferente a la utilizada en RIPv2, adicionalmente, las actualizaciones RIPv1 son enviadas a direcciones de difusión, en RIPv2 pueden ser enviadas a direcciones *broadcast* o *multicast*.

Por defecto, RIP anuncia a todos los Routers RIP, y a sus adyacentes, cada 30 segundos. RIP utiliza como métrica la cuenta de saltos a fin de determinar la distancia entra la fuente del paquete y el destino. El valor de métrica para un router válido es

---

<sup>13</sup> UDP (User Datagram Protocol), Protocolo de datagramas del usuario, es un protocolo de capa de transporte sin conexión que permite definir la pila de protocolos TCP/IP. UDP es un protocolo sencillo que intercambia datagramas/paquetes sin acuses de recepción o garantía de entrega, lo que requiere que el tratamiento de errores y la retransmisión deben ser gestionados por otros protocolos. UDP está definido en la norma RFC768.

entre 1 y 15; un valor de métrica de 16 (infinito) indica que el router no es de un valor válido, y deberá ser removido de la tabla de enrutamiento.

La mínima configuración RIP debe definir un grupo y un vecino. Los parámetros configurados en un nivel global son heredados por los niveles de grupo y vecino. Los parámetros pueden ser modificados y sobre escritos en un nivel básico y específico. En fin, la jerarquía de comandos RIP consiste de tres niveles: Global (*Global*), Grupo (*Group*) y Vecino (*Neighbor*).

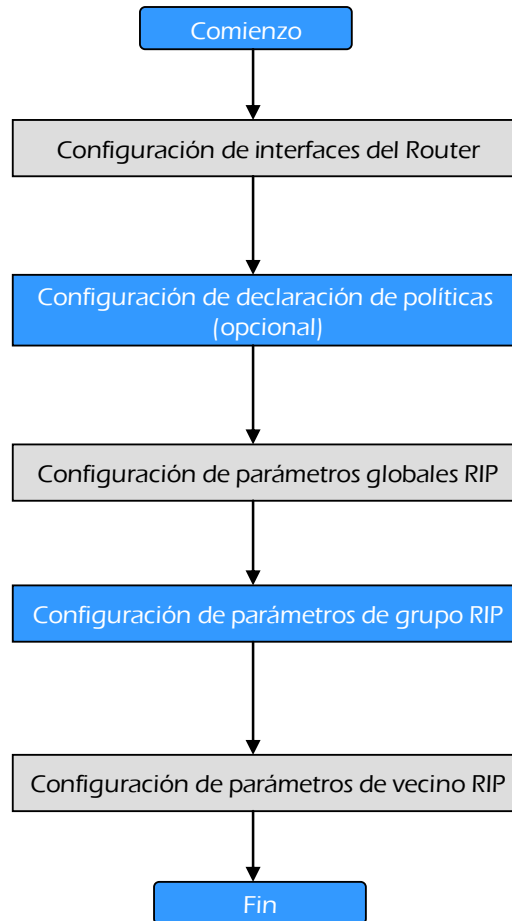
En la Figura 3-11 de la página siguiente, se muestra el proceso de configuración de los parámetros RIP.

## **OSPF**

OSPF (*Open Shortest Path First* -abrir primero la ruta más corta-) es un protocolo jerárquico de estado de enlace. OSPF es un protocolo IGP usado dentro de grandes sistemas autónomos. Los Routers OSPF intercambian estado, costo, y otras informaciones relevantes de interfaz con los vecinos. La información intercambiada permite a todos los routers participantes a establecer un mapa de la topología de red. Teniendo establecida ya una topología de red, los routers aplican un algoritmo (algoritmo de Dijkstra) a fin de determinar la ruta más corta para cada destino en la red. La implementación OSPF de Alcatel para el equipo 7450 ESS-7 es conforme a la especificación RFC 2328: *OSPF Version 2*.

El diseño jerárquico en OSPF permite una colección de redes para ser agrupadas en áreas lógicas. Una topología de áreas es ocultada por el resto de los sistemas autónomos, con lo cual se reduce significativamente el tráfico del protocolo OSPF. Con el correcto diseño de redes y agregación de enrutamiento de área, el tamaño de las tablas de enrutamiento es reducida dramáticamente, permitiendo disminuir el

tiempo de cálculo de enrutamiento OSPF, además del tamaño de la base de datos topológica.



**Figura 3-11. Diagrama de configuración parámetros RIP**

Las características principales en OSPF son:

- ✓ **Áreas de Backbone:** el área *backbone* en OSPF, área 0.0.0.0, debe ser contigua y todas las otras áreas deberán ser conectadas a ésta. El *Backbone* permite distribuir información de enrutamiento entre las áreas.
- ✓ **Áreas pequeñas:** estas áreas pequeñas (*stub areas*) son áreas específicas que no permiten los anuncios de routers externos.

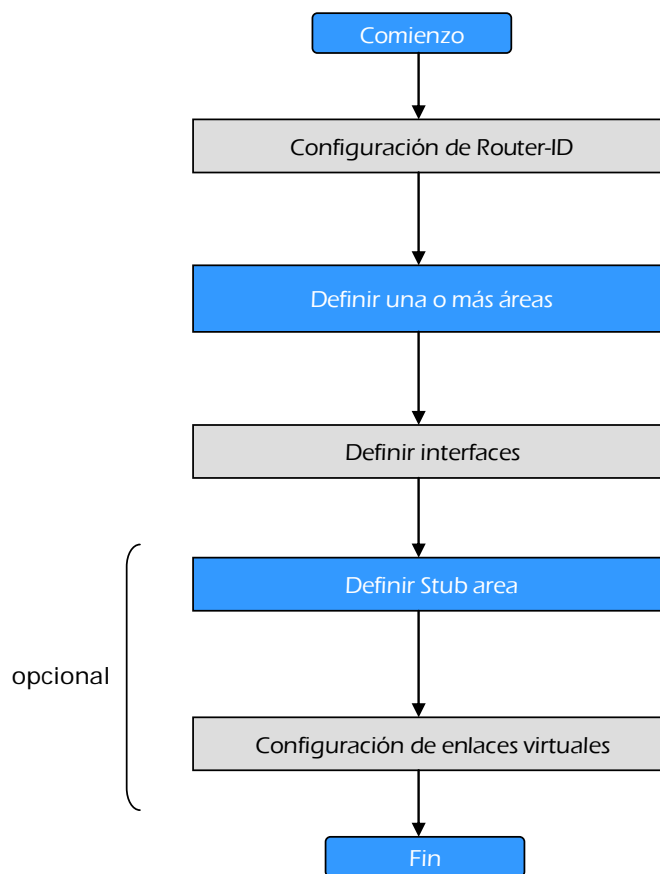
- ✓ **Enlaces virtuales**: cuando no es posible conectar el área de *backbone* con una pequeña área, esta conexión se podrá realizar mediante un enlace virtual.
  
- ✓ **Autenticación**: todo el intercambio de protocolo OSPF puede ser autenticado. Esto significa que solo los routers de confianza pueden participar en el enrutamiento de los sistemas autónomos. La implementación Alcatel en OSPF soporta autenticación de texto plano o *Message Digest 5* (MD5), también llamado contraseña simple. MD5 permite una clave de autenticación a ser configurada por red, así, los routers en un dominio deben ser configurados con una misma clave.

En la página a continuación se muestra la Figura 3-12, en la cual se describe el proceso de aprovisionamiento básico para los parámetros OSPF.

#### **3.4.4 MPLS**

MPLS es una tecnología de conmutación de etiquetas que provee la habilidad de establecer caminos orientados a conexión sobre redes no orientadas a conexión IP. MPLS facilita el flujo de tráfico de red y provee un mecanismo de tráfico de red modelado independientemente de las tablas de enrutamiento. Con MPLS es posible formar caminos o rutas específicas para una secuencia de paquetes, en los cuales es insertada una etiqueta por cada paquete a transmitir.

MPLS es independiente de cualquier protocolo de enrutamiento, pero es considerado multiprotocolo porque éste trabaja con protocolos de redes tales como: IP, ATM y *Frame Relay*.



**Figura 3-12. Diagrama de configuración parámetros OSPF**

En el envío convencional de Capa 3, cuando un paquete es transmitido a través de la red, cada router extrae toda la información necesaria para el envío de la cabecera del paquete. Esta información es posteriormente comparada con la tabla de enrutamiento a fin de determinar el próximo salto del paquete.

En la mayoría de los casos, el único campo relevante en la cabecera es la dirección de destino. Sin embargo, el análisis de la cabecera debe ser realizado independientemente en cada router por los que el paquete ha sido transmitido.

En MPLS, el análisis de la cabecera del paquete es hecho sólo una vez: al momento de ingresar el paquete a la red. A la cabecera se le es asignada una etiqueta

basado en un valor configurado manualmente (enrutamiento estático) o mediante un valor señalizado dinámicamente.

Los paquetes viajan a través un LSP, y son identificados por una etiqueta de 20 bits, de valor entero. El sistema operativo del 7450 ESS utiliza las etiquetas para MPLS, RSVP, y LDP, así como también para los servicios basados en etiquetas como VLL y VPLS. El rango para las etiquetas es de 0 a 1.048.575. Los valores de etiquetas de 0 a 15 están reservados y tienen como significado:

- ✓ El valor 0 representa “*IPv4 Explicit NULL label*”, la cual tiene validez sólo en la base de la pila de etiquetas. Éste valor indica que la pila de etiqueta debe ser extraída (*popped*), y el envío del paquete debe ser basado en la cabecera de protocolo IPv4.
- ✓ El valor 1 representa una etiqueta de alerta de Router (*Router Alert Label*), y tiene validez en cualquier nivel de la pila, menos en la base de ésta. Cuando un paquete recibido contiene este valor de etiqueta en la cima de la pila de etiquetas, éste es entregado a un módulo del software local para que sea procesado. El envío del paquete existente es determinado por la etiqueta bajo él en la pila. Sin embargo, si por otro lado el paquete es enviado, la etiqueta “*Router Alert Label*” será colocada sobre la pila de etiqueta antes que esto suceda. El uso de esta etiqueta es análogo al uso de la opción de alarma del Router en paquetes IP. Puesto que esta etiqueta no puede suceder en el fondo de la pila, ésta no es asociada a algún protocolo de capa de red en particular
- ✓ El valor 2 representa “*IPv6 Explicit NULL label*”, la cual tiene validez sólo en la base de la pila de etiquetas. Éste valor indica que la pila de etiqueta debe ser extraída (*popped*), y el envío del paquete debe ser basado en la cabecera de protocolo IPv6.
- ✓ El valor 3 representa “*Implicit NULL Label*”. Ésta es una etiqueta que un LSR puede asignar y distribuir, pero que nunca realmente aparece en la encapsulación. Cuando un LSR reemplaza la etiqueta ubicada en la cima

de la pila por una nueva etiqueta, pero la nueva etiqueta es del tipo “*Implicit NULL*”, el LSR extrae toda la pila en lugar de hacer el reemplazo. Aunque este valor nunca pueda aparecer en la encapsulación, necesita ser especificado en el Protocolo de Distribución de Etiqueta (LDP), tan así, que su valor es reservado

- ✓ Los valores 4 al 15 están reservados para uso futuro.

Los valores del 16 al 1.048.575 están definidos de la siguiente manera:

- ✓ Los valores de etiqueta del 16 al 31 están reservados para uso futuro.
- ✓ Los valores del 32 al 1.023 están disponibles para asignación estática.
- ✓ Los valores del 1.024 hasta el 2.047 están reservados para uso futuro.
- ✓ Las etiquetas con valores entre 2.048 al 18.431 son asignadas de forma estática para los servicios.
- ✓ Los valores 28.672 hasta 131.071 son asignadas dinámicamente tanto para MPLS como para los servicios.
- ✓ Los valores de etiqueta desde 131.072 al 1.048.575 están reservadas para uso futuro.

A continuación se expone algunas características bajo MPLS que son permitidas por los equipos 7450 ESS.

### **CONFIGURACIÓN DE SERVICIOS DE TÚNEL (VPLS, VLL)**

El equipo 7450 ESS permite establecer sesiones LDP y exploración extendida, según lo especificado en el RFC 3036, para creación de circuitos virtuales entre puntos terminales, como es el caso de los servicios VLL y VPLS. Éste provee el intercambio fundamental de las etiquetas en los circuitos virtuales, tal como está definido en diferentes especificaciones de Capa 2 sobre MPLS.

## SOPORTE DE SERVICIOS TÚNEL

El 7450 ESS provee los siguientes tipos de LSP a fin de soportar servicios de túnel:

- ✓ **LSP señalado por RSVP o RSVP-TE**: este método determina el *Path* a través de la red basado en el criterio de los protocolos de interfaz interior (IGP) en la red. Si ninguna restricción es aplicada al LSP, entonces los routers envían simplemente la petición del camino a fin de activar el siguiente salto para un destino e particular, sin llevar a cabo enrutamiento explícito. El IGP y cada router es libre de elegir el siguiente salto activo basado en la base de datos de estado de enlace.
- ✓ **LSP LDP (salto a salto)**: esta capacidad puede ser desarrollada en las redes de proveedores de servicios donde el potencial de la ingeniería de tráfico no es requerida, o en los escenarios de interoperabilidad entre proveedores donde los túneles RSVP no soportan actualmente servicios de VLL y VPLS.
- ✓ **LSPs estático**: Los LSPs estáticos utilizan caminos (*Path*) MPLS configurados manualmente, en los cuales la dirección IP del siguiente salto y la etiqueta de salida son especificados explícitamente. A fin de establecer el *Path*, las señalizaciones como RSVP o LDP no son requeridas.

## RSVP Y RSVP-TE

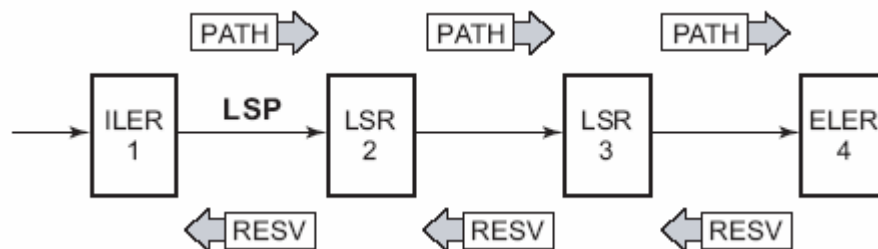
RSVP (*Resource Reservation Protocol* -protocolo de reserva de recursos-) es un protocolo de control de red que define los procedimientos para señalización de requerimientos QoS y la reserva de los recursos necesarios a fin de que un router provea las solicitudes de nivel de servicio a todos los nodos a lo largo del camino.



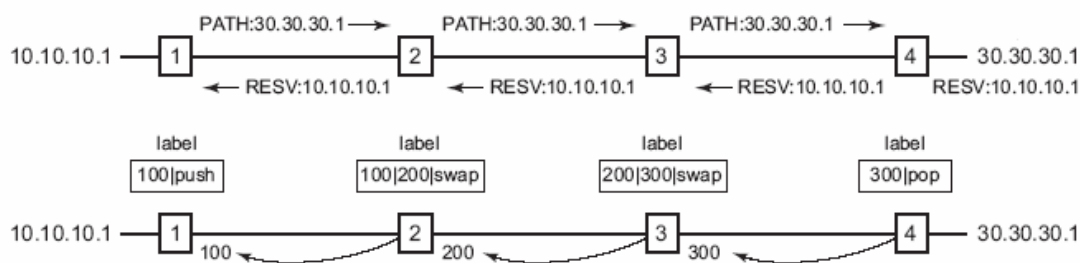
RSVP no es un protocolo de enrutamiento. Éste opera con protocolos de enrutamiento *unicast* y *multicast*, los cuales determinan por donde el paquete será enviado. RSVP es concerniente con la QoS de los paquetes que serán enviados en concordancia con el protocolo de enrutamiento.

RSVP utiliza dos tipos de mensajes a fin de establecer los LSPs: PATH y RESV. En las Figuras 3-13 y 3-14, se describe el procedimiento de establecer un LSP mediante RSVP.

- ✓ El transmisor (LER de ingreso -ILER-), envía mensajes PATH hacia el receptor (LER de salida o egreso -ELER-), a fin de indicar el FEC que es deseado por cada etiqueta establecida. Los mensajes PATH son utilizados para señalar y solicitar el establecimiento de etiquetas requeridas con el fin de establecer el LSP desde el ingreso a la salida. Cada router a lo largo del camino examina el tipo de tráfico. Además, los mensajes PATH, facilitan a los routers realizar la reservación necesaria de ancho de banda y distribuir la etiqueta establecida al router anterior (router upstream).
- ✓ El ELER envía la información de la etiqueta establecida en el mensaje RESV en respuesta al mensaje PATH recibido.
- ✓ El LSP se considera operativo cuando el ILER recibe la información de la etiqueta establecida.



**Figura 3-13. Diagrama de establecimiento de LSPs con RSVP**  
FUENTE: ALCATEL. (2004): "7450 ESS OS Services Guide".



**Figura 3-14. Diagrama de LSP empleando RSVP**  
 FUENTE: ALCATEL. (2004): "7450 ESS OS Services Guide".

RSVP-TE (*RSVP Traffic Extension*) es un conjunto de ampliaciones para ingeniería de tráfico que RSVP propuso para el uso de LSR (al igual que concentradores), y así establecer, mantener y reservar los recursos de red para los túneles LSP.

La aplicación de RSVP-TE en los equipos 7450 ESS está apegado a la norma RFC 3209 RSVP-TE: extensión de RSVP para túneles LSP, y RFC 2961 RSVP *Refresh Overhead Reduction Extensions*.

Las principales características de la implementación de RSVP en los equipos 7450 ESS son las siguientes:

- ✓ Salto-a-salto, disposición de rutas autónomas y precisas.
- ✓ Existencia de un LSP primario y diferentes LSPs secundarios (los LSP primarios y los opcionales LSPs secundarios puede ser configurados hacia un destino específico). Pueden ser definidos hasta 8 LSPs secundarios por LSP primario. Los LSPs secundarios son normalmente habilitados sólo si falla el primario, por lo que comúnmente están configurados en modo de reserva. Si un LSP primario falla y un secundario toma las funciones de éste, entonces los 7450 ESS intentarán continuamente volver al LSP primario.
- ✓ Soporte de enrutamiento rápido (*Fast Re-Route*).
- ✓ Caminos autónomos para optimización de los LSP es soportado.

- ✓ Los límites de saltos son configurables, tanto para los LSP primarios como para los secundarios.
- ✓ Las reservaciones de ancho de banda, tanto para los LSP primarios como los secundarios, así como las rutas de desvío para el enrutamiento rápido.
- ✓ Los comandos CLI les proporcionan la información a los operadores de la red sobre la ruta real trazada por el LSP.

Los Routers que soportan MPLS y RSVP pueden asociar las etiquetas con los flujos de RSVP. Cuando se combinan MPLS y RSVP, la definición de un flujo puede hacerse más flexible. Una vez que un LSP es establecido, el tráfico a través del camino es definido por la etiqueta aplicada al nodo del ingreso del LSP. El mapeo de la etiqueta para el tráfico puede ejecutarse usando una variedad de criterio. El grupo de paquetes que son asignados al mismo valor de etiqueta por un nodo específico pertenecen al mismo FEC que define el flujo RSVP.

Para el uso con MPLS, RSVP tiene ya el componente de reservación de recurso incorporado que lo hace ideal para reservar recursos a los LSPs. RSVP tiene la habilidad de llevar mensajes no transparentes que pueden ser entregado a los módulos de control destinados.

Los LSP pueden ser señalizados con un tipo explícito de reservación. Los 7450 ESS-7 soportan dos diferentes tipos de reservación:

- ✓ **Filtro Fijo (FF -fixed filter-)**: este tipo de estilo especifica una lista explícita de emisores (*senders*) y una reservación distinta para cada uno de ellos. Cada emisor tiene una reservación dedicada que no comparte con otros emisores. Los emisores son identificados por medio de una dirección IP y un número de identificación local, el LSP\_ID. Debido a que cada emisor posee su propia reservación, una única etiqueta y LSP podrá ser construido por cada par emisor-receptor.

- ✓ **Explícito compartido (SE –shared explicit-)**: este estilo de reserva crea una reservación única sobre un enlace que es compartido por una lista explícita de emisores. Ya que cada emisor es listado explícitamente en el mensaje RERV, diferentes etiquetas pueden ser asignadas a diferentes pares de emisores-receptores, creando así los LSPs.

## **LDP**

El Protocolo de Distribución de Etiquetas (LDP -*Label Distribution Protocol*-) es un protocolo usado para distribuir las etiquetas en las aplicaciones diseñadas sin ingeniería de tráfico. Esta capacidad puede desplegarse en las redes de los proveedores de servicio donde las aplicaciones de ingeniería de tráfico no son requeridas o para los escenarios de interoperabilidad de múltiples proveedores, donde actualmente no es soportado RSVP para servicios VLL o servicios VPLS.

Un LSP se define como el grupo de etiquetas desde el LSR de inicio hasta el LSR de salida. LDP asocia un FEC con cada LSP que es creado. Un FEC es una colección de acciones comunes asociada con una clase de paquetes. Cuando un LSR asigna una etiqueta a un FEC, debe permitir a otros LSRs en la ruta conocer sobre la etiqueta. LDP permite establecer los LSPs proporcionando un grupo de procedimientos que los LSRs pueden usar para distribuir las etiquetas.

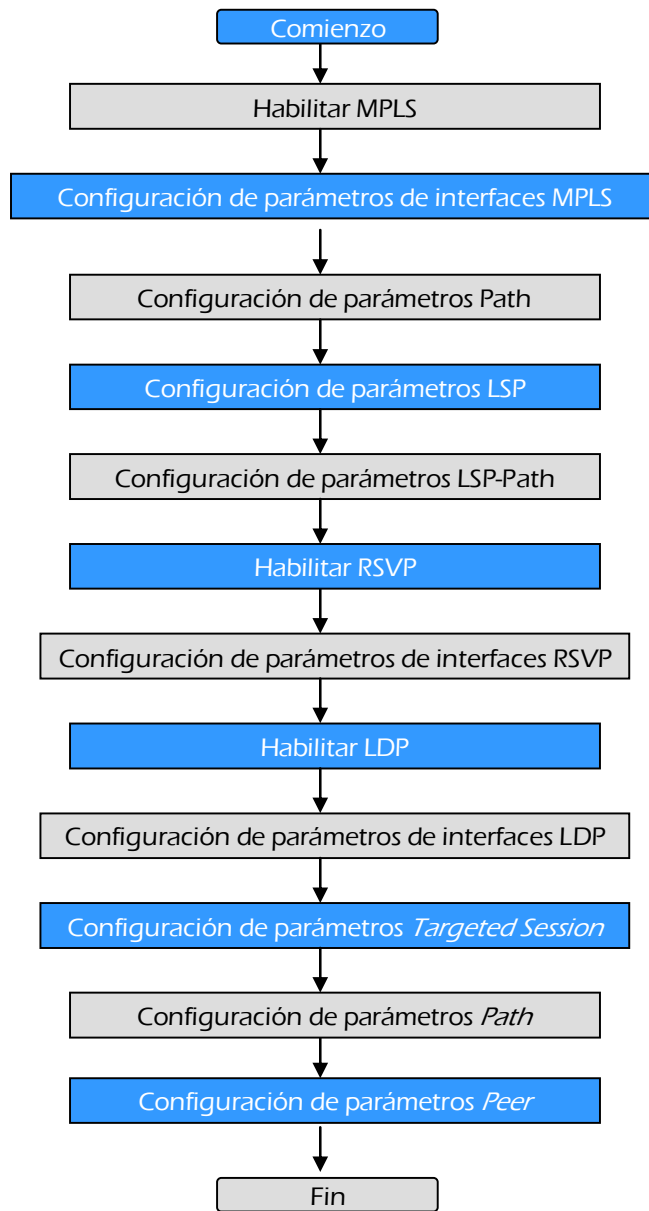
Con LDP es posible permitir a un LSR solicitar una etiqueta a un LSR *downstream* para que éste pueda establecer la etiqueta a un FEC específico. Este LSR *downstream* responde a la demanda del LSR *upstream* enviando la etiqueta pedida.

LDP realiza la distribución de etiquetas sólo en un ambiente MPLS. La operación con LDP comienza con el proceso de descubrir los *Hello* y así determinar los pares LDP en la red. Éstos son dos routers LSR que utilizan LDP para intercambiar la información de mapeo etiqueta/FEC. Una sesión LDP es creada entre un par de LDP.

Una sesión simple permite a cada par aprender de otros mapeos de etiquetas e intercambiar la información del establecimiento de etiqueta.

Una etiqueta MPLS, identifica un grupo de acciones que el nivel de envío realiza a un paquete entrante antes de desecharlo. El FEC se identifica a través del protocolo de señalización (en este caso, el protocolo LDP) y asigna una etiqueta. El mapeo entre la etiqueta y el FEC es comunicado al nivel de envío. Cuando un paquete sin etiquetar ingresa al equipo 7450 ESS, las políticas de clasificación lo asocian con un FEC específico, así se impone la etiqueta apropiada en el paquete, y este podrá enviarse. Otras acciones que pueden tener lugar antes que un paquete sea enviado son: forzar etiquetas adicionales, encapsulación, memorizar acciones, etc. Cuando todas las acciones asociadas con el paquete se completan, el paquete es enviado. Para el caso en que ingresa un paquete ya etiquetado, la etiqueta o pila de etiquetas indican el grupo de acciones asociado con el FEC para esa etiqueta o pila de la etiqueta. Las acciones son preestablecidas en el paquete, y posteriormente éste es enviado.

Una vez delineadas algunas de las características presente en MPLS para el equipo 7450 ESS, en la página a continuación, se muestra la Figura 3-15 con los pasos a seguir para la correcta configuración de parámetros MPLS, RSVP y LDP en el equipo 7450 ESS-7. En el capítulo 4.6 del presente documento, se describe en forma detallada la configuración de éstos parámetros en los equipos 7450 ESS-7.

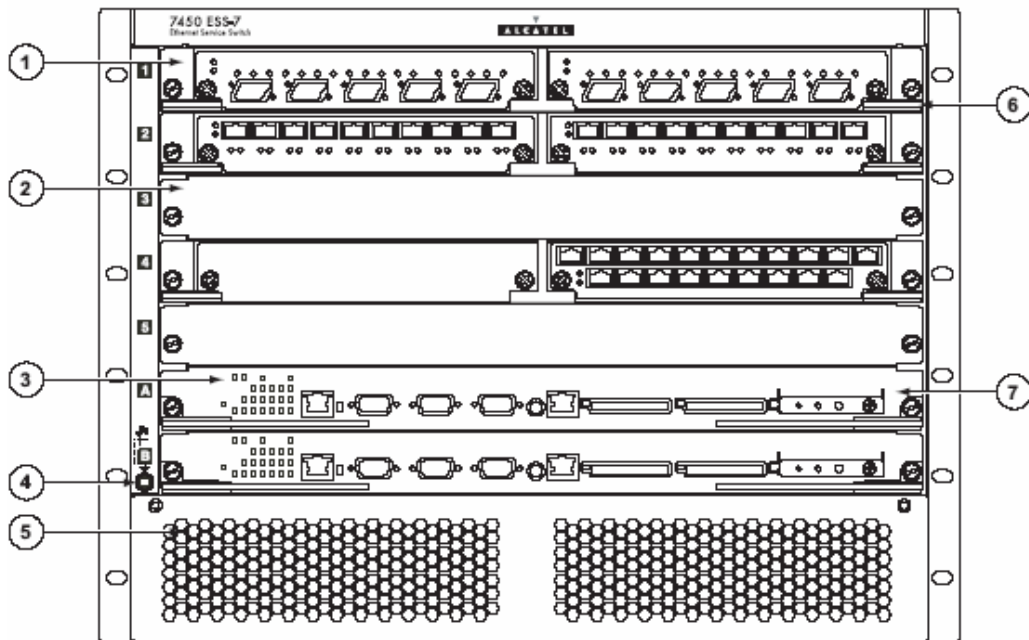


**Figura 3-15. Diagrama de configuración parámetros MPLS**

### 3.5.- CARACTERÍSTICAS DEL CHASIS <sup>[6] [7]</sup>

En los chasis de los equipos 7450 ESS-7, las ranuras superiores, numeradas de 1 al 5, son reservadas para las tarjetas de entrada/salida (IOMs). Dichas ranuras o *slots* se orientan horizontalmente. Un máximo de dos (2) MDAs pueden ser instaladas en cada IOM. Se instalan MDAs de la siguiente manera en cada slot en una IOM: MDA *slot* 1 (ranura izquierda) o MDA *slot* 2 (ranura derecha). Las dos ranuras ubicadas en la parte baja del chasis, etiquetadas A y B, son reservadas para las tarjetas SF/CPM. Por lo menos una tarjeta SF/CPM debe instalarse para que el sistema esté operativo. La tarjeta SF/CPM redundante opera en el modo de reserva, y asume el funcionamiento del sistema si falla la tarjeta primaria.

La Figura 3-16 muestra una vista frontal de los chasis del equipo 7450 ESS-7 con tapa de seguridad delantera instalada. Refiérase a la Tabla 3-4 para descripción de las partes.

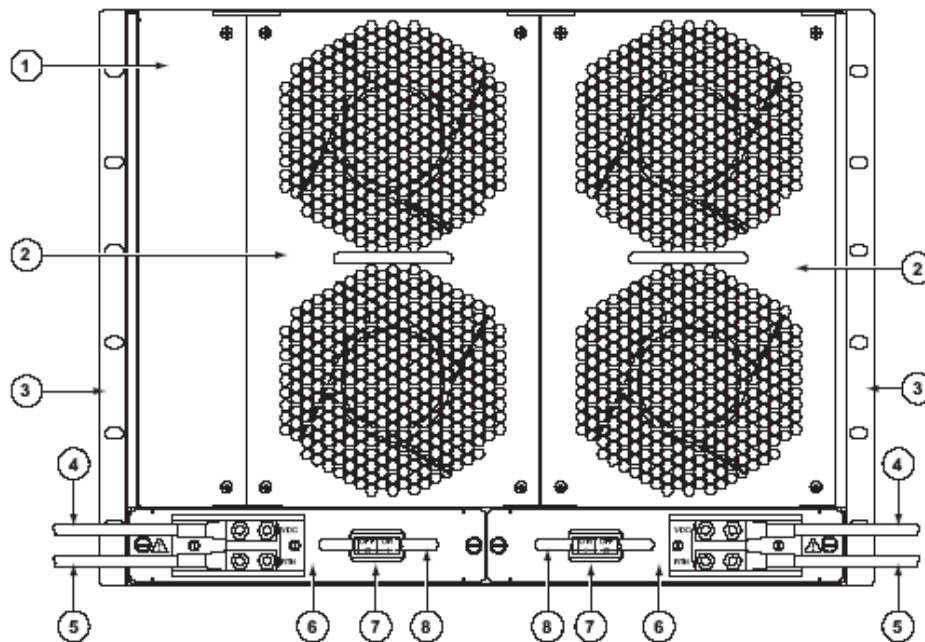


**Figura 3-16. Vista Frontal del Chasis**  
FUENTE: ALCATEL. (2004): "Alcatel 7450 ESS-7 Installation Guide"

Elemento	Descripción
1	IOM con MDA instaladas
2	Guardapolvo instalado en slot IOM vacío
3	SF/CPM
4	Conector de pulsera anti-estática
5	Bahías para convertidores AC-DC
6	Expulsor de tarjeta IOM
7	Mecanismo de bloqueo de compact flash 3

**Tabla 3-4. Descripción parte frontal equipo 7450 ESS-7**  
FUENTE: ALCATEL. (2004): "Alcatel 7450 ESS-7 Installation Guide"

La Figura 3-17 muestra una vista posterior de los chasis del equipo 7450 ESS-7 con módulos de alimentación DC. Refiérase a la Tabla 3-5 para descripción de las partes.



**Figura 3-17. Vista Posterior del Chasis**  
FUENTE: ALCATEL. (2004): "Alcatel 7450 ESS-7 Installation Guide"



Elemento	Descripción
1	Bandeja de Filtro reemplazable
2	Bandeja de Ventiladores reemplazable
3	Soportes para instalación en rack
4	Cable negativo de corriente DC
5	Cable de retorno de corriente DC
6	PEM DC
7	Interruptor (ON/OFF)
8	Manilla de módulo PEM

**Tabla 3-5. Descripción parte posterior equipo 7450 ESS-7**

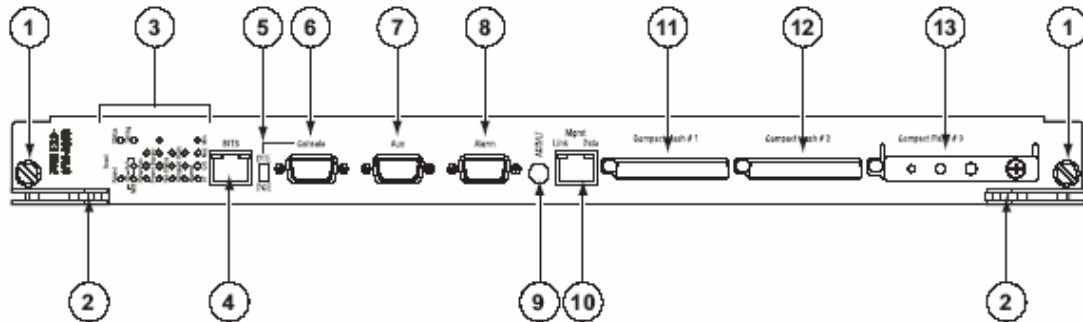
FUENTE: ALCATEL. (2004): "Alcatel 7450 ESS-7 Installation Guide"

Como se describió en las secciones anteriores, las tarjetas SF/CPM controlan la asignación de ruta y conmutan las funciones para el sistema del 7450 ESS-7. El Equipo opera con al menos una SF/CPM instalada. La tarjeta SF/CPM redundante opera en el modo de reserva, y asume el funcionamiento del sistema si falla la tarjeta primaria.

La SF/CPM está conectada directamente al *backplane* y lleva el tráfico entre las tarjetas de línea IOM. El *backplane* proporciona el acceso de gran velocidad a las SF/CPMs, IOMs, y MDAs. La estructura de conmutación (SF), parte de la tarjeta SF/CPM, recibe y dirige el tráfico a los destinos según la información de asignación de ruta.

Cada módulo SF/CPM puede acomodar hasta tres (3) memorias Compact flash que pueden usarse para copiar y almacenar el sistema operativo del equipo, archivos de configuración, opciones de inicio, entre otros.

En la Figura 3-18 se muestra en detalle el frontal de la tarjeta SF/CPM. En la Tabla 3-6 se describe cada elemento contenido en la tarjeta.



**Figura 3-18. Vista Frontal Tarjeta SF/CPM**  
FUENTE: ALCATEL. (2004): "Alcatel 7450 ESS-7 Installation Guide"

Elemento	Descripción
1	Tornillos aseguradores
2	Expulsor de tarjeta
3	Botón de reset y LEDs de estatus del sistema
4	Puerto BITS para fuente de sincronismo de red (RJ-45)
5	Interruptor DTE/DCE
6	Puerto de consola (DB-9)
7	Puerto de alarmas (DB-9)
8	Puerto auxiliar (DB-9)
9	Botón de prueba de alarma
10	Puerto de Gestión y Monitoreo (DB-9)
11	Compact flash #1
12	Compact flash #2
13	Compact flash #3

**Tabla 3-6. Descripción de partes de tarjeta SF/CPM**  
FUENTE: ALCATEL. (2004): "Alcatel 7450 ESS-7 Installation Guide"

### 3.6.- CONSUMO, DIMENSIONES Y AMBIENTE <sup>[6][7]</sup>

La siguiente Tabla 3-7 muestra los requerimientos de alimentación tanto AC como DC, dimensiones físicas del equipo, así como las características del ambiente.

	7450 ESS-7
<b>Requerimientos de energía</b>	AC: 220 VAC DC: -48VDC
<b>Consumo (min/max)</b>	400 W / 2000 W max
<b>Dimensiones (Pulgadas/cm/RU)</b>	H: 14.0 in./ 35,56 cm / 8 RU W: 17.5 in./ 44,45 cm / N/A D: 23.5 in./ 59,69 cm / N/A
<b>Peso del Chasis</b>	60 lbs. (27.22 kg) DC PEM: 5 lbs (2.27 kg) AC PEM: 1.5 lbs (0.68 kg) AC PSM: 10.5 lbs (4.76 kg)
<b>Peso Chasis completamente cargado</b>	155 lbs (70.45 kg)
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	23 – 131 °F / -5 - 55 °C
<b>Humedad</b>	0-90% (sin condensación)
<b>Altitud</b>	3,048 m sobre el nivel del mar (10,000 ft)

**Tabla 3-7. Características de energía y ambientales del equipo 7450 ESS-7**

FUENTE: ALCATEL. (2004): "Alcatel 7450 ESS-7 Installation Guide"

Las siguientes tablas (Tablas 3-8 y 3-9) muestran los consumos de potencia por unidad.

System	7450 ESS-7
Chasis	230
SF/CPM	144
IOM	168

**Tabla 3-8. Consumo de energía del equipo 7450 ESS-7**  
FUENTE: ALCATEL. (2004): "Alcatel 7450 ESS-7 Installation Guide"

MDA	
10GigE (1 port)	28
10GigE (2 port)	40
1GigE-SFP (10-port)	26
1GigE-SFP (20-port)	65
10/100/1000 BaseT (20 port)	73
10/100 BaseT (60 port)	29
100 BaseFx-SFP (20 port)	36
OC-3-SFP (8-port)	30
OC-3-SFP (16-port)	48
OC-12-SFP (8-port)	32
OC-12-SFP (16-port)	50
OC-48/STM-16 (2-port)	20
OC-48/STM-16 (4-port)	24

Todos los valores en watts

**Tabla 3-9. Consumo de energía de Tarjetas MDA**  
FUENTE: ALCATEL. (2004): "Alcatel 7450 ESS-7 Installation Guide"

### 3.7.- DISPONIBILIDAD

Las medidas de disponibilidad suelen utilizarse para calcular la probabilidad de que se produzca un error en un único componente del sistema. Una medida empleada para definir la disponibilidad de un componente o del sistema, es el tiempo medio entre errores (MTBF -*Mean-time-between-failure*-). El MTBF es el intervalo de tiempo promedio, normalmente expresado en miles o en decenas de miles de horas (a veces llamadas horas de encendido o POH), que transcurre hasta que se produce un error en un componente, y es preciso repararlo. El MTBF se calcula mediante la ecuación siguiente <sup>[30]</sup>:

$$\text{MTBF} = \frac{(\text{tiempo transcurrido} - \sum \text{tiempo apagado})}{\text{numero de fallas}}$$

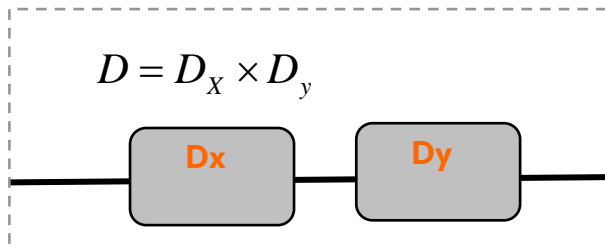
Una medida relacionada es el tiempo medio de reparación (MTTR -*Mean Time To Repair*- o más precisamente Tiempo Promedio para Reestablecimiento de Servicio). El MTTR es el intervalo de tiempo promedio (normalmente expresado en horas) que se tarda en reparar un componente que ha sufrido un error. La disponibilidad de todos los componentes de la solución (por ejemplo, hardware de servidor, sistema operativo, software de aplicación y funciones de red) pueden afectar a la disponibilidad de una solución. <sup>[30]</sup>

Un sistema es más confiable si es tolerante a errores. La tolerancia a errores es la capacidad de un sistema para seguir funcionando cuando se produce un error en parte del sistema. Para conseguir tolerancia a errores hay que diseñar el sistema con un alto grado de redundancia de hardware. Si se produce un error en un único componente, el componente redundante asumirá su función sin que se produzca un tiempo de inactividad apreciable. <sup>[30]</sup>

La disponibilidad del equipo 7450 ESS-7 viene expresada por la cantidad de minutos u horas que el sistema funcionará correctamente en el período de un año. Para tal fin, se toma en consideración todas las unidades que conforman o están instaladas en el equipo bajo estudio, esto es: cantidad de fuentes de poder, cantidad de bandejas de ventilación, número de tarjetas SF/CPM presentes, número de tarjetas IOM instaladas, número y tipo de tarjetas MDA instaladas, y el número y tipo de módulos SFP instalados. Para calcular la disponibilidad, se utilizará la siguiente ecuación:

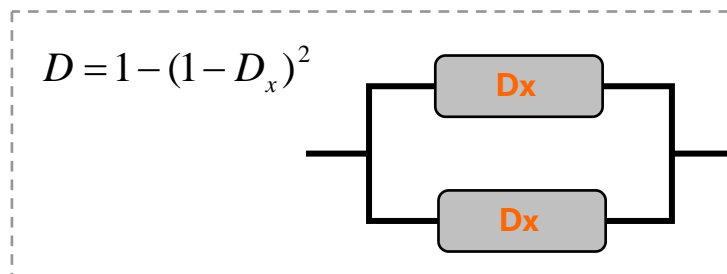
$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Para el caso en que se interconectan partes del equipo, ya sea en “serie” o en “paralelo” (cuando se tiene redundancia), se requiere determinar la disponibilidad de la siguiente forma:



**Figura 3-19. Esquema calculo disponibilidad en serie**

**Figura 3-20. Esquema calculo disponibilidad en paralelo**



Los cálculos de sistema y nodo para los productos Alcatel IPD (*IP Development - Departamento de Desarrollo IP-*) se realizan según lo definido en las guías Telcordia SR-TSY-001171 edición 1, 1989 y GR-512-CENTRO, edición 2, 1998.

El reestablecimiento ante una falla, es decir, la Probabilidad que una falta sea detectada y reestablecida sin afectar en el servicio, se determina usando los Modos de Falla y Análisis de Efectos (FMEA -*Failure Modes and Effects Analysis*-) descritos en la guía MIL-STD-1629A e IEC 812 - 1985.

Los cálculos de proporción de fallas para los productos Alcatel IPD se realizan usando las asunciones y notas listadas a continuación:

- ✓ La guía GR-512-CENTRO de Telcordia requiere dos valores de tiempo promedio para reparaciones (MTTR), uno menor a una (1) hora para un sitio habitado que incluye sólo el tiempo para la detección de la falta y la restauración del bastidor, pero sin incluir el tiempo de traslado, y uno menor a cuatro (4) horas para un sitio no habitado, que incluye el tiempo de traslado para así transportar un reemplazo al sitio.
- ✓ El documento "Procedimiento de Predicción de Fiabilidad para Equipos Electrónicos" de Telcordia (Referencia Técnica SR-332, edición 1, mayo 2001) es utilizada para calcular la Tasa en la predicción de fallas (*Predicted Failure Rates*) para cada componente individual
- ✓ Las condiciones siguientes son supuestas por la edición 1 de la guía Telcordia, mayo 2001:
  1. Ambiente: Oficina central
  2. Temperatura de Operación: + 40°C (Correspondiendo a 25°C de la temperatura ambiente del cuarto con un incremento de 15°C debido a la temperatura interior del sistema)
  3. Nivel de Calidad de los componentes: 2
  4. Componente de Tensión Eléctrica: <50%
  5. Sistema dañado: Ninguno
  6. Unidad dañada: Ninguna
  7. Componente dañado: Ninguno

- ✓ La vida útil para los equipo Alcatel, es decir, tiempo antes de que cualquier componente en el sistema comience a presentar fallas, se asume no menor a 15 años en una sala con temperatura ambiente de 25°C.



## DESARROLLO

En el presente capítulo se tiene como finalidad presentar la información detallada de instalación de los equipos Alcatel 7450 ESS-7, que constituyen el Anillo Metro Ethernet Las Mercedes – Cafetal @ 10 Gbps, a instalarse en las Centrales: Las Mercedes, Cafetal, Hatillo, Trinidad y Prados del Este; incluyendo datos técnicos, ilustrativo de bastidor y sub-bastidor, diagrama de interconexión, diagrama de Red, disponibilidad y el análisis de medición de las Fibras Ópticas. Este Anillo, a su vez, estará interconectado al Anillo Metro Ethernet Core Caracas de CANTV, el cual también está conformado por equipos 7450 ESS-7, mediante los equipo a instalar en las estaciones Las Mercedes y Cafetal, respectivamente. Además, el Anillo LMS – CAF estará igualmente conectado al *backbone* de la red Metro Ethernet CANTV que comprende los Router de Distribución Cisco. El diagrama de red futura, con las conexiones antes mencionadas, se muestra en la Figura 4-1. de la página 121.

### 4.1.- IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE RED

Los elementos a instalar corresponden a equipos LERs, y permitirán distribuir el tráfico entre los equipos o elementos de acceso y la red de transporte, realizando la función de un switch de distribución (*dsw* o *Distribution Switch*).

Cada LER comprende un equipo 7450 ESS-7, los cuales fueron instalados en centrales pertenecientes a la Corporación CANTV en salas destinadas a tal fin. La tabla 4-1 a continuación indica los acrónicos de los equipos instalados:

EQUIPO	ESTACIÓN	ACRONIMOS
7450 ESS-7	MERCEDES	lms-dsw-00
7450 ESS-7	CAFETAL	caf-dsw-00
7450 ESS-7	HATILLO	hti-dsw-00
7450 ESS-7	TRINIDAD	tri-dsw-00
7450 ESS-7	PRADOS DEL ESTE	pde-dsw-00

**Tabla 4-1. Acrónimos de equipos a instalar**

## 4.2.- DESCRIPCIÓN DE RED FUTURA

La red a instalar se fundamenta en una Red Metro Ethernet, basada en servicio MPLS, gracias a los equipos 7450 ESS-7 de Alcatel. Con una arquitectura de interconexión para los equipos bajo una topología tipo anillo, todo el tráfico entrante/saliente de los equipos de acceso podrá ser distribuido a través de los equipos 7450 ESS-7 hacia la red de transporte Metro Ethernet que éstos conforman.

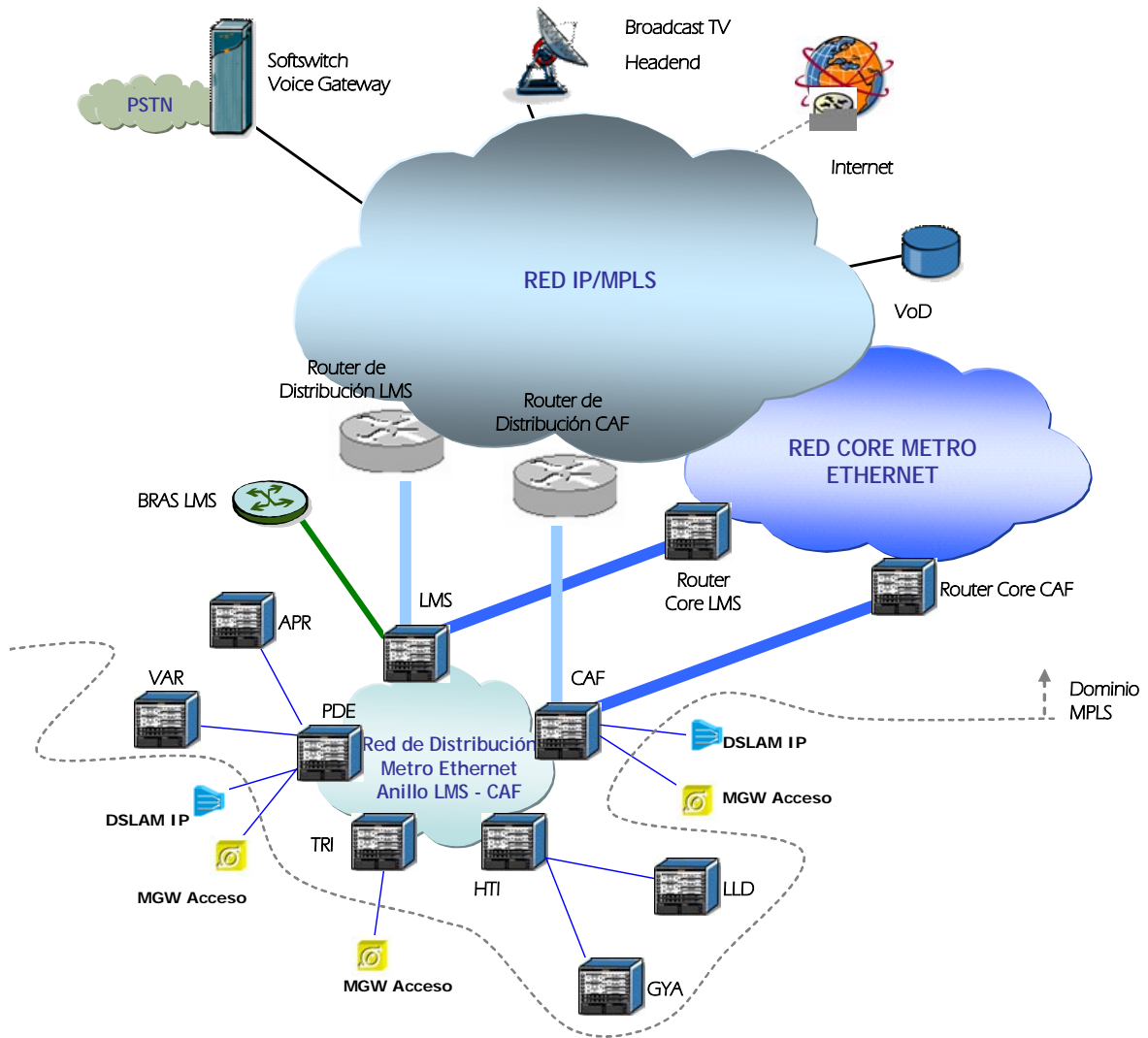
La red permitirá el transporte y control de los servicios entre los nodos de acceso (IP DSLAM<sup>14</sup> -servicio ADSL-, MGW<sup>15</sup> VoIP -servicio NGN acceso-) y la red de servicios (Servidores BTV, VoD, Internet BRAS<sup>16</sup>, entre otros), por medio de la conexión al *Backbone* IP/MPLS o a la Red Core Metro Ethernet. Así, los nodos o equipos de acceso se conectarán a los nodos de distribución (conformados por los equipo 7450 ESS) los cuales conforman al Anillo de distribución, y éstos distribuirán el tráfico hacia los nodos donde se posea conexión hacia la red de servicios gracias a la conexión con el *backbone* de la red IP/MPLS, mediante la conexión con los Routers de Distribución Cisco, o a través de la Red Core Metro Ethernet, conformada también por equipos 7450 ESS-7. La Red de servicio está conformada por los servidores que soportan las aplicaciones de voz y datos, tales como VoD, VoIP,

<sup>14</sup> Dispositivo de distribución para servicio xDSL (bucle de abonado digital x) desde una central telefónica. Siglas de *Digital Subscriber Line-Access Multiplexer* (multiplexor de acceso a línea de abonado terminal).

<sup>15</sup> Siglas de *Media Gateway*.

<sup>16</sup> BRAS: *Broadband Remote Access Servers*, servidores de acceso remoto de banda ancha.

Internet, y la Red PSTN, entre otras. Adicional a las conexiones especificadas, el equipo 7450 ESS-7 ubicado en la estación Las Mercedes estará conectado a un BRAS, conformado por el equipo ERX de Juniper. En la Figura 4-1 se muestra el diagrama de red futura una vez establecido el Anillo Metro Ethernet LMS – CAF.



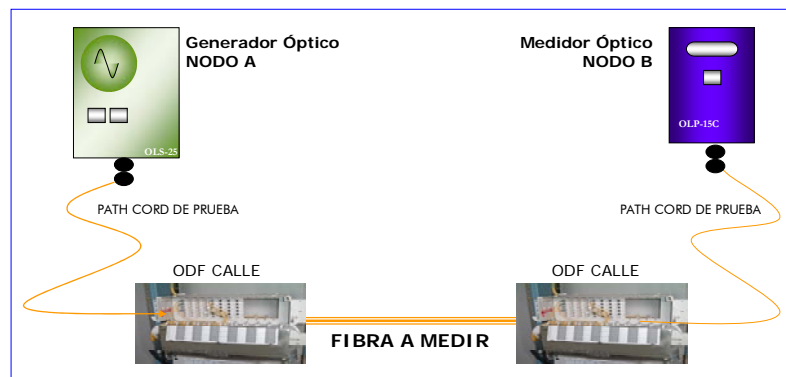
**Figura 4-1. Diagrama de red futura**

### 4.3.- PRESUPUESTO DE POTENCIA

El Presupuesto de Potencia corresponde a la evaluación de las pérdidas de potencia netas (en dB) de un tramo de F.O., por medio del cual se interconectan puertos de equipos adyacentes. Para tal fin es necesario medir las pérdidas en cada componente del tramo de forma individual, generando una señal óptica en un extremo, con cierta longitud de onda y potencia, y medir con un receptor en el otro extremo, tal como se muestra en la Figura 4-2.

Los materiales e instrumentos utilizados fueron los siguientes:

- ✓ Medidor Óptico. Marca: Wandel & Goltermann. Modelo: OLP-15C.
- ✓ Generador Láser. Marca: Wandel & Goltermann. Modelo: OLS-25.
- ✓ Atenuador. Marca: Wandel & Goltermann. Modelo: OLA-15B.
- ✓ Reflectómetro.
- ✓ Microscopio óptico.
- ✓ 2 unidades de Aire Comprimido.
- ✓ 2 unidades de Limpiador de fibra óptica.
- ✓ Alcohol absoluto.



**Figura 4-2. Esquema para medición de pérdidas**

Es importante destacar que las mediciones realizadas sólo se efectuaron en los hilos de F.O. pertenecientes al cable de interconexión entre centrales. Para cada tramo del cable existente entre cada una de las estaciones a interconectar, se requirió la asignación por parte de la Corporación CANTV de un par de hilos de F.O. del tipo monomodo, uno para TX, y otro para RX. El valor de atenuación de los *patch cord* (cables de fibra) a instalar entre los puertos del equipo 7450 ESS-7 y los ODFs (*Optical Distribution Frame*) de calle para cada central, o nodo en particular, son valores estimados. Los valores estimados están acorde a la norma G652 de la ITU.

Con el equipo de reflectometría fue posible determinar la distancia o longitud de cada cable de fibra que se utilizan para la interconexión entre centrales. Las distancias determinadas son menores a los 10 Km de longitud, por tal motivo las tarjetas a utilizar para el establecimiento de los enlaces serán tarjetas MDA con un alcance menor a dicha distancia.

Consecutivamente, una vez determinado el valor de pérdidas totales (en dB) para cada tramo entre centrales, éste se comparaba con el valor “*Power Budget*” o “*Link Budget*” de la tarjeta MDA a utilizar en la conexión de cada enlace (Ver [Tabla 3-3. Características Tarjetas MDA y Puertos SFP](#)). El valor “*Power Budget*” indica las pérdidas totales permitidas en una conexión entre dos tarjetas del mismo tipo para el peor caso.

A fin de evaluar la aptitud de cada tramo a utilizar, se consideró un margen de seguridad de valor 2 dB. Si el valor de pérdidas medido en campo para un tramo en particular era al menos 2 dB menor al valor *Link Budget*, el tramo se considera apto para la interconexión, y se aceptaba para su uso; en caso contrario, se realizaban labores de mantenimiento (tales como limpieza, cambio de conectores, entre otros) hasta poder cumplir con el margen mínimo de 2 dB requerido. Como última condición, se solicitaba el cambio de las fibras asignadas por otro par a la Corporación CANTV.

Los cálculos realizados a fin de determinar el presupuesto de potencia en cada tramo se muestran en el [Anexo 1.- “Presupuesto de Potencia Anillo Metro Ethernet LMS-CAF”](#). En la tabla a continuación, se presenta el valor de atenuación calculado y el margen obtenido en la evaluación del presupuesto de potencia para cada tramo.

TRAMO	ATENUACIÓN CALCULADA [dB]	MARGEN OBTENIDO	OBSERVACIONES
LMS - CAF	5,7410	3,6590	TRAMO APTO
CAF - HTI	6,0570	3,3430	TRAMO APTO
HTI - TRI	4,0095	5,3905	TRAMO APTO
TRI - PDE	2,9143	6,4857	TRAMO APTO
PDE - LMS	4,3218	5,0782	TRAMO APTO

**Tabla 4-2. Presupuesto de Potencia**

En la Tabla 4-2, es posible evidenciar que el margen obtenido para cada tramo a utilizar es superior a 2 dB (valor en dB del margen de seguridad exigido por CANTV), superándose en un 67 % como mínimo, considerando margen de 3,34 dB, por lo que cada tramo evaluado está apto para interconectar los equipos 7450 ESS-7 a instalar en cada central o nodo.

#### 4.4.- REQUERIMIENTOS DE INTERCONEXIÓN

La arquitectura de red a instalar con los equipos 7450 ESS-7 se basa en una topología tipo Anillo constituida por cinco (5) nodos, a fin de permitir distribuir el tráfico de voz, datos y video, desde y hacia los puntos de conexión de acceso de los clientes. Las centrales donde se realizará la instalación de los equipos son las siguientes:

- ✓ Las Mercedes (LMS),
- ✓ Cafetal (CAF),
- ✓ Hatillo (HTI),
- ✓ Trinidad (TRI), y
- ✓ Prados del Este (PDE).

Cada equipo 7450 ESS-7, o nodo, deberá estar conectado con sus nodos adyacentes mediante un enlace con velocidad de interfaz de 10 Gbps, bajo protocolo de Capa 2 Ethernet, *full-duplex*, sin redundancia en el enlace. Considerando además que las distancias entre centrales no superan los 10 Km de separación, se optó por utilizar un adaptador dependiente de medio del tipo MDA 1-PORT 10GBase-LW/LR w/Optics, el cual consta de un solo puerto, TX y RX, con una velocidad de línea de 10 Gbps, y con alcance de enlace de hasta 10 Km bajo fibra monomodo (Ver [Tabla 3-3. Características Tarjetas MDA y Puertos SFP](#)). Por tal motivo se instalarán en cada equipo 7450 ESS-7 dos tarjetas MDA de este tipo a fin de conectar con sus dos equipos adyacentes y así crear el Anillo.

Los equipos 7450 ESS-7, además de permitir distribuir el tráfico de clientes, permiten también extender el alcance o área de distribución del anillo, realizando enlaces punto a punto entre equipos con interfaces de velocidad de 1 Gbps.

Todas las conexiones a realizar de Capa 1 en el presente proyecto, corresponden a Ethernet puro sobre pares de fibra óptica, a velocidades de 1 Gbps o 10 Gbps, según

sea el caso. No se utilizará ningún medio de transmisión, tal como SDH o DWDM, para interconectar los 7450 ESS-7 con el resto de los equipos que a continuación se mencionan en los requerimientos de interconexión por estación.

1) Las Mercedes

En la Tabla 4-3. “Requerimientos de interconexión LMS”, se especifica las exigencias de conexión para el nodo Las Mercedes. En la Figura 4-3 se observan las conexiones a realizar en el equipo lms-dsw-00.

SERVICIO A INTERCONECTAR	CANTIDAD DE CONEXIONES	VELOCIDAD DE CONEXIÓN [Gbps]
Router de Distribución Las Mercedes	1	10
Router Core Las Mercedes	1	10
BRAS ATM-UPLINK	4	1
BRAS IP-UPLINK	4	1
BRAS IP-ACCESO	8	1
SWICHT 40507 R	2	1

**Tabla 4-3. Requerimientos de interconexión LMS**

Como se muestra en la tabla 4-3, se requiere dos (2) puerto a velocidad de 10 Gbps, un puerto para conexión con el Router de Distribución Cisco, y otro para el Router Core Las Mercedes; adicionalmente, dieciocho puertos (18) de conexión *full-duplex* a 1Gbps c/u, de los cuales, la mitad corresponde a conexiones redundantes, es decir, de las ocho (8) conexiones hacia el equipo BRAS, servicio BRAS IP-ACCESO, cuatro (4) conexiones deben ubicarse en una tarjeta y los restantes en otra diferente a fin de proveer la redundancia en hardware. Debido a esto, se requieren en total nueve (9) conexiones por tarjeta a instalar. Tomando en consideración ampliación o conexiones futuras, como servicios ADSL o NGN, no presentes como requerimientos al momento de realizar la instalación del equipo, se optó por una tarjeta del tipo MDA 20PORT GIGE No Optics, la cual permitirá satisfacer la



demanda de conexiones futuras, además de permitir una mayor densidad de puertos en el equipo. Las conexiones totales a realizar en el equipo lms-dsw-00 se observan en la Figura 4-3 a continuación:

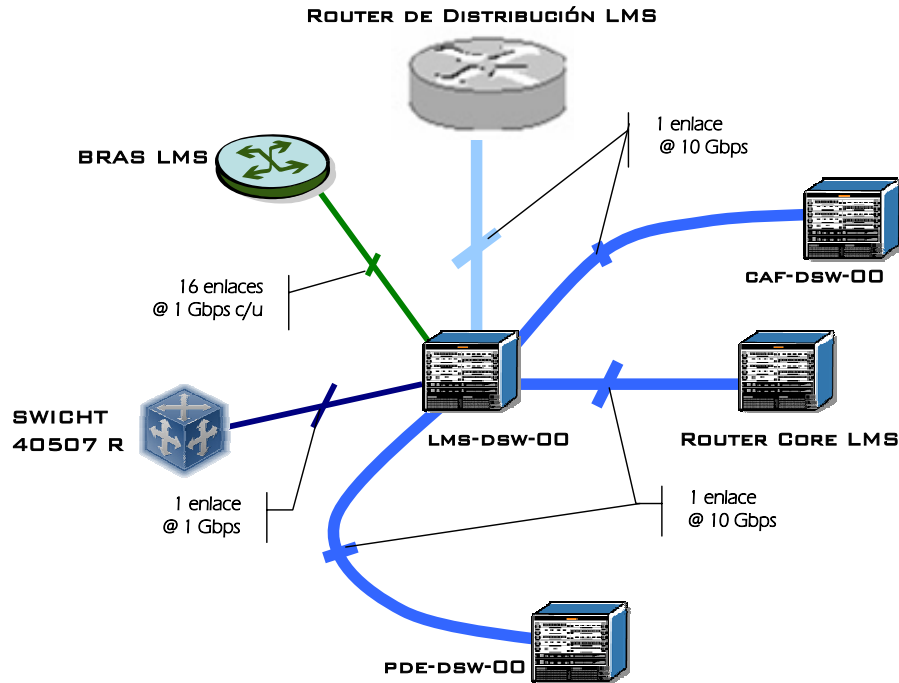


Figura 4-3. Esquema de interconexión LMS

En definitiva, para la estación Las Mercedes, se tendrá el siguiente equipamiento en cuanto a tarjetas:

- ✓ Cuatro (4) módulos IOM LINE CARD 20G, en las posiciones 1, 2, 3 y 4, las cuales permitirán distribuir hasta un máximo de ocho (8) tarjetas MDA en todo el chasis.
- ✓ Cinco (5) tarjetas MDA 1-PORT 10GBase-LW/LR w/Optics, a ubicar de la siguiente manera: cuatro (4) en la ranura izquierda de cada IOM, y una tarjeta en la ranura derecha del IOM ubicado en el primer *slot*. Dos (2) de las tarjetas servirán para conexión con los equipos adyacentes de CAF y PDE, cada una en una tarjeta IOM diferente, a fin de garantizar independencia para cada enlace en cuanto a fallas de tarjetas; una (1) para

la conexión con el Router de Distribución Cisco, una (1) para conexión con el Router Core de Las Mercedes, y la restante para conexiones futuras.

- ✓ Dos (2) tarjetas MDA 20PORT GIGE No Optics. Ambas en las ranuras derechas de las tarjetas IOMs ubicadas en las ranuras 2 y 3. Cada tarjeta contendrá veinte (20) Módulos Ópticos SFP del tipo SX, los cuales permitirán la conexión con los equipos ubicados dentro de la central Las Mercedes.

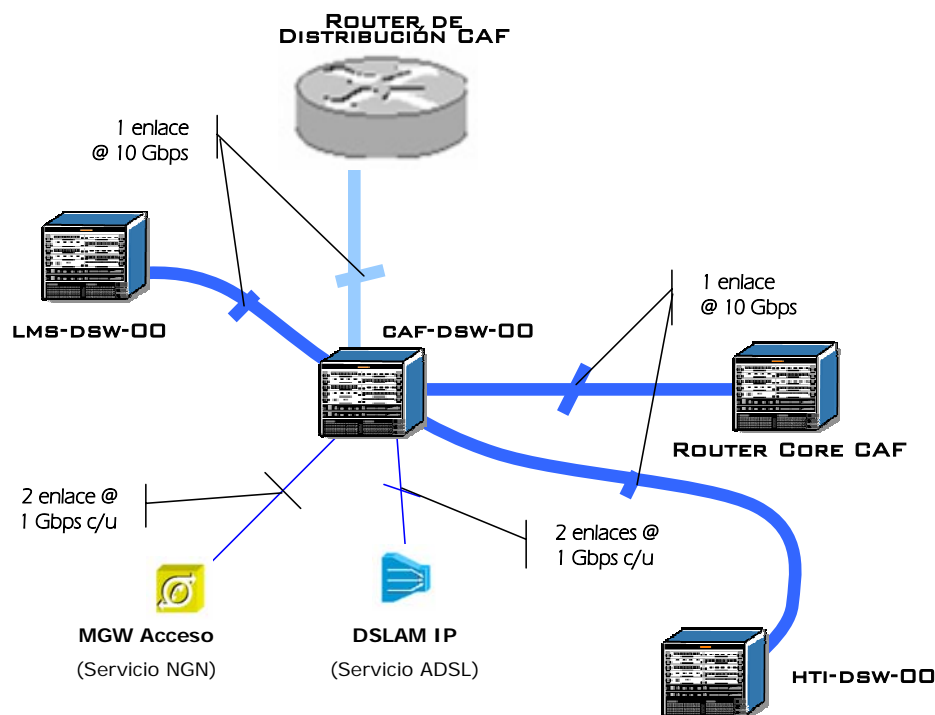
## 2) Cafetal

En la Tabla 4-4 “Requerimientos de interconexión CAF” a continuación, se especifican las exigencias de conexión para el nodo Cafetal, y la Figura 4-4, muestra las conexiones a ser realizadas.

SERVICIO A INTERCONECTAR	CANTIDAD DE CONEXIONES	VELOCIDAD DE CONEXIÓN [Gbps]
Router de Distribución Cafetal	1	10
Router Core Cafetal	1	10
NGN-ACCESO	2	1
ADSL	2	1

**Tabla 4-4. Requerimientos de interconexión CAF**

Tal como se muestra en la Tabla 4-4 y se observa en la Figura 4-4, es necesario en el equipo caf-dsw-00, dos (2) puertos con velocidad de 10 Gbps, eligiéndose para tal fin, dos (2) tarjetas MDA 1-PORT 10GBase-LW/LR w/Optics. Adicionalmente, se requieren cuatro puertos (4) de conexión *full-duplex* a 1Gbps c/u, de los cuales, dos (2) corresponden a conexiones redundantes. Considerando esto, se requieren en total dos (2) conexiones por tarjeta a instalar, optándose por una tarjeta del tipo MDA 10PORT GIGE No Optics, la cual permitirá satisfacer los requerimientos establecidos, además de permitir posibles ampliaciones futuras.



**Figura 4-4. Esquema de interconexión CAF**

Finalmente, en la estación Cafetal, se instalará el siguiente equipamiento en cuanto a tarjetas:

- ✓ Tres (3) módulos IOM LINE CARD 20G, a ubicar en las posiciones 1, 2 y 3. Las tarjetas IOM instaladas permitirán distribuir hasta un máximo de seis (6) tarjetas MDA en todo el chasis.
- ✓ Cuatro (4) tarjetas MDA 1-PORT 10GBase-LW/LR w/Optics, a instalar de la siguiente manera: tres (3) tarjetas en la ranura izquierda de cada IOM, y una tarjeta en la ranura derecha de la IOM ubicada en el primer slot. Dos (2) de las tarjetas servirán para conexión con los equipos adyacentes de HTI y LMS, cada una en una tarjeta IOM diferente a fin de garantizar independencia para cada enlace en cuanto a fallas; una (1) para la conexión con el Router de Distribución Cisco, y la restante para la conexión con el Router Core de la estación Cafetal.

- ✓ Dos (2) tarjetas MDA 10PORT GIGE No Optics, a ser instaladas en la ranura derecha de las IOMs ubicadas en los slot 2 y 3. Ambas tarjetas contendrán diez (10) Módulos Ópticos SFP del tipo SX, los cuales permitirán la conexión con los equipos ubicados dentro de la central Cafetal.

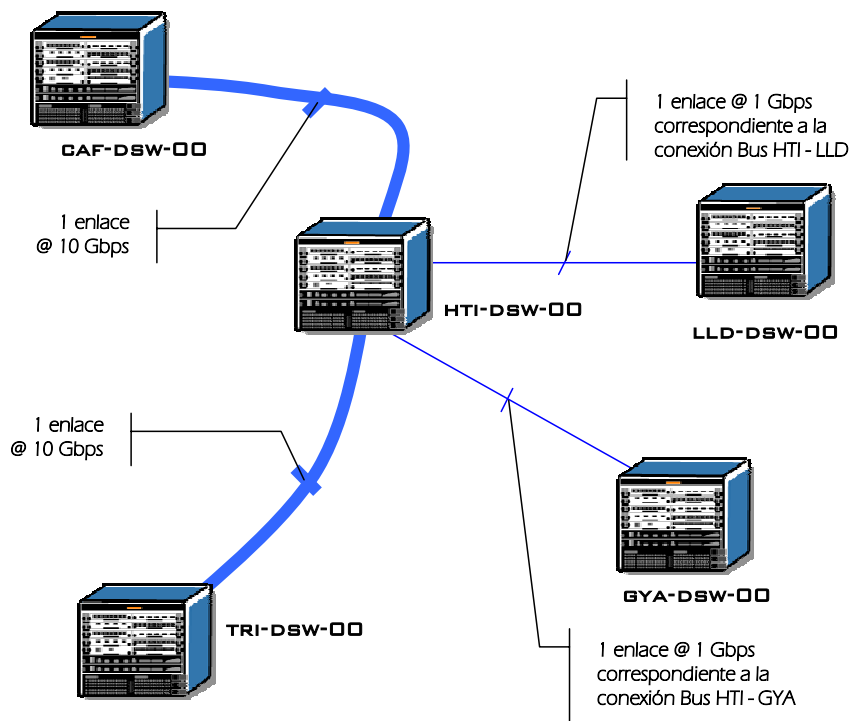
### 3) Hatillo

En la Tabla 4-5 “Requerimientos de interconexión HTI” y la Figura 4-5 a continuación, se describen las exigencias de conexión para el equipo 7450 ESS-7 a instalar en la estación Hatillo:

SERVICIO A INTERCONECTAR	CANTIDAD DE CONEXIONES	VELOCIDAD DE CONEXIÓN [Gbps]
Conexión Bus con equipo 7450 ESS-7 a instalar en estación Lomas de la Lagunita (LLD)	1	1
Conexión Bus con equipo 7450 ESS-7 a instalar en estación Guayabitos (GYA)	1	1

**Tabla 4-5. Requerimientos de interconexión HTI**

Tal como se observan en la Tabla anterior y en la Figura 4-5 siguiente, se requieren, adicionales a las conexiones propias del Anillo, dos (2) puertos de conexión *full-duplex* a 1Gbps c/u, los cuales permitirán anexar al Anillo dos (2) equipos 7450 ESS-7 mediante enlaces punto a punto con el equipo 7450 ESS-7 a instalar en la estación Hatillo. Dichas conexiones deben ser independientes en cuanto a hardware, por lo que cada una estará distribuida o conectada por una tarjeta MDA diferente. Tomando en consideración lo antes expuesto, además de posibles conexiones futuras, se optó por una tarjeta del tipo MDA 10PORT GIGE No Optics, la cual permitirá satisfacer los requerimientos exigidos.



**Figura 4-5. Esquema de interconexión HTI**

En conclusión, para la estación Hatillo, se tendrá el siguiente equipamiento en cuanto a tarjetas para el equipo 7450 ESS-7:

- ✓ Dos (2) módulos IOM LINE CARD 20G, a ubicar en las posiciones 1 y 2. Estas tarjetas permitirán distribuir hasta un máximo de cuatro (4) tarjetas MDA en todo el chasis.
- ✓ Dos (2) tarjetas MDA 1-PORT 10GBase-LW/LR w/Optics, a ser instaladas en la ranura izquierda de cada IOM. Estas tarjetas servirán para conexión con los equipos adyacentes de TRI y CAF, respectivamente, instalándose en una tarjeta IOM diferente a fin de garantizar independencia para cada enlace en cuanto a fallas de tarjetas.
- ✓ Una (1) tarjeta MDA 10PORT GIGE No Optics, a ubicarse en la ranura derecha de la tarjeta IOM ubicada en el slot 1. Esta contendrá un módulo (1) Módulo Óptico SFP del tipo LX, que servirá para conexión con la Central Lomas de la Lagunita, y nueve (9) Módulos Ópticos SFP del tipo

SX que servirán para las conexiones con los equipos ubicados dentro de la central Hatillo.

- ✓ Una (1) tarjeta MDA 10PORT GIGE No Optics, a ser instalada en la ranura derecha de la tarjeta IOM ubicada en el slot 2. La tarjeta contendrá un módulo (1) Módulo Óptico SFP del tipo ZX que servirá para conexión con la Central Guayabitos, y nueve (9) Módulos Ópticos SFP del tipo SX que permitirán conectar a los equipos que están ubicados dentro de la central Hatillo en conexiones futuras.

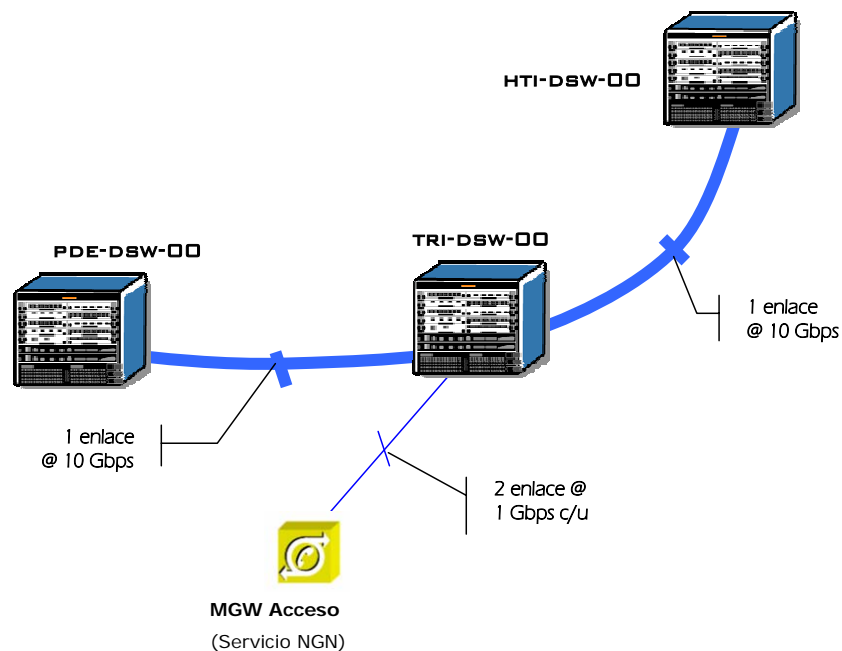
4) Trinidad

A continuación se muestra la Tabla 4-6 “Requerimientos de interconexión TRI”, en la cual se especifican los requerimientos de conexión para el nodo Trinidad. En la Figura 4-6 se observa las conexiones a realizar.

SERVICIO A INTERCONECTAR	CANTIDAD DE CONEXIONES	VELOCIDAD DE CONEXIÓN [Gbps]
NGN-ACCESO	2	1

**Tabla 4-6. Requerimientos de interconexión TRI**

En la Tabla 4-6 se observa como requerimiento adicional a las conexiones ya definidas en el Anillo, dos (2) puertos de conexión full-duplex a 1Gbps c/u, siendo ambos conexiones redundantes, es decir, una (1) conexión debe ubicarse en una tarjeta y la restante en otra. Considerando lo anterior, se requieren en total dos (2) tarjetas a fin de proveer capacidad de puertos con velocidad de 1 Gbps. Finalmente, considerando ampliaciones o conexiones futuras, se optó por una tarjeta MDA 10PORT GIGE No Optics, con la cual se satisfacen las demandas de requerimientos.



**Figura 4-6. Esquema de interconexión TRI**

En general, para la estación Trinidad, se tendrá el siguiente equipamiento en cuanto a tarjetas:

- ✓ Dos (2) módulos IOM LINE CARD 20G, a ubicar en las posiciones 1 y 2, las cuales permitirán distribuir hasta un máximo de cuatro (4) tarjetas MDA en todo el chasis.
- ✓ Dos (2) tarjetas MDA 1-PORT 10GBase-LW/LR w/Optics. Estas tarjetas serán ubicadas en la ranura izquierda de cada IOM. Cada una servirá para conexión con los equipos adyacentes de PDE y HTI, respectivamente, colocando cada una en tarjetas IOMs diferente a fin de garantizar independencia en cada enlace en cuanto a fallas en el hardware.
- ✓ Dos (2) tarjetas MDA 10PORT GIGE No Optics, a ser ubicadas en la ranura derecha de las tarjetas IOM ubicadas en los slot 1 y 2. Ambas tarjetas contendrán diez (10) Módulos Ópticos SFP del tipo SX, los cuales servirán para conectar con los equipos ubicados dentro de la central Trinidad.

5) Prados del Este

En la Tabla 4-7 “Requerimientos de interconexión PDE”, se especifican los requerimientos de conexión para el equipo 7450 ESS-7 a instalar en la Central Prados del Este. La Figura 4-7 muestra los requerimientos exigidos.

SERVICIO A INTERCONECTAR	CANTIDAD DE CONEXIONES	VELOCIDAD DE CONEXIÓN [Gbps]
Conexión Bus con equipo 7450 ESS-7 a instalar en estación Valle Arriba (VAR)	1	1
Conexión Bus con equipo 7450 ESS-7 a instalar en estación Alto Prado (APR)	1	1
NGN-ACCESO	2	1
ADSL	2	1

Tabla 4-7. Requerimientos de interconexión PDE

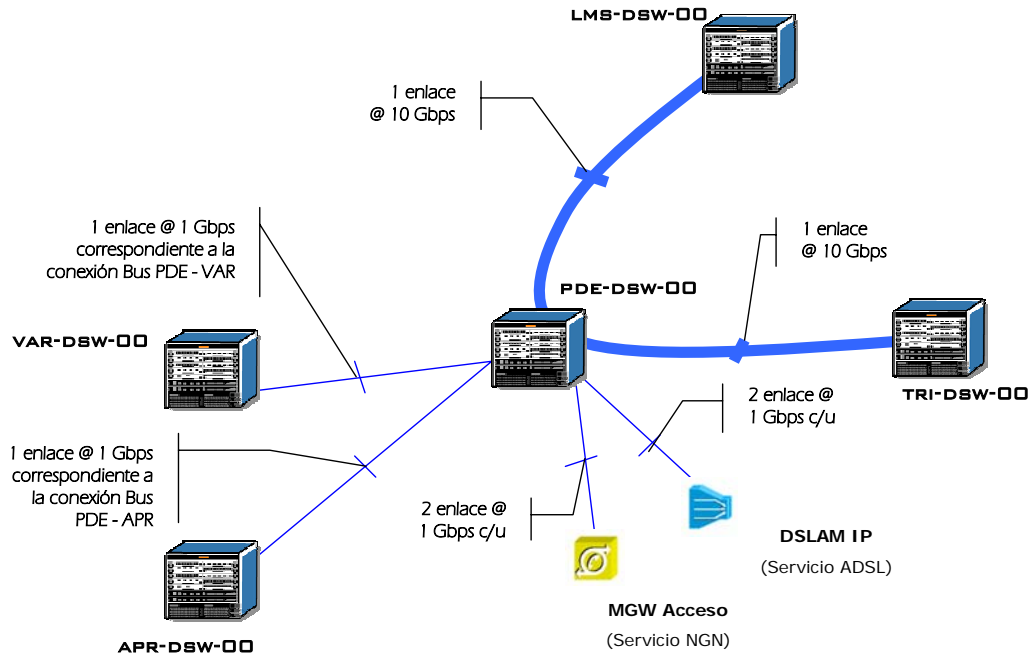


Figura 4-7. Esquema de interconexión PDE



En la Tabla y Figura anteriores, se muestra como requerimientos secundarios a las conexiones previamente establecidas en el Anillo, dos (2) puertos de conexión *full-duplex* a 1Gbps c/u, los cuales permitirán conectar al Anillo Metro Ethernet LMS – CAF dos (2) equipos 7450 ESS-7 adicionales mediante enlaces punto a punto con el equipo 7450 ESS-7 a instalar en la estación Prados del Este; dos (2) conexiones para servicio de NGN-ACCESO y otras dos (2) para servicio de ADSL. Al igual que en las estaciones anteriores, cada par de conexiones deben ser independientes en cuanto a hardware, por lo que cada una estará distribuida en una tarjeta MDA diferente. Finalmente se optó por dos (2) tarjetas MDA 10PORT GIGE No Optics, donde cada una de ellas contendrá:

- ✓ Una (1) conexión con uno de los equipos 7450 ESS externo al anillo. Conexión punto a punto PDE-VAR o PDE-APR.
- ✓ Una (1) conexión para servicio NGN-ACCESO.
- ✓ Una (1) conexión para el servicio ADSL.

Con lo anteriormente especificado, se satisfacen los requerimientos exigidos, además de permitir ampliaciones futuras.

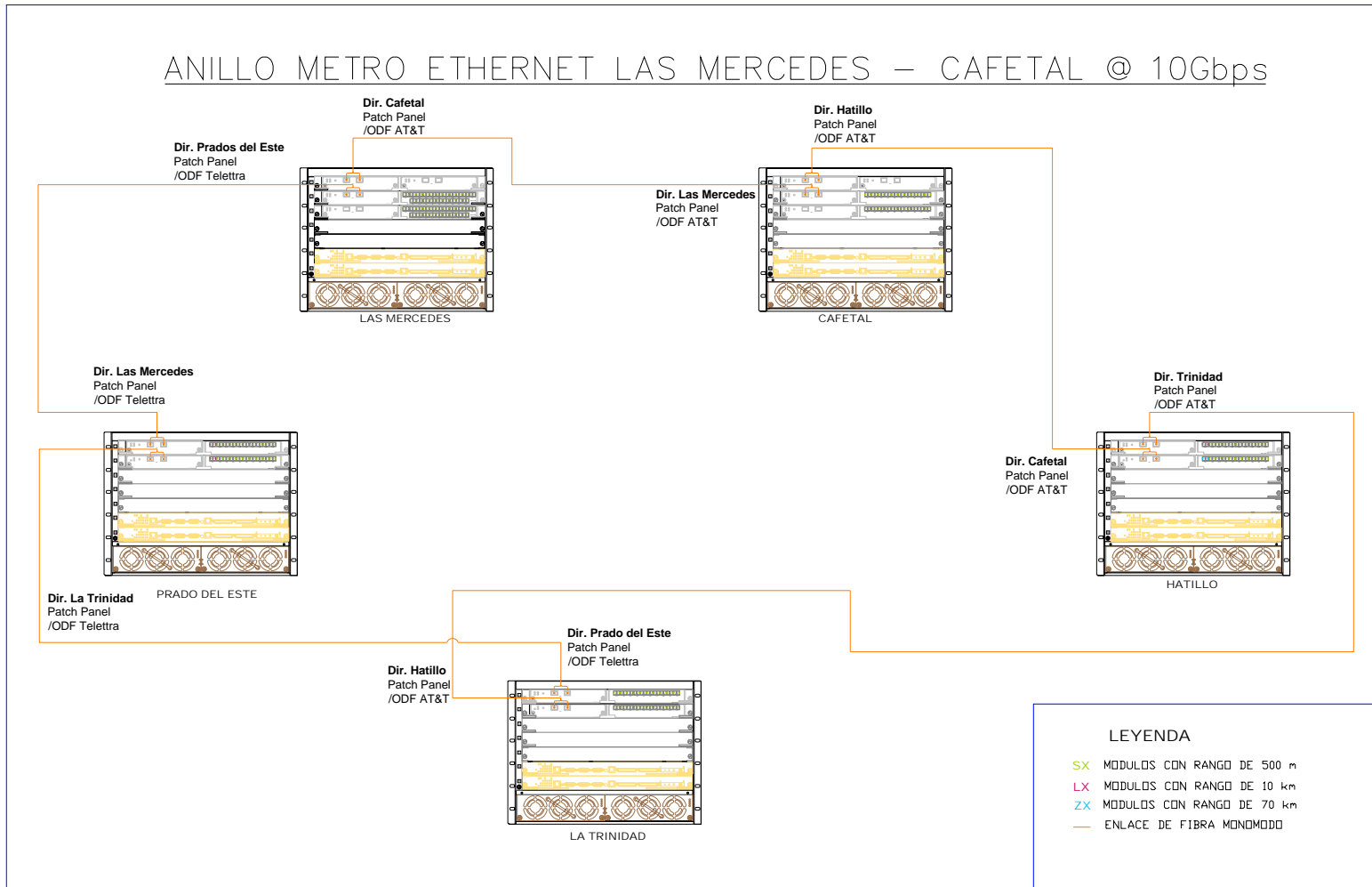
En conclusión, para la estación Prados del Este, se instalará el siguiente equipamiento en cuanto a tarjetas:

- ✓ Dos (2) módulos IOM LINE CARD 20G, las cuales se ubicarán en las posiciones 1 y 2, y permitirán distribuir hasta un máximo de cuatro (4) tarjetas MDA en todo el chasis.
- ✓ Dos (2) tarjetas MDA 1-PORT 10GBase-LW/LR w/Optics, a colocarse en la ranura izquierda de cada IOM. Estas tarjetas servirán para conectar con los equipos adyacentes de LMS y TRI, respectivamente. Serán instaladas en tarjetas IOM diferentes a fin de garantizar independencia para cada enlace en cuanto a posibles fallas.
- ✓ Una (1) tarjeta MDA 10PORT GIGE No Optics a instalar en la ranura derecha de la tarjeta IOM ubicadas en el slot 1. La tarjeta poseerá un

módulo (1) Módulo Óptico SFP del tipo LX que servirá para conectar con el equipo 7450 ESS-7 de la Central Valle Arriba, y nueve (9) Módulos Ópticos SFP del tipo SX que servirán para las conexiones con los equipos ubicados dentro de la central Prados del Este.

- ✓ Una (1) tarjeta MDA 10PORT GIGE No Optics, a ubicar en la ranura derecha de la tarjeta IOM ubicadas en el slot 2. La tarjeta contendrá un módulo (1) Módulo Óptico SFP del tipo LX, que servirá para conectarse con el equipo de la Central Alto Prado, y nueve (9) Módulos Ópticos SFP del tipo SX que servirán para conectar con los equipos ubicados dentro de la misma central.

En el diagrama de Red de la Figura 4-8 se muestra de manera gráfica como se interconectarán los puertos en cada equipo 7450 ESS-7 a instalar.



**Figura 4-8. Diagrama de Red Anillo LMS – CAF**

## 4.5.- DIMENSIONAMIENTO

### 4.5.1 Estación Las Mercedes

#### 1) Ubicación del equipo 7450 ESS-7

El equipo 7450 ESS-7 lms-dsw-00, se instaló en la parte inferior de un nuevo bastidor o rack abierto de aluminio de 19", a una altura de 45cm desde la base del rack, ubicándose entre los orificios 30 – 55; orificio inferior y superior respectivamente. En ANEXO 2.- [“ESTACIÓN LAS MERCEDES: Plano Sala Datos/Piso 1”](#) se observa la ubicación del bastidor en sala. En la Figura 4-9 se observa el ilustrativo del bastidor.

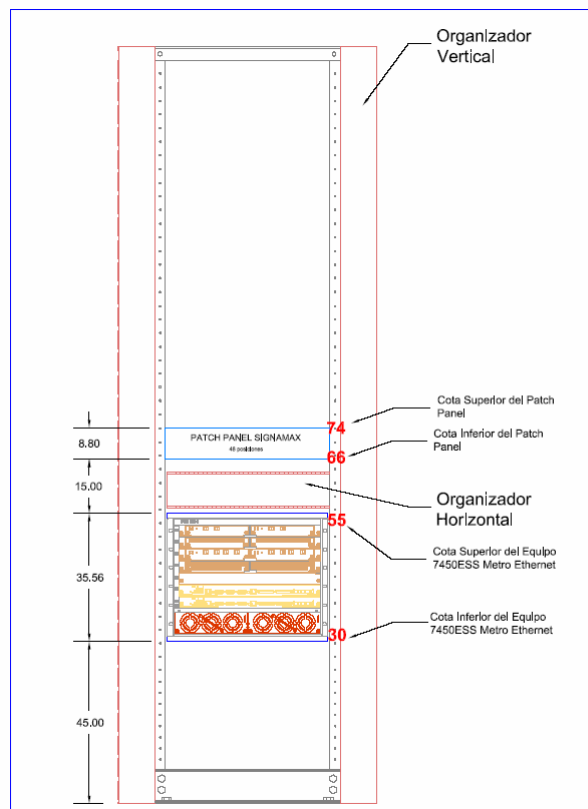


Figura 4-9. Ilustrativo de bastidor estación LMS

## 2) Equipamiento del chasis

Se instaló un equipo 7450 ESS-7, lms-dsw-00, equipado con:

- ✓ Unidades comunes (dos -2- Módulos de Control SF/CPM 200G, dos -2- unidades de energía DC y dos -2- bandejas de ventiladores).
- ✓ Tres (3) módulos IOM LINE CARD 20G, ubicados en las posiciones 1, 2 y 3.
- ✓ Cuatro (4) tarjetas MDA 1-PORT 10GBase-LW/LR w/Optics, ubicadas de la siguiente manera: tres (3) en la ranura izquierda de cada tarjeta IOM, y una tarjeta en la ranura derecha de la IOM ubicado en el primer slot.
- ✓ Dos (2) tarjetas MDA 20PORT GIGE No Optics, ubicadas en la ranura derecha de las IOM ubicadas en los slot 2 y 3. Ambas tarjetas contendrán veinte (20) Módulos Ópticos SX, sumando un total de cuarenta (40) interfaces de 1 Gbps.

En el Anexo 3.- [“ILUSTRATIVO: Equipo lms-dsw-00”](#) se muestra el ilustrativo del frontal del equipo 7450 ESS-7, con todas las tarjetas instaladas, de la estación Las Mercedes.

## 3) Instalación de Escalerillas y Canaletas

Para el tendido de los *Jumpers* ópticos de conexión Patch Panel-lado frontal / ODF AT&T ubicado en la Sala de Datos piso 1, se instalaron, desde el bastidor donde se ubicó el equipo 7450 ESS-7, 15,0 m de escalerilla de aluminio de 30 cm para el tramo horizontal, a una altura de 2,70 m, para empalmar con escalerilla existente con una altura de 2,90 m (la diferencia de 20 cm entre la escalerilla nueva a instalar y la existente se debe a la instalación de una escalerilla de 40 cm de bronce que corta el crecimiento de dichas escalerillas en forma recta). También se instaló un tramo vertical de 0,60 m con escalerilla de Aluminio de 20 cm de ancho a fin de bajar al rack donde se ubica el equipo 7450 ESS-7. Sobre las escalerillas se instalará canaletas

de 6 x 4 cm, con un recorrido de 22,0 m. Estas instalaciones se realizaron en la sala provista por la Corporación CANTV (sala de datos del piso 1) donde se instalará el equipo 7450 ESS-7.

En la Sala PCM de PB no se contempló la instalación de escalerillas para el recorrido de fibra, dado que se utilizaron las existentes. En esta Sala sólo se instalaron 15 m de canaletas 6 x 4 cm entre el ODF AT&T y el ODF Telettra existentes en dicha sala. Para el recorrido del eslabón entre Sala de Datos Piso 1 y la sala de PCM en Planta baja, no se requirió la instalación de algún tramo de escalerilla para el cable de 24 F.O. a instalado. Se utilizaron las escalerillas existentes entre salas para tal fin.

Para la canalización de los cables de energía, se instaló un tramo horizontal de 15 m con escalerilla de hierro Galvanizado de 30 cm, a una altura de 3,55 m, y así empalmar con escalerilla existente de energía a una altura de 3,55 m. Se colocó también un tramo vertical de 1,5 m de longitud con escalerilla de hierro galvanizado de 20 cm de ancho a fin de bajar al rack donde se ubica el equipo 7450 ESS-7. Estas instalaciones se realizaron en la sala de datos del piso 1, sala donde se ubica el equipo 7450 ESS-7 y está ubicado el PDB N° 2 Lorain 23'' de 600 AMP. El recorrido de canalización de energía se encuentra reflejado en el documento de Ingeniería de Energía correspondiente presentado por la Corporación CANTV.

En el ANEXO 2.- [“ESTACIÓN LAS MERCEDES: Plano Sala Datos/Piso 1”](#) y [“ESTACIÓN LAS MERCEDES: Plano Sala PCM/PB”](#) se observa la ubicación y el recorrido de escalerillas, tanto de energía como de datos, en la estación Las Mercedes.

#### 4) Cableado de Energía

Para la alimentación DC del equipo 7450 ESS-7, se realizó un cableado de alimentación con doble tiraje, de cable color rojo y azul, con conductor calibre N° 4

AWG, desde los Módulos de Alimentación del equipo 7450 ESS-7 hasta las posiciones asignadas en el PDB N° 2 Lorain 23'' de 600 AMP ubicado en la Sala de Datos/Piso 1. La información para realizar el cableado de energía se encuentra en el documento de Ingeniería de Energía correspondiente presentado por la Corporación CANTV.

#### 5) Puesta a Tierra del Equipo

La puesta a tierra del equipo Metro Ethernet 7450 ESS-7, se realizó mediante la instalación de una guía 59A (Conductor Calibre N° 6 AWG), la cual se derivó de una guía 41A (Conductor Calibre N° 2 AWG) también instalada.

#### 6) Cableado Óptico

La interconexión del equipo 7450 ESS-7 con los ODF de calle, dirección Estaciones Cafetal y Prados de Este, se realizaron mediante *Patch Cord* Ópticos *duplex* del tipo Monomodo, realizando en total tres grupos de conexiones:

- ✓ Desde los puertos del equipo 7450 ESS-7 hasta las posiciones correspondientes en el Patch Panel marca Signamax (ubicado en el mismo rack del equipo).
- ✓ Conexión desde el Patch Panel hasta el ODF AT&T (perteneciente al eslabón de 24 fibras entre la Sala de Datos/piso 1 – Sala PCM/PB) ubicado en la Sala de Datos.
- ✓ Conexión desde el ODF AT&T (perteneciente al eslabón de 24 fibras entre la Sala de Datos/piso 1 – Sala PCM/PB) ubicado en la Sala de PCM hasta los respectivos ODF de calle.

A continuación se especifica la cantidad y longitud de patch cord utilizados:

RECORRIDO	PATCH CORDS (JUMPER)	CANTIDAD [UND]	LONGITUD [m] / UND
7450 ESS – Patch Panel	Monomodo LC/ST	0	-
	Monomodo SC/ST	3	3
	Multimodo LC/ST	18	3
Patch Panel – ODF AT&T Eslabón (Sala Datos)	Monomodo ST/ST	2	25
ODF AT&T eslabón (Sala PCM) – ODF calle AT&T <b>Dir. Cafetal</b>	Monomodo ST/ST	1	3
ODF AT&T eslabón (Sala PCM) – ODF calle Telettra <b>Dir. Prados del Este</b>	Monomodo ST/ST	1	20

**Tabla 4-8. Cantidad de patch cord utilizado en estación LMS**

El equipo 7450 ESS-7 lms-dsw-00, se interconectó a través de fibra monomodo a las siguientes estaciones pertenecientes al Anillo Mercedes - Cafetal:

- ✓ **Cafetal:** Se realizó un cableado desde la tarjeta MDA 1-PORT 10GBase-LW/LR w/Optics, ubicada en la ranura izquierda del IOM *slot* 1, hasta el Patch Panel, en las posiciones correspondientes. La conexión se realizó mediante un (1) *patch cord duplex* Monomodo (*jumper*), conectores SC-ST, con un recorrido de 3 m. Posteriormente un cableado desde el Patch Panel, hasta el ODF AT&T de Sala de datos/Piso 1 (perteneciente al cable de eslabón entre Sala de Datos/Piso 1 y Sala PCM/PB), con un recorrido de 25 m, con fibra *duplex* monomodo y conectores ST-ST. Finalmente, un cableado para conexión desde el ODF AT&T de Sala PCM/PB (perteneciente al cable de eslabón entre Sala de Datos/Piso 1 y Sala PCM/PB) hasta el ODF AT&T con dirección a la estación Cafetal, en las posiciones correspondientes, mediante un cable de fibra monomodo, con conectores ST-ST, y longitud de 3 m.



- ✓ **Prados del Este:** Se realizó un cableado desde la tarjeta MDA 1-PORT 10GBase-LW/LR w/Optics, ubicada en la ranura izquierda del IOM slot 2, hasta el Patch Panel, en las posiciones correspondientes. La conexión se realizó mediante un (1) patch cord duplex Monomodo (jumper) conectores SC-ST, con un recorrido de 3 m. Además, se realizó un cableado desde el Patch Panel hasta el ODF AT&T de Sala de datos/Piso 1 (perteneciente al cable de eslabón entre salas de Datos/Piso 1 y Sala PCM/PB), con un recorrido de 25 m con fibra *duplex* monomodo y conectores ST-ST. Asimismo, se realizó un cableado para conexión desde el ODF AT&T de Sala PCM/PB (perteneciente al cable de eslabón entre salas de Datos/Piso 1 y Sala PCM/PB) hasta el ODF Telettra con dirección a la estación Prados del Este, en las posiciones correspondientes, mediante un cable de fibra monomodo, con conectores ST-ST, y longitud de 20 m.

En el ANEXO 2.- “[ESTACIÓN LAS MERCEDES: Plano Sala Datos/Piso 1](#)” y “[ESTACIÓN LAS MERCEDES: Plano Sala PCM/PB](#)”, se observa el recorrido de los cables de fibra instalados en la estación Las Mercedes.

#### 4.5.2 Estación Cafetal

##### 1) Ubicación del equipo 7450 ESS-7

El equipo 7450 ESS-7 caf-dsw-00, se instaló en la parte inferior de un nuevo bastidor o rack abierto de aluminio de 19”, a una altura de 45cm desde la base del rack, ubicándose entre los orificios 30 – 55; orificio inferior y superior respectivamente. En el ANEXO 2.- “[ESTACIÓN CAFETAL: Plano Sala PCM/Piso 3](#)” se observa la ubicación del bastidor en sala. En la Figura 4-10 se muestra el ilustrativo del bastidor.

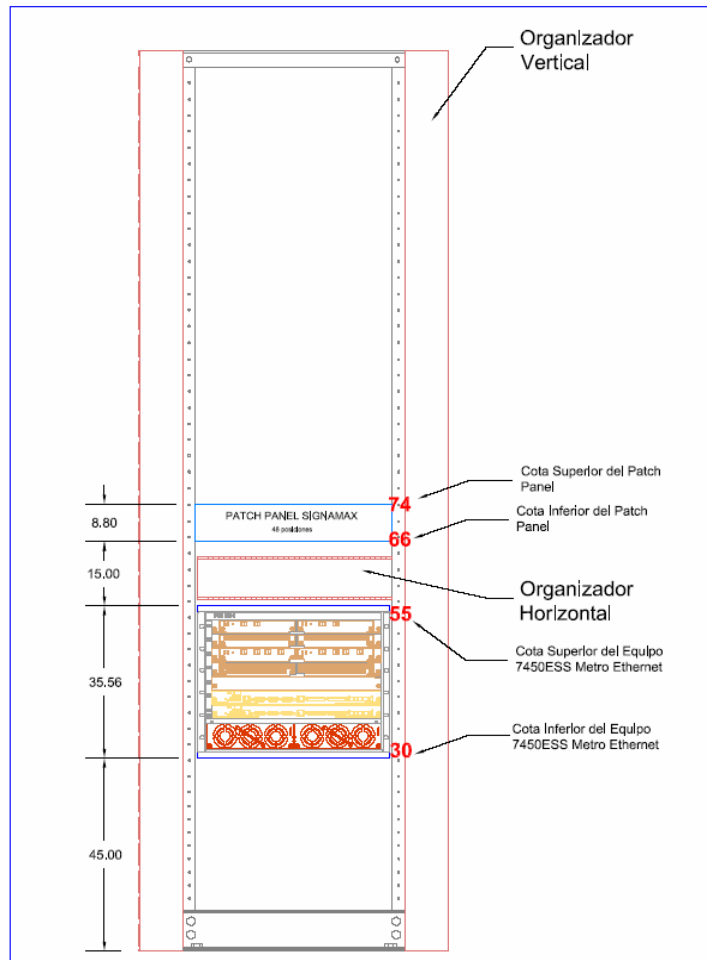


Figura 4-10. Ilustrativo de bastidor estación CAF

## 2) Equipamiento del chasis

En la estación Cafetal se instaló el equipo 7450 ESS-7 equipado con:

- ✓ Unidades comunes (dos -2- Módulos de Control SF/CPM 200G, dos -2- unidades de energía DC y dos -2- bandejas de ventiladores).
- ✓ Tres (3) módulos IOM LINE CARD 20G, ubicados en las posiciones 1, 2 y 3.
- ✓ Cuatro (4) tarjetas MDA 1-PORT 10GBase-LW/LR w/Optics, ubicadas de la siguiente forma: tres (3) en la ranura izquierda de cada IOM, y una tarjeta en la ranura derecha de la IOM ubicada en el primer slot.
- ✓ Dos (2) tarjetas MDA 10PORT GIGE No Optics, ubicadas en la ranura derecha de las tarjetas IOM de los slot 2 y 3. Ambas tarjetas contendrán diez (10) Módulos Ópticos SX, sumando un total de veinte (20) interfaces de 1 Gbps disponibles en el equipo

En el Anexo 3.- “[ILUSTRATIVO: Equipo caf-dsw-00](#)” se observa el ilustrativo del frontal del equipo 7450 ESS-7 instalado en la estación Cafetal.

## 3) Instalación de Escalerillas y Canaletas

Para el recorrido de los *jumpers* ópticos de conexión Patch Panel-lado frontal / ODF de calle se instalaron, desde el bastidor donde se ubicó el equipo 7450 ESS-7; 4,00 m de escalerilla de aluminio de 30 cm para el tramo horizontal, a una altura de 2,60 m, para llegar al ODF AT&T existente en Sala. También se instaló un tramo vertical de 0,50 m con escalerilla de Aluminio de 20 cm de ancho a fin de bajar al rack donde se ubica el equipo 7450 ESS-7. Sobre la escalerilla se colocaron canaletas de 6 x 4 cm color blanco, con un recorrido de 7,00 m. Estos trabajos fueron realizados en la sala PCM del piso 3, sala donde se ubica el equipo 7450 ESS-7.

Para la canalización de la energía se instaló un tramo horizontal de 12 m con escalerilla de hierro Galvanizado de 30 cm a una altura de 2,87 m. Se colocó también

un tramo vertical de 0,60 m de longitud con escalerilla de hierro galvanizado de 20 cm de ancho a fin de bajar al rack donde se ubica el equipo 7450 ESS-7. El recorrido de canalización de energía se encuentra reflejado en el documento de Ingeniería de Energía correspondiente presentado por la Corporación CANTV.

En ANEXO 2.- “[ESTACIÓN CAFETAL: Plano Sala PCM/Piso 3](#)” se observa ubicación y recorrido de escalerillas, tanto de energía como de datos, utilizadas en la estación Cafetal.

#### 4) Cableado de Energía

La alimentación DC del equipo caf-dsw-00, se realizó mediante un cableado con doble tiraje de cable color rojo y azul, con conductor calibre N° 4 AWG, desde los Módulos de Alimentación del equipo 7450 ESS-7 hasta las posiciones correspondientes asignadas en el PDB Lorain 23” ubicado en la Sala PCM piso 3. La información para realizar el cableado de energía se encuentra reflejado en el documento de Ingeniería de Energía correspondiente presentado por la Corporación CANTV.

#### 5) Puesta a Tierra del Equipo

El cable de puesta a tierra se instaló desde el equipo 7450 ESS-7 mediante la guía 59A (conductor N° 6 AWG), la cual se derivó de la guía N° 58A (conductor N° 2 AWG), que a su vez se derivó de la guía N° 41A (conductor 2/0). Todas las guías descritas debieron ser instaladas.

#### 6) Cableado Óptico

La interconexión del equipo 7450 ESS-7 con los ODFs de calle, se realizaron mediante *Patch Cord* Ópticos *duplex* del tipo Monomodo, realizando en total dos tramos de conexiones, a saber:

- ✓ Desde los puertos del equipo 7450 ESS-7 hasta las posiciones correspondientes al Patch Panel marca Signamax (ubicado en el mismo rack del equipo).
- ✓ Conexión desde Patch Panel marca Signamax (ubicado en el mismo rack del equipo) hasta el ODF AT&T donde se ubican las fibras con dirección Estaciones Hatillo y Mercedes.

En la Tabla 4-9 a continuación se especifica la cantidad y longitud de *patch cord* utilizados:

RECORRIDO	PATCH CORDS (JUMPER)	CANTIDAD [UND]	LONGITUD [m] / UND
7450ESS – Patch Panel	Monomodo LC/ST	0	-
	Monomodo SC/ST	3	3
	Multimodo LC/ST	0	-
Patch Panel – ODF calle AT&T <b>Dir. Hatillo</b>	Monomodo ST/ST	1	10
Patch Panel – ODF calle Telettra <b>Dir. Las Mercedes</b>	Monomodo ST/ST	1	10

**Tabla 4-9. Cantidad de patch cord utilizado en estación CAF**

El equipo 7450 ESS-7 caf-dsw-00, se interconectó a través de fibra con las siguientes estaciones pertenecientes al Anillo Mercedes - Cafetal:

- ✓ **Hatillo:** Se realizó un cableado desde la tarjeta MDA 1-PORT 10GBase-LW/LR w/Optics, ubicada en la ranura izquierda del IOM slot 1, hasta el Patch Panel, en las posiciones correspondientes. La conexión se realizó mediante un (1) *patch cord duplex* Monomodo (*jumper*) conectores SC-ST, con un recorrido de 3 m. Adicionalmente, se realizó un cableado desde el Patch Panel hasta el ODF AT&T con dirección a la estación Hatillo, en las posiciones correspondientes, con un *patch cord duplex* monomodo, conectores ST-ST, y longitud 10 m.

- ✓ **Mercedes:** Se realizó un cableado desde la tarjeta MDA 1-PORT 10GBase-LW/LR w/Optics, ubicada en la ranura izquierda del IOM slot 2, hasta el Patch Panel, en las posiciones correspondientes. La conexión se realizó mediante un (1) *patch cord duplex* Monomodo (*jumper*) conectores SC-ST, con un recorrido de 3 m. Adicionalmente, se realizó un cableado desde el Patch Panel hasta el ODF AT&T con dirección a la estación Las Mercedes, en las posiciones correspondientes, con un *patch cord duplex* monomodo, conectores ST-ST, y longitud 10 m.

En ANEXO 2.- “[ESTACIÓN CAFETAL: Plano Sala PCM/Piso 3](#)” se observa el recorrido del cableado realizado en la estación Cafetal.

### 4.5.3 Estación Hatillo

#### 1) Ubicación del equipo 7450 ESS-7

El equipo 7450 ESS-7 instalado en la estación Hatillo se ubicó en la parte inferior de un nuevo bastidor o rack abierto de aluminio de 19”, a una altura de 45cm desde la base del rack, entre los orificios 30 – 55; orificio inferior y superior respectivamente. En el ANEXO 2.- “[ESTACIÓN HATILLO: Plano Sala PCM/Piso 1](#)” se observa la ubicación del bastidor en sala. En la Figura 4-11 se observa el ilustrativo del bastidor instalado en la estación Hatillo.

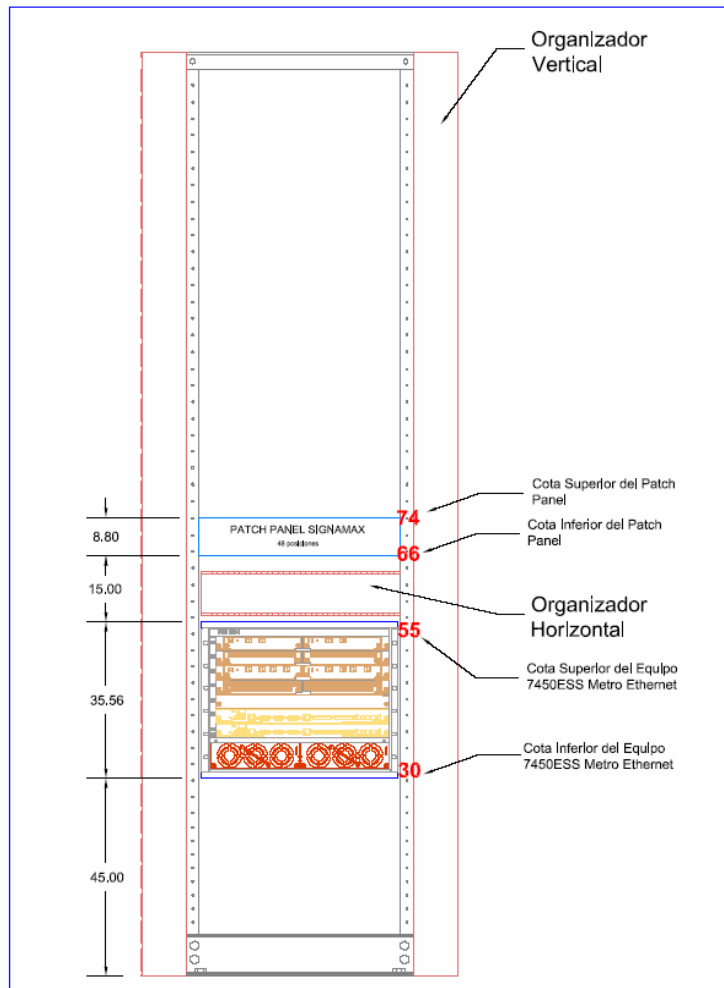


Figura 4-11. Ilustrativo de bastidor estación HTI

## 2) Equipamiento del chasis

El equipo 7450 ESS-7 hti-dsw-00 está equipado con las siguientes unidades:

- ✓ Unidades comunes (dos -2- Módulos de Control SF/CPM 200G, dos -2- unidades de energía DC y dos -2- bandejas de ventiladores).
- ✓ Dos (2) módulos IOM LINE CARD 20G, ubicados en los slot 1 y 2.
- ✓ Dos (2) tarjetas MDA 1-PORT 10GBase-LW/LR w/Optics, ambas ubicadas en la ranura izquierda de cada tarjeta IOM.
- ✓ Una (1) tarjeta MDA 10PORT GIGE No Optics ubicada en la ranura derecha de la IOM ubicada en el slot 1. La tarjeta contiene un Módulo óptico SFP LX y nueve (9) Módulos Ópticos SFP SX de 1 Gbps c/u.
- ✓ Una (1) tarjeta MDA 10PORT GIGE No Optics instalada en la ranura derecha de la IOM ubicada en el slot 2. Esta tarjeta contiene un Módulo óptico SFP ZX y nueve (9) Módulos Ópticos SFP SX de 1 Gbps c/u

En Anexo 3.- [“ILUSTRATIVO: Equipo hti-dsw-00”](#) se muestra el ilustrativo del frontal del equipo 7450 ESS-7 instalado en la estación Hatillo.

## 3) Instalación de Escalerillas y Canaletas

Para el tendido de los *Jumpers* ópticos de conexión Patch Panel-lado frontal / ODF de calle, se instaló, desde el bastidor donde se ubica el equipo 7450 ESS-7, 0,75 m de escalerilla horizontal de aluminio de 30 cm a una altura de 2,85 m para empalmar con la escalerilla existente a 2,85 m de altura y un tramo vertical de 0,70 m para bajar al rack donde se instaló el equipo 7450 ESS-7. Sobre la escalerilla se instalaron canaletas de 6 x 4 cm color blanco, con un recorrido de 12,00 m. Éstas instalaciones fueron realizadas en la sala PCM del piso 1, sala destinada a la instalación del equipo 7450 ESS-7.

Para canalizar los cables de energía se instaló un tramo horizontal de 1,00 m de longitud con escalerilla de hierro Galvanizado de 20 cm a una altura de 3,10 m para



empalmar con escalerilla existente a una misma altura y un tramo vertical de 1,00 m de longitud, a fin de bajar al rack donde se ubica el equipo 7450 ESS- 7. Las instalaciones descritas se realizaron en la sala de PCM del piso 1, sala donde se ubica el equipo 7450 ESS-7 y el PDB.

La ubicación y recorrido de escalerillas instaladas y utilizadas, tanto de energía como de datos, en la estación Hatillo se muestra en el ANEXO 2.- “[ESTACIÓN HATILLO: Plano Sala PCM/Piso 1](#)”.

#### 4) Cableado de Energía

Para la alimentación DC del equipo 7450 ESS-7, se realizó mediante un cableado con doble tiraje, de cable color rojo y azul, de conductor calibre N° 2 AWG, desde los Módulos de Alimentación del equipo 7450 ESS-7 hasta las posiciones asignadas del panel en el PDB Lorain 19” de 200 AMP ubicado en la Sala de PCM/Piso 1. La información para realizar el cableado de energía se especifica en el documento de Ingeniería de Energía correspondiente presentado por la Corporación CANTV.

#### 5) Puesta a Tierra del Equipo

La puesta a tierra del equipo Metro Ethernet 7450 ESS-7, se realizó mediante la instalación de una guía 59-A, utilizando cable 6 AWG y tubería ¾”, la cual se derivó de una guía 58-A. La guía 58-A está conectará directamente a la barra de puesta a tierra FGB ubicada en la Sala de Rectificadores del piso 1.

#### 6) Cableado Óptico

A fin de realizar la interconexión del equipo 7450 ESS-7 con los ODF de calle, se utilizó *Patch Cord* Ópticos *duplex* del tipo Monomodo, realizando dos grupos de conexiones, a saber:

- ✓ Desde los puertos del equipo 7450 ESS-7 hasta las posiciones correspondientes al Patch Panel marca Signamax (ubicado en el mismo rack del equipo).
- ✓ Conexión desde el Patch Panel marca Signamax (ubicado en el mismo rack del equipo) hasta los respectivo ODF de calle.

A continuación se especifica la cantidad y longitud de *patch cord* utilizados:

RECORRIDO	PATCH CORDS (JUMPER)	CANTIDAD [UND]	LONGITUD [m] / UND
7450 ESS – Patch Panel	Monomodo LC/ST	4	3
	Monomodo SC/ST	2	3
	Multimodo LC/ST	-	-
Patch Panel – ODF calle AT&T <b>Dir. La Trinidad</b>	Monomodo ST/ST	1	12
Patch Panel – ODF calle AT&T <b>Dir Cafetal</b>	Monomodo ST/ST	1	12

**Tabla 4-10. Cantidad de patch cord utilizado en estación HTI**

El equipo 7450 ESS-7 hti-dsw-00, se interconectó a través de fibra con las siguientes estaciones pertenecientes al Anillo Mercedes - Cafetal:

- ✓ **La Trinidad:** Se realizó un cableado desde la tarjeta MDA 1-PORT 10GBase-LW/LR w/Optics, ubicada en la ranura izquierda del IOM en el slot 1, hasta el Patch Panel en las posiciones correspondiente. La conexión se realizó mediante un (1) patch cord duplex Monomodo (jumper) conectores LC-ST, con un recorrido de 3 m. Posteriormente se realizó la conexión del patch panel con el ODF AT&T dirección estación La Trinidad, en las posiciones correspondientes, mediante un *Patch cord duplex* monomodo, conectores ST-ST, y longitud de 12 m.
- ✓ **Cafetal:** Se realizó un cableado desde la tarjeta MDA 1-PORT 10GBase-LW/LR w/Optics, ubicada en la ranura izquierda del IOM en el slot 2,

hasta las posiciones correspondientes en el Patch Panel. La conexión se realizó mediante un (1) *patch cord duplex* Monomodo (*jumper*) conectores LC-ST, con un recorrido de 3 m. Adicionalmente, se realizó la conexión mediante un *Patch cord duplex* monomodo, conectores ST-ST, y longitud de 12 m del patch panel con el ODF AT&T dirección estación La Trinidad, en las posiciones correspondientes.

El recorrido los cables de fibra instalados en la estación Hatillo, se muestra en el ANEXO 2.- [“ESTACIÓN HATILLO: Plano Sala PCM/Piso 1”](#).

#### 4.5.4 Estación Trinidad

##### 1) Ubicación del equipo 7450 ESS-7

El equipo 7450 ESS-7 tri-dsw-00 fue instalado en la parte inferior de un nuevo bastidor o rack abierto de aluminio de 19", a una altura de 45cm desde la base del rack, entre los orificios 30 – 55; orificio inferior y superior respectivamente. La ubicación del bastidor en sala se observa en el ANEXO 2.- “[ESTACIÓN TRINIDAD: Plano Sala PCM/PB](#)”. En la Figura 4-12 se muestra el ilustrativo del bastidor.

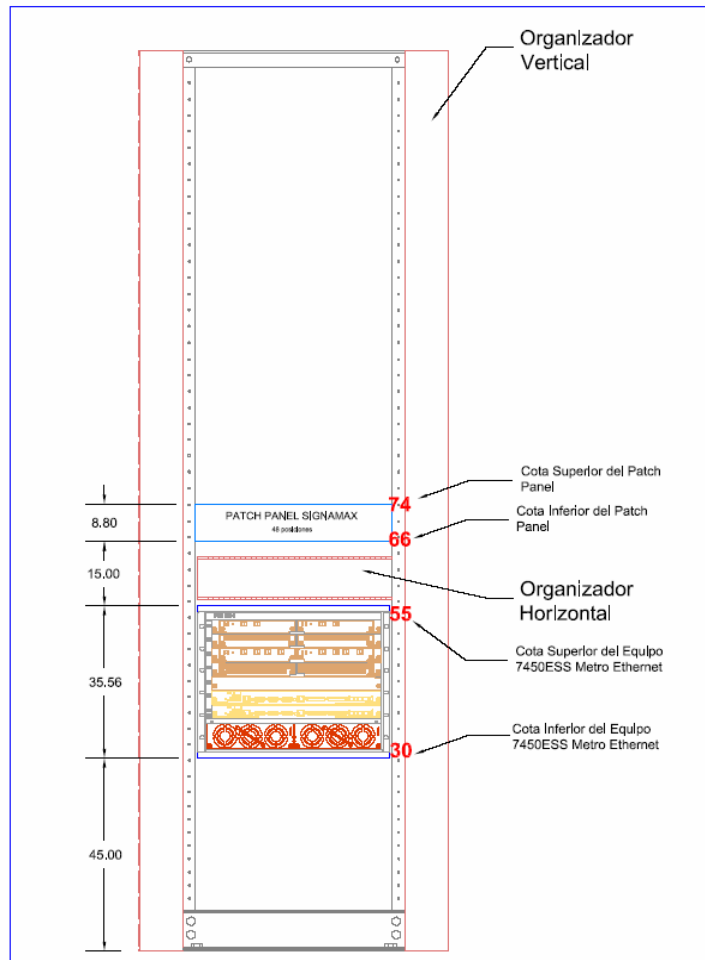


Figura 4-12. Ilustrativo de bastidor estación TRI

## 2) Equipamiento del chasis

El equipo 7450 ESS-7 tri-dsw-00 fue instalado y equipado con las siguientes unidades:

- ✓ Unidades comunes (dos -2- Módulos de Control SF/CPM 200G, dos -2- unidad de energía DC y dos -2- bandejas de ventiladores).
- ✓ Dos (2) módulos IOM LINE CARD 20G, ubicados en los slot 1 y 2.
- ✓ Dos (2) tarjetas MDA 1-PORT 10GBase-LW/LR w/Optics, ambas ubicadas en la ranura izquierda de cada tarjeta IOM.
- ✓ Dos (2) tarjetas MDA 10PORT GIGE No Optics. Dichas tarjetas se instalaron en la ranura derecha de cada IOM. Las tarjetas contienen cada una diez (10) Módulos Ópticos SX para un total de veinte (20) módulos de 1 Gbps disponibles.

En Anexo 3.- [“ILUSTRATIVO: Equipo tri-dsw-00”](#) se muestra el ilustrativo del frontal del equipo 7450 ESS-7 instalado en la estación Trinidad.

## 3) Instalación de Escalerillas y Canaletas

El tendido de los *Jumpers* ópticos de conexión Patch Panel-lado frontal / ODF de calle, se realizó instalando desde el bastidor donde se ubica el equipo 7450 ESS-7, 2,50 m de escalerilla horizontal de aluminio de 30 cm a una altura de 2.50 m para empalmar con escalerilla existente a misma altura, además de un tramo vertical de longitud 0,40 m para bajar al rack. Sobre la escalerilla se instalaron canaletas de 6 x 4 cm color blanco, con un recorrido de 20,00 m. Las instalaciones descritas se realizaron en la sala PCM de PB, sala donde se instaló el equipo 7450 ESS-7.

Para la canalización de los cables de energía, se instaló un tramo horizontal de 6,50 m con escalerilla de hierro Galvanizado de 30 cm a una altura de 2,80 m a fin de empalmar con escalerilla existente, y un tramo vertical de 0,70 m, con el fin de bajar al rack donde se ubica el equipo 7450 ESS-7. Estas instalaciones se realizaron en la

sala de PCM del PB, sala donde se instaló el equipo 7450 ESS-7 y está ubicado el PDB.

En ANEXO 2.- “[ESTACIÓN TRINIDAD: Plano Sala PCM/PB](#)” se observa ubicación y recorrido de escalerillas, tanto de energía como de datos, de la estación Trinidad.

#### 4) Cableado de Energía

La alimentación DC del equipo tri-dsw-00, se realizó mediante un cableado de con doble tiraje, de cable color rojo y azul, de conductor calibre N° 2 AWG, desde los Módulos de Alimentación del equipo 7450 ESS-7, hasta las posiciones asignadas en el PDB Lorain 19” de 200 AMP ubicado en la Sala de PCM. La información para realizar el cableado de energía se encuentra en el documento de Ingeniería de Energía correspondiente presentado por la Corporación CANTV.

#### 5) Puesta a Tierra del Equipo

La puesta a tierra del equipo Metro Ethernet 7450 ESS-7, se realizó mediante la instalación de una guía 58-A, utilizando cable 2AWG y tubería ¾”, de la cual se derivó una guía 59-A, utilizando cable 6 AWG y tubería ¾”.

#### 6) Cableado Óptico

Para la interconexión del equipo 7450 ESS-7 con los ODF de calle, se realizó mediante *Patch Cord* Ópticos *duplex* del tipo Monomodo, realizando dos grupos de conexiones:

- ✓ Desde los puertos del equipo 7450ESS-7 hasta las posiciones correspondientes al Patch Panel marca Signamax (ubicado en el mismo rack del equipo).
- ✓ Conexión desde el Patch Panel Panel marca Signamax (ubicado en el mismo rack del equipo) hasta los respectivos ODF de calle.

La Tabla 4-11 a continuación, detalla la cantidad y longitud de *patch cord* utilizados:

RECORRIDO	PATCH CORDS (JUMPER)	CANTIDAD [UND]	LONGITUD [m] / UND
7450ESS – Patch Panel	Monomodo LC/ST	0	-
	Monomodo SC/ST	2	3
	Multimodo LC/ST	0	-
Patch Panel – ODF calle Telettra <b>Dir Prados del Este</b>	Monomodo ST/ST	1	20
Patch Panel – ODF calle AT&T <b>Dir. El Hatillo</b>	Monomodo ST/ST	1	20

**Tabla 4-11. Cantidad de patch cord utilizado en estación TRI**

El equipo 7450 ESS-7 tri-dsw-00, se interconectó a través de fibra con las siguientes estaciones pertenecientes al Anillo Mercedes - Cafetal:

- ✓ **Prados del Este:** Se realizó un cableado desde la tarjeta MDA 1-PORT 10GBase-LW/LR w/Optics, ubicada en la ranura izquierda del IOM en el slot 1, hasta las posiciones correspondientes del Patch Panel. La conexión se realizó mediante un (1) *patch cord duplex* Monomodo (*jumper*) conectores SC-ST, con un recorrido de 3 mts. Asimismo, se realizó, con *patch cord duplex* monomodo conectores ST-ST y longitud de 20 m, la conexión des patch panel con el ODF Telettra dirección estación Prados del Este en las posiciones correspondientes.
  
- ✓ **El Hatillo:** Se realizó un cableado desde la tarjeta MDA 1-PORT 10GBase-LW/LR w/Optics, ubicada en la ranura izquierda del IOM en el slot 2, hasta las posiciones correspondientes del Patch Panel. La conexión se realizó mediante un (1) *patch cord duplex* Monomodo (*jumper*) conectores SC-ST, con un recorrido de 3 mts. Otro cableado realizado, con *patch cord duplex* monomodo conectores ST-ST y longitud de 20 m,

es el comprendido entre el patch panel y el ODF AT&T con dirección a la estación Hatillo, en las posiciones correspondientes.

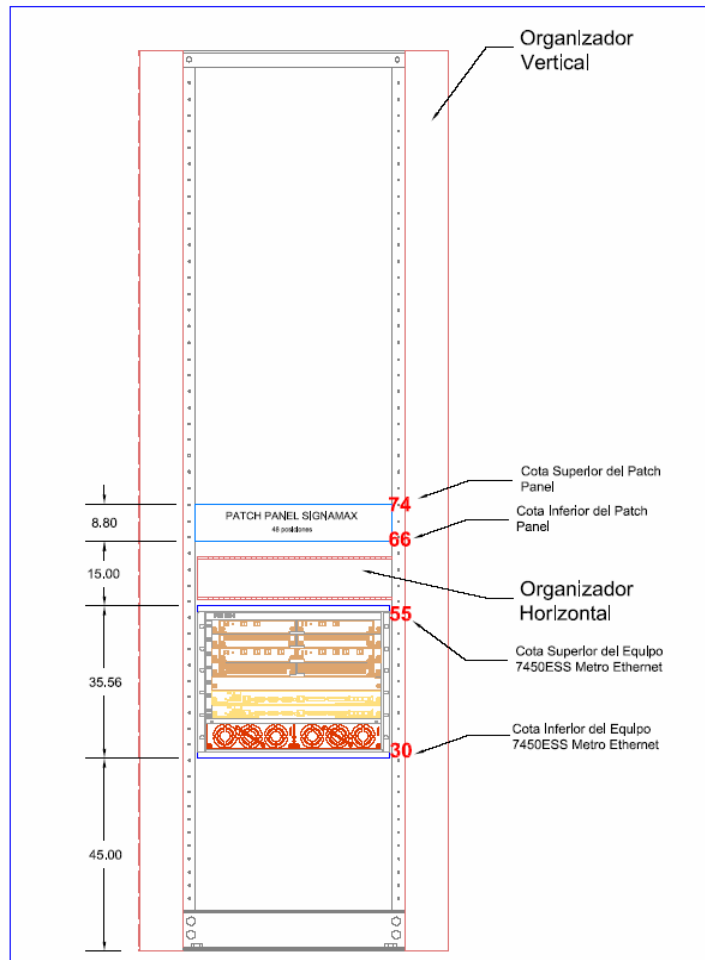
En ANEXO 2.- [“ESTACIÓN TRINIDAD: Plano Sala PCM/PB”](#) se observa el recorrido de los *patch cord* instalados en la estación Trinidad.



#### 4.5.5 Estación Prados del Este

##### 1) Ubicación del equipo 7450 ESS-7

En la estación Prados del Este, se instaló el equipo 7450 ESS-7 en la parte inferior de un nuevo bastidor o rack abierto de aluminio de 19”, a una altura de 45cm desde la base del rack, ubicándose entre los orificios 30 – 55; orificio inferior y superior respectivamente. En el ANEXO 2.- “[ESTACIÓN PRADOS DEL ESTE: Plano Sala PCM/Piso 3](#)” se observa la ubicación del bastidor en sala. En la Figura 4-13 se muestra el ilustrativo del bastidor.



**Figura 4-13. Ilustrativo de bastidor estación PDE**

## 2) Equipamiento del chasis

El equipo 7450 ESS-7 pde-dsw-00 está instalado y equipado con los siguientes componentes:

- ✓ Unidades comunes (dos -2- Módulos de Control SF/CPM 200G, dos -2- unidad de energía DC y dos -2- bandejas de ventiladores).
- ✓ Dos (2) módulos IOM LINE CARD 20G, ubicados en las posiciones slot 1 y slot 2.
- ✓ Dos (2) tarjetas MDA 1-PORT 10GBase-LW/LR w/Optics, ubicadas en la ranura izquierda de cada IOM (slot 1 y 2 respectivamente).
- ✓ Dos (2) tarjetas MDA 10PORT GIGE No Optics colocadas en la ranura derecha de las tarjetas IOM. Ambas tarjetas contendrán: un (1) módulo óptico SFP LX en el primer puerto y nueve (9) Módulos ópticos SFP SX en los restantes, todos interfaces de 1 Gbps.

El ilustrativo del frontal del equipo 7450 ESS-7 de la estación Prados del Este, con todos los componentes instalados, se muestra en el Anexo 3.- “[ILUSTRATIVO: Equipo pde-dsw-00](#)”.

## 3) Instalación de Escalerillas y Canaletas

A fin de realizar el tendido de los *jumpers* ópticos para la conexión Patch Panel – lado frontal / ODF AT&T, se instalaron desde el bastidor donde se ubica el equipo 7450 ESS-7, 2,00 m de escalerilla de aluminio de 30 cm para el tramo horizontal, a una altura de 3,45 m, y así empalmar con escalerilla existente a misma altura. También se instaló un tramo vertical de 1,35 m, con escalerilla de Aluminio de 20 cm, de ancho a fin de bajar al rack donde se ubica el equipo. Sobre la escalerilla se instalaron canaletas de 6 x 4 cm color blanco, con un recorrido aproximado de 22m. Las instalaciones descritas se realizaron en la sala de datos del piso 3, sala donde se instaló el equipo 7450 ESS-7.

En la Sala PCM de piso 2 no se contempló la instalación de escalerillas dado que se utilizaron las existentes. En ésta Sala sólo se instalaron 8 m de canaletas 6 x 4 cm entre los ODFs AT&T y Telettra existentes en dicha sala.

Para el recorrido del cable de eslabón de 24 F.O. instalado entre Sala de Datos Piso 3 y la sala de PCM en piso 2, no se requirió la instalación de algún tramo de escalerilla. Para tal fin se utilizaron las escalerillas existentes entre salas.

La canalización de los cables de energía fue posible al instalar, iniciando desde el bastidor donde se ubica el equipo 7450 ESS-7, un tramo vertical de longitud 1,00 m con escalerilla de hierro galvanizado de 20 cm de ancho, para luego seguir con un tramo horizontal de 1,50 m con escalerilla de hierro Galvanizado de 30 cm, a una altura de 3,10 m, para empalmar con escalerilla existente de energía a misma altura, y así completar el recorrido hasta el PDB. Las instalaciones descritas se realizaron en la sala de datos del piso 3, sala donde se ubica el equipo 7450 ESS-7 y está ubicado el PDB N° 1 Lorain 23'' de 600 AMP.

La ubicación y recorrido de escalerillas, tanto de energía como de datos, utilizadas en la estación Prados del Este se muestra en el ANEXO 2.- [“ESTACIÓN PRADOS DEL ESTE: Plano Sala PCM/Piso 3”](#).

#### 4) Cableado de Energía

A fin de energizar el equipo 7450 ESS-7, se realizó un cableado con doble tiraje, de cable color rojo y azul, con conductor calibre N° 2 AWG, desde los Módulo de Alimentación del equipo 7450 ESS-7, hasta las posiciones del PDB N° 1 Lorain 23'' de 600 AMP ubicado en la Sala de Datos piso 3.

Es importante recordar que fue necesario realizar una reducción del calibre N° 2 AWG, tanto para la conexión en el cuadro de fuerza como en el equipo 7450 ESS-7,

mediante una derivación al conductor calibre N° 6 AWG utilizando para ello un conector tipo C-TAP.

La información para realizar el cableado de energía se encuentra en el documento de Ingeniería de Energía correspondiente presentado por la Corporación CANTV.

#### 5) Puesta a Tierra del Equipo

La puesta a tierra del equipo Metro Ethernet 7450 ESS-7, se realizó mediante la instalación de una guía 59A (Calibre N° 6 AWG), la cual se derivó de una guía 58A existente, que a su vez es derivada de la guía 41A existente. La guía 41A está conectada a la barra de puesta a tierra presente en la Sala de Datos piso 3.

#### 6) Cableado Óptico

La interconexión del equipo 7450 ESS-7 con los ODF de calle dirección Estaciones Mercedes y Trinidad, se realizó mediante *Patch Cord* Ópticos *duplex* del tipo Monomodo, realizando tres grupos de conexiones:

- ✓ Desde los puertos del equipo 7450 ESS-7 hasta las posiciones correspondientes al Patch Panel marca Signamax (ubicado en el mismo rack del equipo Metro Ethernet).
- ✓ Conexión desde el Patch Panel hasta el ODF AT&T (perteneciente al eslabón de 24 fibras entre la Sala de Datos/piso 3 – Sala PCM/piso 2) ubicado en la Sala de Datos.
- ✓ Conexión desde el ODF AT&T (perteneciente al eslabón de 24 fibras entre la Sala de Datos/piso 3 – Sala PCM/piso 2) ubicado en la Sala de PCM, hasta los respectivos ODF de calle.

En la tabla 4-12 a continuación se especifica la cantidad y longitud de *patch cord* utilizados en la estación Prados del Este:

RECORRIDO	PATCH CORDS (JUMPER)	CANTIDAD [UND]	LONGITUD [m] / UND
7450ESS – Patch Panel	Monomodo LC/ST	2	3
	Monomodo SC/ST	2	3
	Multimodo LC/ST	0	-
Patch Panel – ODF AT&T Eslabón (Sala Datos piso 3)	Monomodo ST/ST	2	22,3
ODF AT&T Eslabón (Sala PCM piso 2) – ODF calle Telettra dirección <b>Mercedes</b>	Monomodo ST/ST	1	15
ODF AT&T Eslabón (Sala PCM piso 2) – ODF calle Telettra dirección <b>Trinidad</b>	Monomodo ST/ST	1	15

**Tabla 4-12. Cantidad de patch cord utilizado en estación PDE**

El equipo 7450 ESS-7 pde-dsw-00, se interconectara a través de fibra a las siguientes estaciones pertenecientes al Anillo Mercedes – Cafetal @ 10 Gbps:

- ✓ **Mercedes**: Se realizó un cableado desde la tarjeta MDA 1-PORT 10GBase-LW/LR w/Optics, ubicada en la ranura izquierda del IOM slot 1, hasta las posiciones correspondiente al Patch Panel. La conexión se realizó mediante un (1) patch cord duplex Monomodo (jumper) conectores SC-ST, con un recorrido de 3 m. Posteriormente, se instaló un cable de fibra *duplex* monomodo conectores ST-ST y longitud de 25 m, desde el Patch Panel, hasta el ODF AT&T de Sala PCM/Piso 3 (perteneciente al cable de eslabón entre Sala PCM/Piso 3 y Sala PCM/Piso 2). Finalmente, fue realizado un cableado para conexión del ODF AT&T de Sala PCM/Piso 2 (perteneciente al cable de eslabón entre Sala PCM/Piso 3 y Sala PCM/Piso 2) hasta el ODF Telettra con dirección a la estación Las Mercedes, en las posiciones correspondiente, mediante un cable de fibra monomodo, con conectores ST-ST, y longitud de 15 m.

- ✓ **Trinidad:** Se realizó un cableado desde la tarjeta MDA 1-PORT 10GBase-LW/LR w/Optics, ubicada en la ranura izquierda del IOM slot 2, hasta las posiciones correspondiente al Patch Panel. La conexión se realizó mediante un (1) patch cord duplex Monomodo (jumper) conectores SC-ST, con un recorrido de 3 m. Adicionalmente, para conexión del Patch Panel con el ODF AT&T de Sala PCM/Piso 3 (perteneciente al cable de eslabón entre Sala PCM/Piso 3 y Sala PCM/Piso 2), se instaló un cable de fibra *duplex* monomodo, con conectores ST-ST, y un longitud de 25 m. Posteriormente, fue realizado un cableado para conexión del ODF AT&T de Sala PCM/Piso 2 (perteneciente al cable de eslabón entre Sala PCM/Piso 3 y Sala PCM/Piso 2) hasta el ODF Telettra con dirección a la estación Trinidad, en las posiciones correspondiente, mediante un cable de fibra monomodo, con conectores ST-ST, y longitud de 15 m.

El recorrido del cableado realizado en la estación Prados del Este, se muestra en el ANEXO 2.- “[ESTACIÓN PRADOS DEL ESTE: Plano Sala PCM/Piso 3](#)”.

#### 4.6.- DETALLES DE CONFIGURACIÓN

En la presente sección se muestran los detalles de la configuración utilizada en cada equipo. La configuración general comprendió cinco (5) áreas que se enumeran a continuación:

AREA	TAREA
<b>Comienzo</b>	Opciones del CLI
	Configurar los archivos de opción de Arranque (BOF)
<b>Configuración del Sistema</b>	Configurar las funciones del sistema, incluyendo nombre <i>host</i> , dirección, nombre del dominio y parámetros de tiempo.
	Configurar los parámetros de seguridad del sistema, tales como: SNMP, TACACS+, y RADIUS
<b>Configuración de Enrutamiento</b>	Ranuras de chasis disponibles, tarjeta, MDAs y puertos
	Configurar los parámetros del router, incluyendo la interfaz del router y direcciones, Identificación del router ( <i>router ID</i> ), sistemas autónomos y confederaciones
<b>Configuración de Protocolos</b>	Configurar los protocolos direccionales ( <i>r</i> ), como se requiera, incluyendo RIP, OSPF, IS-IS, VRRP
	Configurar los parámetros MPLS, RSVP, LDP
<b>Configuración de políticas</b>	Configurar las políticas de ruteo ( <i>route polices</i> )
	Configurar las políticas QoS
	Configurar las políticas de los filtros
<b>Configuración de servicios</b>	Configurar los Servicios
	Configurar las entidades globales
	Configurar SDP

**Tabla 4-13. Detalle de configuración**

La Tabla 4-13 enumera las tareas necesarias para configurar el archivo de opción de arranque (BOF) del sistema operativo del equipo 7450 ESS, además de las funciones de administración del sistema, aprovisionamiento de tarjetas IOM (*cards*),

MDAs, y puertos; implementar protocolos IP, configurar QoS y políticas de filtros (*filter policie*s) y servicios de suministro del subscritor.

#### 4.6.1 Configuración de opciones de arranque

La configuración de cada equipo considerado en este documento fue realizada en sitio mediante la interfaz CLI, gracias a la conexión de un equipo PC portátil con el puerto de consola del 7450 ESS por medio de un cable serial. El CLI del Sistema Operativo Alcatel 7450 (OS –*Operate System*-) es una interfaz manejada por comandos accesibles a través de consola, *Telnet* y *secure shell* (SSH). El árbol de comandos del CLI 7450 ESS OS es un árbol de jerarquía invertida, donde el nivel más alto corresponde al nivel ROOT (Raíz). Debajo de este nivel se encuentran otros niveles del árbol con los grupos principales de comandos. Por ejemplo: los comandos *configuration* y los comandos *show* están en niveles por debajo del nivel Raíz. En la Figura 4-14, mostrada en la página siguiente, se describen algunos de los contextos principales para la configuración del equipo 7450 ESS.

Para el inicio de un equipo 7450 ESS-7, se insertó una memoria *Compact Flash*, con capacidad de 256 Mb, en la ranura CF3 de cada tarjeta SF/CPM. Cada memoria fue insertada con la siguiente información:

- ✓ Archivo *bof.cfg*- Archivo BOF (*boot option file*).
- ✓ Archivo *boot.ldr* - Imagen del *Bootstrap*.
- ✓ Archivo *xxx-dsw-00.cfg*- (archivo de configuración correspondiente a los nodos comprendidos en el presente proyecto: *lms*, *caf*, *hti*, *tri* y *pde*).
- ✓ Archivo del sistema operativo *TimOS-m.n.Yz* (El OS utilizado, a fin de realizar la configuración de los equipos 7450 ESS-7, fue *TimOS-C-2.0.R7*), donde:
  1. *m*.- Número mayor de *release*.
  2. *n*.- Número menor de *release*.



3. Y: A.- Release Alpha; B.- Release Beta; M.- Release de Mantenimiento; R.- Release de Software.

4. z.- Número de versión

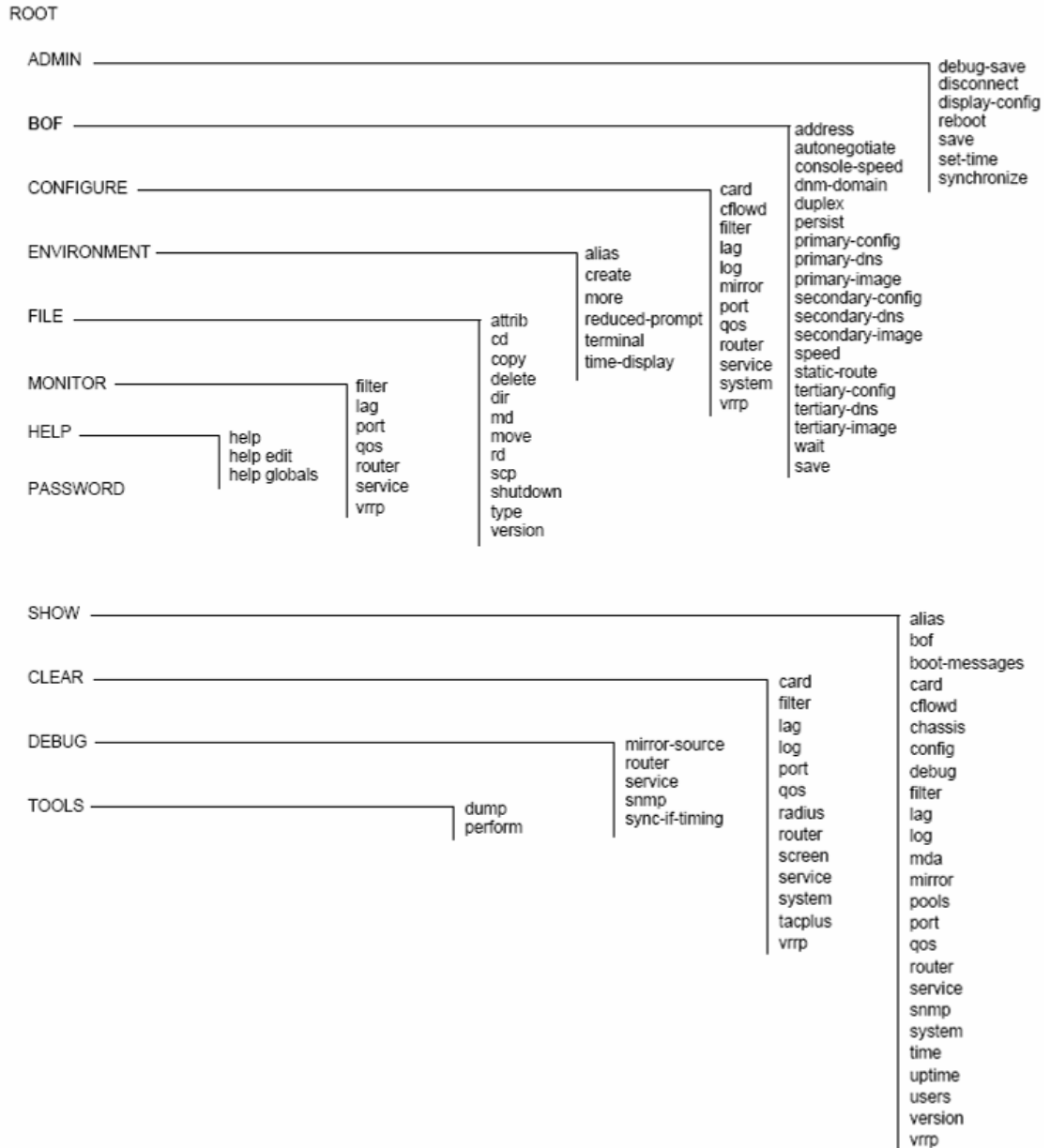
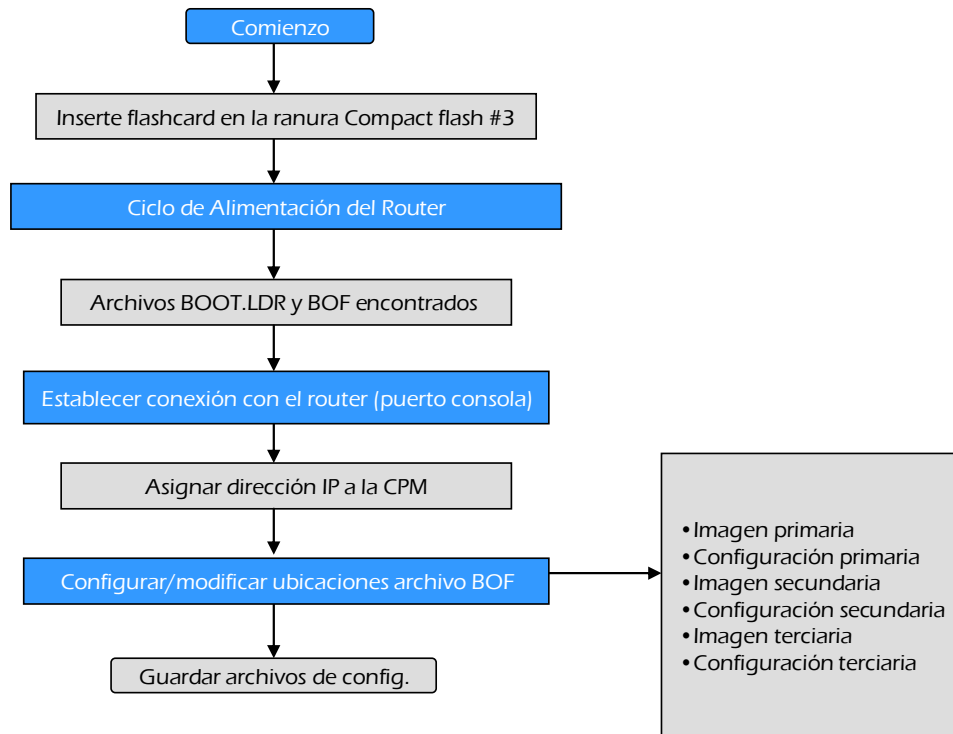


Figura 4-14. Comandos ROOT

La puesta en marcha de los router 7450 ESS se comenzó con la inicialización del hardware (por medio de un *reset* o encendido eléctrico). Por defecto, el sistema busca la ranura CompactFlash # 3 (cf3) para así cargar el archivo `boot.ldr` (también conocido como el archivo *bootstrap*). El archivo `boot.ldr` es la imagen que lee y ejecuta los comandos de inicialización del sistema configurados en el archivo de opciones de arranque `bof.cfg`. Tanto el archivo BOF como el archivo `boot.ldr` se ubicaron en la misma unidad CompactFlash insertada.

Una vez que en el equipo se hubo cargado la imagen *bootstrap*, éste pasó a la lectura del archivo BOF para obtener la ubicación de la imagen (sistema operativo OS) y el archivo de configuración. Es en el archivo de configuración donde se incluyeron las configuraciones de puertos, IOM, MDA y Chasis, además de configuraciones para el sistema, *routing* y servicios.

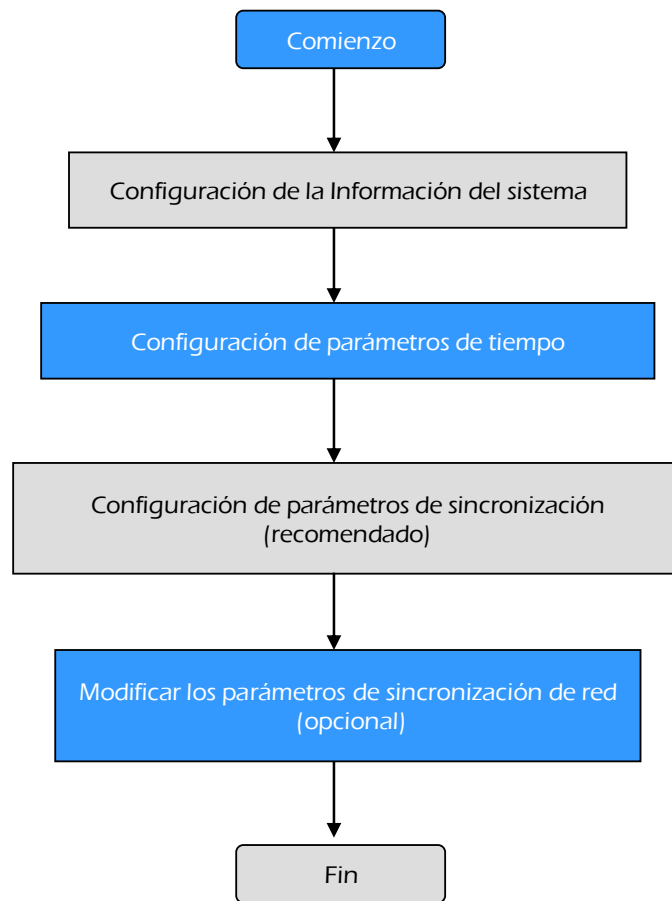


**Figura 4-15. Flujo de Inicio (Startup) del Sistema**

La Figura 4-15 de la página anterior, despliega el proceso de inicio del sistema. Note que en la figura se asume que el cargador de arranque (*boot loader*) y la imagen BOF, así como los archivos de configuración son localizados exitosamente.

#### 4.6.2 Configuración del Sistema

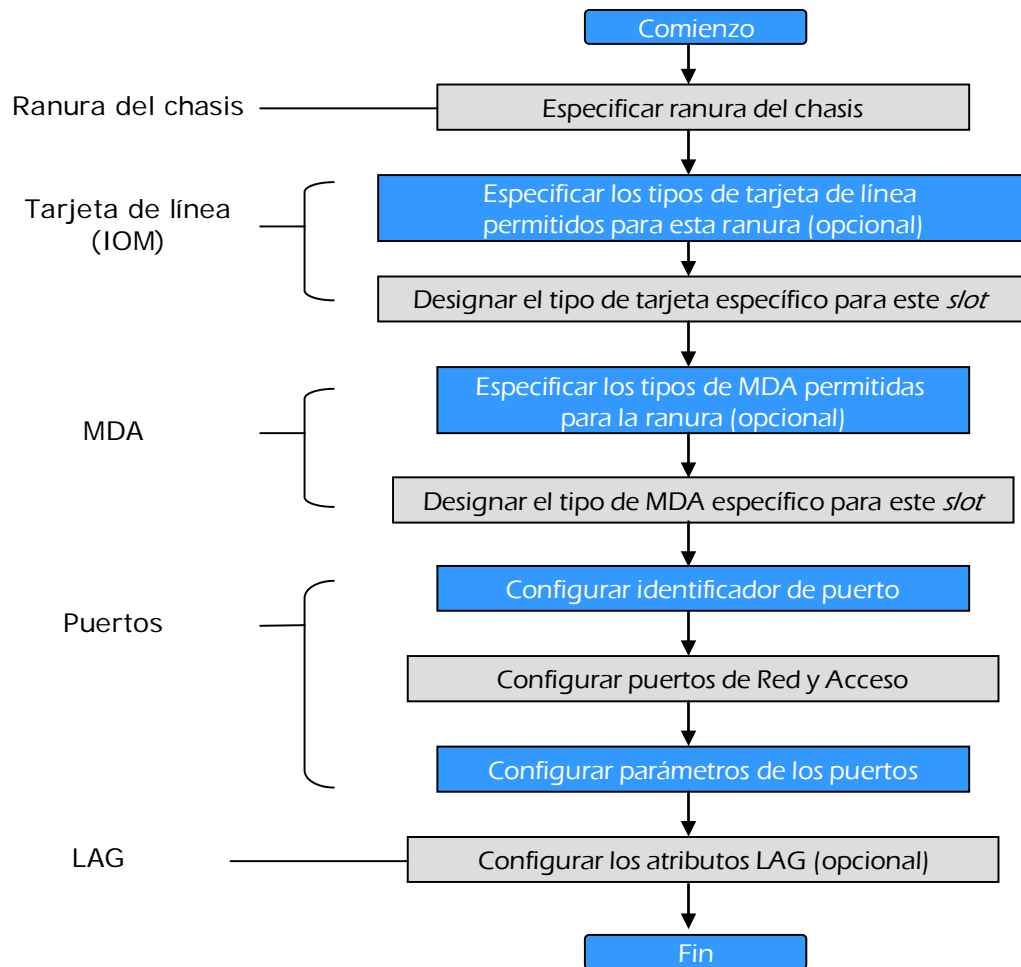
En la Figura 4-16 se muestra el proceso utilizado para aprovisionar los parámetros básicos del sistema.



**Figura 4-16. Flujo de implementación para configuración del Sistema**

Una vez culminado el proceso de configuración de los parámetros del sistema, se procede a la configuración de las tarjetas y puertos contenidos en el equipo. La Figura

4-17 describe el proceso empleado para el aprovisionamiento de las ranuras, o *slot*, del chasis, además de tarjetas de línea (IOM), tarjetas MDA y puertos.



**Figura 4-17. Flujo de implementación para configuración de ranuras, tarjetas de línea, MDA y puertos**

La configuración del sincronismo de sistema no se consideró, debido a que los equipos a instalar no poseen interfaces síncronas dentro del sistema (MDA con capacidad de conexión a equipos SDH). Para tal fin, se deshabilitaron los relojes

internos en los equipos (primario y secundario), además del puerto BITS, por medio de los siguientes comandos:

```
configure
  system
    sync-if-timing
      begin
        refl
          shutdown
        exit
      ref2
        shutdown
      exit
    bits
      shutdown
    exit
  commit
exit
exit
exit all
```

### 4.6.3 Configuración de Enrutamiento

Para aprovisionar los servicios de enrutamiento en un equipo 7450 ESS, las interfaces de enrutamiento lógicas IP debe ser configurada asociándole atributos, tales como: dirección IP, puerto, grupo de agregación (LAG -*Link Aggregation Group*-) o interfaz IP del sistema. Un tipo especial de interfaz IP es la interfaz del sistema. Una interfaz del sistema debe tener una dirección de IP con una máscara de sub-red de 32-bits. La interfaz del sistema es usado como el identificador por los protocolos de nivel superior tal como OSPF.

Los siguientes componentes fueron configurados para cada equipo 7450 ESS-7:

- ✓ Interfaces, incluyendo la del sistema, así como las direcciones de cada una de ellas.
- ✓ Dirección de identificación del Router.

A continuación, se muestran los comandos utilizados para la configuración de las componentes de enrutamiento, a nivel de red, de los 7450 ESS-7:

```

configure
router
  interface "system"
    address xxx.xx.xx.xx/32
  exit
  interface "to_(nombre del nodo que estará conectado al puerto respectivo) "
    address xx.xxx.x.xx/30
    port 1/1/1
    dhcp
    shutdown
  exit
  interface "to_(nombre del nodo que estará conectado al puerto respectivo) "
    address xx.xxx.x.x/30
    port 2/1/1
    dhcp
    shutdown
  exit
  router-id xxx.xx.xx.xx
exit all

```

El parámetro de interfaz del sistema de las líneas de comando anterior (`interface "system"`), se asocia con la entidad de la red (ya sea un router específico o 7450 ESS-7), y no con una interfaz específica a nivel de puertos de conexión, así, es necesario que la dirección de sistema corresponda con el valor *router-id*. Como se mencionó anteriormente, los comandos anteriores corresponden a la configuración del enrutamiento a nivel de red, por tal motivo, se dejan establecidos los puertos que sirven como conexión al Router (o equipo 7450 ESS-7) a configurar, con sus Routers adyacentes: puerto 1/1/1 y puerto 1/1/2. El DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) se deshabilita con el fin de que el router no asigne una dirección IP a la interfaz creada.

Las direcciones IP utilizadas, tanto para *router\_id* como para las interfaces que han sido creadas, fueron suministradas por personal de Ingeniería ABA de la Corporación CANTV.

#### 4.6.4 Configuración de Protocolos

Una vez configurados el *router\_ID* de los equipos 7450 ESS-7, y las interfaces de enrutamiento a nivel de red, se procedió a la configuración de los protocolos de enrutamiento a utilizar, así como los parámetros en MPLS, RSVP y LDP necesarios para cada nodo del Anillo Metro Ethernet LMS – CAF.

A fin de proveer a la red de una organización fundamental de los routers, *backbone*, áreas y enlaces de tránsito, se realizó la configuración del protocolo de enrutamiento OSPF, según los lineamientos mostrados en la Figura 3-12. “[Diagrama de configuración parámetros OSPF](#)” del capítulo 3.4.3. Para la configuración de los nodos, sólo se consideró la utilización de OSPF como único protocolo de enrutamiento de la red Metro Ethernet CANTV, por tal motivo, no se realiza la configuración de protocolos como RIP e IS-IS. CANTV definió al Anillo Metro Ethernet LMS – CAF bajo una área en OSPF, cuyo valor de “*area ID*” es 0.0.0.25. A continuación se muestran los comandos utilizados para la configuración de OSPF en los Nodos 7450 ESS-7:

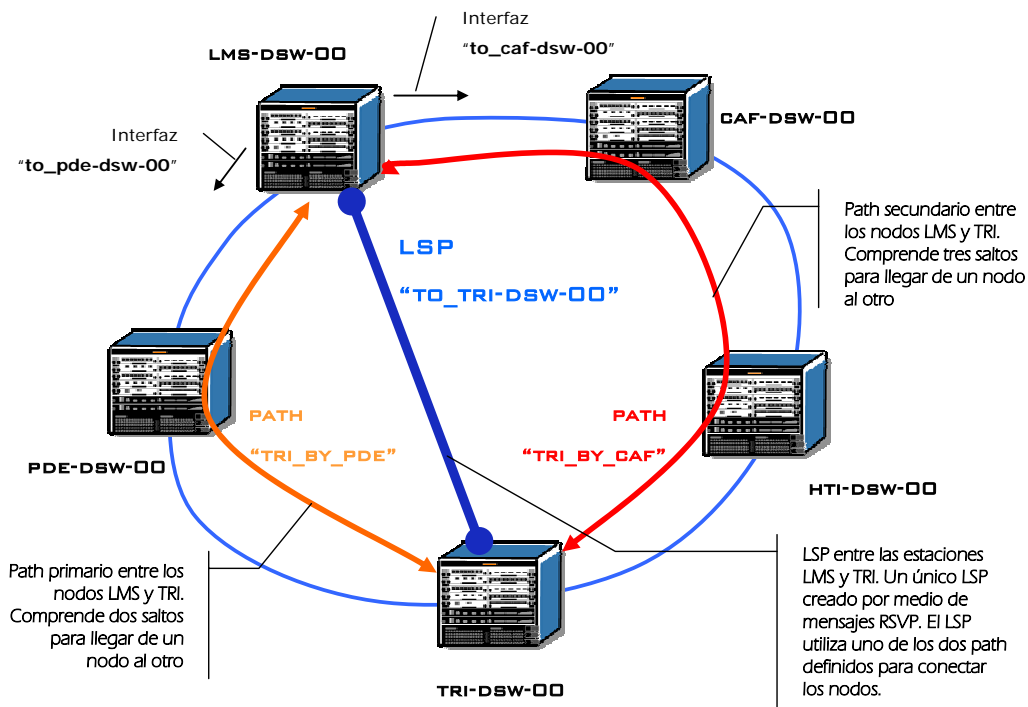
```
Configure router
  ospf
    area 0.0.0.25
      interface "(nombre de la interfaz creada en la configuración de router)"
        interface-type point-to-point
        authentication-type message-digest
        message-digest-key 1 md5
          "bnPSzt.bOi2VM3xv5k9XOU" hash
      exit
      interface "(nombre de la interfaz creada en la configuración de router)"
        interface-type point-to-point
        authentication-type message-digest
        message-digest-key 1 md5
          "bnPSzt.bOi2VM3xv5k9XOU" hash
      exit
      interface "system"
      exit
    exit
  exit
```

Una vez finalizada la configuración del protocolo de enrutamiento OSPF, se procedió a la configuración de los parámetros MPLS, RSVP y LDP para cada Router 7450 ESS. Antes de configurar los parámetros RSVP y LDP, se requiere la configuración de las interfaces, *path* y LSP a utilizar en MPLS. Dicha configuración fue realizada acorde a lo descrito en la Figura 3-15. [“Diagrama de configuración parámetros MPLS”](#)

Para declarar un *path*, es necesario definir un nodo de origen y uno de destino. Para el caso del Anillo Metro Ethernet LMS-CAF, por estar bajo una topología tipo Anillo, solo existen dos caminos físicos a fin de conectar un nodo con otro: uno primario, el cual se considera el camino con menos saltos (*hops*), y uno secundario. Por ejemplo, tal como se describe en la Figura 4-18, la configuración de los parámetros MPLS del equipo lms-dsw-00 contra el equipo tri-dsw-00, fue realizada de la siguiente manera:

- ✓ Se describieron las interfaces que permiten distribuir el tráfico de salida del equipo Las Mercedes: Interfaz “**to\_pde-dsw-00**” e Interfaz “**to\_caf-dsw-00**”, las cuales corresponden a las interfaces definidas en la configuración del Router.
- ✓ Se crearon los caminos (*path*), que permiten interconectar el nodo LMS con el nodo TRI. Para este caso, se tiene un camino primario (*path* “tri\_by\_pde”), y uno secundario (*path* “tri\_by\_caf”).
- ✓ Una vez creados los *paths*, se dio origen al LSP entre estos dos nodos (LSP “to\_tri-dsw-00”). Al momento de crear un LSP, se debe especificar el router de salida, y al menos un *path*, primario o uno secundario. Los LSP creados en el Anillo Metro Ethernet LMS – CAF fueron establecidos mediante señalización de mensajes RSVP (por defecto RSVP SE), en el cual, el OS del 7450 ESS-7 asigna automáticamente los valores de las etiquetas, con valores entre 1.024 y 1.048.575.





**Figura 4-18. Diagrama de parámetros MPLS**

Finalizado la configuración de los parámetros MPLS, se procedió a la configuración de los parámetros RSVP y LDP. Como se mencionó anteriormente, RSVP permite la activación de los LSP, por tal motivo, éste debió ser habilitado en cada una de las interfaces creadas bajo los parámetros MPLS. A continuación se muestran los comandos utilizados para la activación de RSVP en cada uno de los nodos del Anillo Metro Ethernet LMS – CAF:

```

configure router
  rsvp
    interface "system"
    exit
    interface "( nombre de la interfaz creada en la configuración de MPLS )"
    exit
    interface "( nombre de la interfaz creada en la configuración de MPLS )"
    exit
    no shutdown
  exit

```

Para la configuración de los parámetros LDP en los nodos, se utilizan las siguientes líneas de comandos:

```
configure router
  ldp
    interface-parameters
    exit
    targeted-session
    exit
  exit
exit
```

#### 4.6.5 Configuración de Políticas

La configuración de políticas de QoS en los nodos del Anillo Metro Ethernet LMS-CAF fue realizada de manera básica, realizando, para cada servicio de entrada (*service-ingress*) o de salida (*service-egress*): configuración de ancho de banda y capacidad (o parámetro PIR) de las colas, según las siguientes líneas de comandos:

```
configure
  qos
    sap-ingress 25 create
      description "25 MB"
      queue 1 create
        rate 25000
      exit
      queue 11 multipoint create
      exit
    exit
    sap-ingress 50 create
      description "50 MB"
      queue 1 create
        rate 50000
      exit
      queue 11 multipoint create
      exit
    exit
    sap-ingress 100 create
      description "100 MB"
      queue 1 create
        rate 100000
      exit
      queue 11 multipoint create
      exit
    exit
    sap-ingress 150 create
      description "150 MB"
      queue 1 create
        rate 150000
      exit
      queue 11 multipoint create
      exit
    exit
    sap-ingress 200 create
      description "200 MB"
      queue 1 create
        rate 200000
      exit
    exit
```

```

        queue 11 multipoint create
        exit
    exit
    sap-egress 25 create
        description "25 MB"
        queue 1 create
            rate 25000
        exit
    exit
    sap-egress 50 create
        description "50 MB"
        queue 1 create
            rate 50000
        exit
    exit
    sap-egress 100 create
        description "100 MB"
        queue 1 create
            rate 100000
        exit
    exit
    sap-egress 150 create
        description "150 MB"
        queue 1 create
            rate 150000
        exit
    exit
    sap-egress 200 create
        description "200 MB"
        queue 1 create
            rate 200000
        exit
    exit
exit

```

#### **4.6.6 Configuración de Servicios**

Los servicios que han sido establecidos en los equipos 7450 ESS pertenecientes al Anillo Metro Ethernet LMS-CAF, tales como VLL o VPLS, no son descritos en el presente proyecto por ser de confidencialidad exclusiva de la Corporación CANTV. Sólo se describe en la configuración, los puntos de distribución de servicio (SDP) creados. Un (SDP) actúa de una manera lógica al dirigir el tráfico de un 7450 ESS a otro 7450 ESS a través de un túnel de servicio unidireccional.

Una vez concluido la descripción en cuanto a configuración utilizada en este proyecto, y concluidas las interconexiones físicas entre los nodos, se asegura el correcto funcionamiento de los mismos. La configuración correspondiente a cada nodo se muestra en el ANEXO 4.- "[Configuraciones](#)".

#### 4.7.- CÁLCULO DE DISPONIBILIDAD

Esta sección comprende el cálculo de disponibilidad de cada equipo 7450 ESS-7 instalado, según lo descrito en la sección 8 del Capítulo III. La información completa para el cálculo de disponibilidad está mostrado en el ANEXO 5.- “[Cálculo de Disponibilidad](#)”.

EQUIPO	DISPONIBILIDAD NODO	INDISPONIBILIDAD DEL NODO [minutos/año]
<b>lms-dsw-00</b>	0,999643 o 99,9643 %	187,58
<b>caf-dsw-00</b>	0,999722 o 99,9722 %	145,86
<b>hti-dsw-00</b>	0,999791 o 99,9791 %	110,02
<b>tri-dsw-00</b>	0,999791 o 99,9791 %	110,02
<b>pde-dsw-00</b>	0,999791 o 99,9791 %	110,02

**Tabla 4-14. Disponibilidad por Nodo**

Como se aprecia en la tabla anterior, la indisponibilidad por fallas de hardware para cada nodo, teóricamente, es de aproximadamente 2 horas al año, evidenciándose que los equipos dispondrán de un excelente funcionamiento en cuanto a *hardware*.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ MPLS es una tecnología que muchos proveedores de servicio tienen ya concertada para implementar en el *backbone* de sus redes y así poder soportar una amplia gama de servicios de datos capa 2 y capa 3, al igual que la convergencia de voz, datos y video sobre una sola red. MPLS surge como la principal tecnología para transformar las redes metro ethernet conmutadas de hoy, en redes capaces de hacer cumplir un estricto SLA, y poder permitir servicios de valor agregado diferenciados. MPLS ha evolucionado de ser una herramienta de ingeniería de tráfico para las redes IP VPN, hasta convertirse en la base de un grupo de servicios de valor agregado de próxima generación, y en redes de nivel de agregación de los proveedores de servicio.
  
- ✓ El Equipo Alcatel 7450 ESS proporciona las capacidades principales de la Industria que los proveedores de servicio necesitan a fin de conceder servicios de datos Ethernet de próxima generación adaptables, en una arquitectura de red MPLS escalable, administrable y rentable. Algunos aspectos principales del equipo 7450 ESS son densidad, desempeño y escalabilidad, que lo hacen apto para aplicaciones metro ethernet de agregación y redes metro ethernet core.
  
- ✓ La arquitectura de red considerada en el proyecto, cómodamente permite manejar la demanda de tráfico y puertos tanto hacia la red de Acceso (DSLAMs), como consecuentemente hacia el *backbone*. Según se especificó en los requerimientos de interconexión por nodos (Capítulo 4 del documento) la utilización promedio de puertos GE en los nodos del Anillo es de 5 puertos GE por equipo. Dado que la totalidad de los nodos Metro Ethernet Alcatel 7450 ESS incluidos en el proyecto cuentan con al

menos 20 puertos GE (2 x 10-Port GigaEthernet MDA), la actual utilización en puertos instalados sobre la plataforma oscila entre un 10% y 25%, previéndose que puedan manejar el crecimiento en tráfico y puertos por los próximos 2-3 años sin inversiones adicionales significativas para la Corporación CANTV. Adicionalmente, la utilización promedio de las ranuras para MDAs es de cuatro (4) de un total de diez (10) disponibles en el 7450 ESS-7, asegurándose una capacidad de crecimiento mayor al 250% sobre la configuración actual.

- ✓ Dada la alta densidad y escalabilidad de los equipos 7450 ESS (hasta 200 puertos GE o 20 puertos 10GE por plataforma), y las consideraciones tomadas en cuenta para el dimensionamiento de los mismos (tarjetas duplicadas para proveer redundancia a conexión con los DSLAMs, equipos NGNs, etc), la arquitectura y diseño de red del Anillo LMS - CAF presenta una utilización inferior al 25%, por lo que no se estiman restricciones o limitaciones por escalabilidad de tráfico y/o ancho de banda en estos momentos. Gracias a las bondades intrínsecas de ser una solución que se basa en MPLS, no existen limitantes relacionadas al número de VLANs o direcciones MAC definidas y utilizadas sobre la red.
  
- ✓ Concluida la interconexión y configuración de cada equipo 7450 ESS-7 del Anillo Metro Ethernet LMS – CAF, se comprobó la operatividad de cada enlace existente garantizando la correcta distribución de los servicios a implementar en ella, tales como: servicios ADSL, servicios NGN, y la agregación de otros futuros que la corporación CANTV requiera. Cada *Path*, LSP y SDP fueron estrictamente evaluados al momento de dar inicio a la distribución de tráfico de acceso a través de la red de transporte, con lo cual se finaliza el diseño del anillo LMS – CAF y los objetivos que en el presente proyecto han sido definidos.

- ✓ Los equipos 7450 ESS que fueron objeto de estudio del presente proyecto presentaron un alto desempeño en su funcionamiento, sin presentar fallas en ninguno de sus componentes a lo largo del lapso de realización de este documento. Tanto las potencias de TX como de RX entre los puertos de interconexión, están acordes a los valores presentes en la Tabla 3-3. [“Características de Tarjetas MDA y módulos SFP”](#), garantizando el buen funcionamiento de cada uno de los enlaces conforme a los cálculos de presupuesto de potencia y disponibilidad realizados.
- ✓ Se propone para el diseño e implementación del servicio HSI (servicio ABA de CANTV), un servicio VPLS que transporte transparentemente el tráfico proveniente de los abonados (identificados con cierto VLAN ID) e integrar este tráfico a un servicio VPLS el cual lo transportará hasta el BRAS correspondiente por medio de los SDP y LDP ya definidos en el presente proyecto.
- ✓ Se exhorta a la Corporación Alcatel de Venezuela a proveer el soporte necesario a CANTV, tanto en personal como en recursos técnicos, a fin de ofrecer el mantenimiento y operatividad de la red en la mejor medida posible, ofreciendo: actualizaciones en el sistema operativo, asistencia y rápida respuesta en la solución de fallas, capacitación al personal de CANTV con personal capacitado en el área.
- ✓ A fin de evitar el no cumplimiento de las normas de instalación y conexión de los equipos 7450 ESS-7 actuales como futuros con los equipos de acceso, se recomienda, al personal de CANTV, evaluar las contratistas que tienen como responsabilidad la interconexión física de los equipos de acceso a la red Metro Ethernet.

- ✓ Se le recomienda a la corporación Alcatel de Venezuela continuar con el desarrollo de la infraestructura de telecomunicaciones del país, al proveer a las empresas operadoras, equipos que permitan la interoperatividad entre ellas, y así permitir que éstas ofrezcan una mayor gama de servicios a sus clientes.



## BIBLIOGRAFÍA

- [1].- CLAYTON, Jade. (2002): Diccionario Ilustrado de Telecomunicaciones. 3ra ed. Madrid: McGraw-Hill. 535 p.

### MANUALES DE REFERENCIA: Equipo 7450 ESS.

- [2].- ALCATEL. (2004): “*The Alcatel 7450 Ethernet Service Switch (ESS) Boilerplate*”. 3ra ed. 200 p.
- [3].- ALCATEL. (2004): “*7450 ESS OS Router Guide*”. 2da ed. 600p.
- [4].- ALCATEL. (2004): “*7450 ESS OS Services Guide*”. 2da ed. 968p.
- [5].- ALCATEL. (2004): “*7450 ESS OS System Guide*”. 2da ed. 650p.
- [6].- ALCATEL. (2004): “*Alcatel 7450 ESS General Information Book*”. 28p.
- [7].- ALCATEL. (2004): “*Alcatel 7450 ESS-7 Installation Guide*”. 156p

### MANUALES DE REFERENCIA: MPLS.

- [8].- Juniper Network. (2000): “*Multiprotocol Label Switching*”. 20p.
- [9].- Communication System Desing. (2002): “*Cut to the Core of Optimal MPLS Router Design*”. 5p.
- [10].- Data Connection. (2004): “*MPLS Virtual Private Networks*”. 42p.
- [11].- <<http://www.ietf.org/rfc/rfc3031.txt>> [En línea, consulta: 2006]
- [12].- <<http://www.ietf.org/rfc/rfc3032.txt>> [En línea, consulta: 2006]
- [13].- <<http://www.ietf.org/rfc/rfc3270.txt>> [En línea, consulta: 2006]
- [14].- <<http://www.netcraftsmen.net/welcher/papers/mpls2.html>> [En línea, consulta: 2006]
- [15].- <<https://teamrooms1vista.vodafone.com/eRoom/Global31/GlobalTIDs/05fa8>> [En línea, consulta: 2006]
- [16].- <<http://www.netcraftsmen.net/welcher/papers/mpls2.html>> [En línea, consulta: 2006]

MANUALES DE REFERENCIA: Metro Ethernet.

- [17].- Metro Ethernet Forum, MEF 1: “*Ethernet Services Model, Phase 1*”. Noviembre 2003.
- [18].- Metro Ethernet Forum, MEF 6: “*Ethernet Services Model, Phase 1*”. Junio 2004.
- [19].- Metro Ethernet Forum, MEF 12: “*Metro Ethernet Network Architecture Framework, Part 2: Ethernet Services Layer*”. Abril 2005
- [20].- Metro Ethernet Forum: “*Metro Ethernet Network – A Technical Overvie*”. 2004
- [21].- Metro Ethernet Forum: “*Metro Ethernet Services – A Technical Overvie*”. 2004
- [22].- <[http://es.wikipedia.org/wiki/metro\\_ethernet](http://es.wikipedia.org/wiki/metro_ethernet)> [En línea, consulta: 2006]

MANUALES DE REFERENCIA: Ethernet.

- [23].- GARCÍA, R. MALUMBRES, M. y PONS, J. (2001): “*Gigabit Ethernet Backbones with Active Loops*”. 7p.
- [24].- Promon Business & Technology Review. (2005): “*Gigabit Ethernet*”. Idioma: portugués. 16p.
- [25].- Cisco System. (2000): “*Introduction to Gigabit Ethernet*”. 10p.
- [26].- ALCATEL. (2002): “*Carrier-grade Ethernet: extending Ethernet into next generation metro networks*”. 10p.
- [27].- <<http://es.wikipedia.org/wiki/ethernet>> [En línea, consulta: 2006]
- [28].- <<http://www.rediris.es/rediris/boletin/46-47/ponencia9.html>> [En línea, consulta: 2006]

OTROS MANUALES CONSULTADOS.

- [29].- 3Com Europe. (2001): “Soluciones de conmutación”. 41p
- [30].- <<http://www.microsoft.com/technet/prodtechnol/exchange/ES/Guides/>> [En línea, consulta: 2006]

## **ANEXO 1**

---

### **PRESUPUESTO DE POTENCIA**

A continuación, se presentan los cálculos realizados con fin de determinar las pérdidas, a causa de la atenuación, en los tramos de F.O. que conectan a cada uno de los nodos. Los tramos han sido divididos y evaluados según lo descrito en los capítulos 4.3 y 4.5.

**PRESUPUESTO DE POTENCIA**  
**ANILLO METRO ETHERNET MERCEDES - CAFETAL**  
 TRAMO: LMS - CAF  
 VELOCIDAD: 10Gbps

Valores de pérdidas referenciales estándar/por elemento:

Pérdidas en puntos de conexión.

SC	0,25 dB
LC	0,25 dB
ST	0,25 dB
D4	0,25 dB
Bicon	0,60 dB

Pérdidas en fibra óptica.

G652	0,25 dB/Km
------	------------

Pérdida	Tipo	Nodo	Tramo	Atenuación Teórica [dB]	Calculo Atenuación [dB]
Conexión	SC	LMS	(lms-dsw-01)	0,2500	0,2500
Fibra	G652	LMS	Jumper óptico (lms-dsw-01) - Patch Panel	0,00300 Km	0,0008
Conexión	ST	LMS	Patch Panel	0,2500	0,2500
Fibra	G652	LMS	Jumper óptico Patch Panel - ODF Eslabón Datos/piso 1	0,02500 Km	0,0063
Conexión	ST	LMS	ODF Eslabon Datos	0,2500	0,2500
Fibra	G652	LMS	Cable Eslabón Datos/piso - PCM/PB	0,05000 Km	0,0125
Conexión	ST	LMS	ODF Eslabon PCM	0,2500	0,2500
Fibra	G652	LMS	Jumper óptico ODF Eslabón PCM/PB - ODF Calle	0,00300 Km	0,0008
Conexión	ST	LMS	ODF Calle	0,2500	0,0000
Fibra	G652	NA	Cable LMS - CAF	5,62000 Km	1,4050
Empalmes	Fusión	NA	Cable LMS - CAF	0,20000 Km	0,0500
Conexión	ST	CAF	ODF Calle	0,2500	0,0000
Fibra	G652	CAF	Jumper óptico Patch Panel- ODF Calle	0,01000 Km	0,0025
Conexión	ST	CAF	Patch Panel	0,2500	0,2500
Fibra	G652	CAF	Jumper óptico (caf-dsw-00) - Patch Panel	0,00300 Km	0,0008
Conexión	SC	CAF	(caf-dsw-00)	0,2500	0,2500
				<b>3,4785</b>	<b>5,7410</b>
<b>Power Budget 10GBASE-LW</b>				<b>9,4</b>	<b>9,4</b>
<b>MARGEN</b>				<b>5,9215</b>	<b>3,6590</b>

Ricardo Rodriguez:  
Atenuación estimada en el Eslabón Interno

Medición en campo.

**PRESUPUESTO DE POTENCIA**  
**ANILLO METRO ETHERNET MERCEDES - CAFETAL**  
 TRAMO: CAF - HTI  
 VELOCIDAD: 10Gbps

Valores de pérdidas referenciales estándar/por elemento:

**Pérdidas en puntos de conexión.**

SC	0,25 dB
LC	0,25 dB
ST	0,25 dB
D4	0,25 dB
Bicon	0,60 dB

**Pérdidas en fibra óptica.**

G652	0,25 dB/Km
------	------------

Pérdida	Tipo	Nodo	Tramo	Atenuación Teórica [dB]	Calculo Atenuación [dB]
Conexión	SC	CAF	(caf-dsw-00)	0,2500	0,2500
Fibra	G652	CAF	Jumper óptico (caf-dsw-00) - Patch Panel	0,00300 Km	0,0008
Conexión	ST	CAF	Patch Panel	0,2500	0,2500
Fibra	G652	CAF	Jumper óptico Patch Panel - ODF Calle	0,01000 Km	0,0025
Conexión	ST	CAF	ODF Calle	0,2500	0,0000
Fibra	G652	NA	Cable CAF - HTI	8,34000 Km	2,0850
Empalmes	Fusión	NA	Cable CAF - HTI	0,40000 Km	0,1000
Conexión	ST	HTI	ODF Calle	0,2500	0,0000
Fibra	G652	HTI	Jumper óptico Patch Panel - ODF Calle	0,01200 Km	0,0030
Conexión	ST	HTI	Patch Panel	0,2500	0,2500
Fibra	G652	HTI	Jumper óptico (hti-dsw-00)/Patch Panel	0,00300 Km	0,0008
Conexión	SC	HTI	(hti-dsw-00)	0,2500	0,2500
				<b>3,6920</b>	<b>6,0570</b>
<b>Power Budget 10GBASE-LW</b>				<b>9,4</b>	<b>9,4</b>
<b>MARGEN</b>				<b>5,7080</b>	<b>3,3430</b>

Medición en Campo

**PRESUPUESTO DE POTENCIA**  
**ANILLO METRO ETHERNET MERCEDES - CAFETAL**  
 TRAMO: HTI - TRI  
 VELOCIDAD: 10Gbps

Valores de pérdidas referenciales estándar/por elemento:

**Pérdidas en puntos de conexión.**

SC	0,25 dB
LC	0,25 dB
ST	0,25 dB
D4	0,25 dB
Bicon	0,60 dB

**Pérdidas en fibra óptica.**

G652	0,25 dB/Km
------	------------

Pérdida	Tipo	Nodo	Tramo	Atenuación Teórica [dB]	Calculo Atenuación [dB]
Conexión	SC	HTI	(hti-dsw-00)	0,2500	0,2500
Fibra	G652	HTI	Jumper óptico (hti-dsw-00) - Patch Panel 0,00300 Km	0,0008	0,0008
Conexión	ST	HTI	Patch Panel	0,2500	0,2500
Fibra	G652	HTI	Jumper óptico Patch Panel - ODF Calle 0,01200 Km	0,0030	0,0030
Conexión	ST	HTI	ODF Calle	0,2500	0,0000
Fibra	G652	NA	Cable HTI - TRI 6,50000 Km	1,6250	3,0000
Empalmes	Fusión	NA	Cable HTI - TRI 0,30000 Km	0,0750	0,0000
Conexión	ST	TRI	ODF Calle	0,2500	0,0000
Fibra	G652	TRI	Jumper óptico Patch Panel - ODF Calle 0,02000 Km	0,0050	0,0050
Conexión	SC	TRI	Patch Panel	0,2500	0,2500
Fibra	G652	TRI	Jumper óptico (tri-dsw-00) - Patch Panel 0,00300 Km	0,0008	0,0008
Conexión	SC	TRI	(tri-dsw-00)	0,2500	0,2500
				<b>3,2095</b>	<b>4,0095</b>
<b>Power Budget 10GBASE-LW</b>				<b>9,4</b>	<b>9,4</b>
<b>MARGEN</b>				<b>6,1905</b>	<b>5,3905</b>

Ricardo Rodríguez:  
Medición en Campo

**PRESUPUESTO DE POTENCIA**  
**ANILLO METRO ETHERNET MERCEDES - CAFETAL**  
 TRAMO: TRI - PDE  
 VELOCIDAD: 10Gbps

**Valores de pérdidas referenciales estándar/por elemento:**

**Pérdidas en puntos de conexión.**

SC	0,25 dB
LC	0,25 dB
ST	0,25 dB
D4	0,25 dB
Bicon	0,60 dB

**Pérdidas en fibra óptica.**

G652	0,25 dB/Km
------	------------

Pérdida	Tipo	Nodo	Tramo	Atenuación Teórica [dB]	Calculo Atenuación [dB]
Conexión	SC	TRI	(tri-dsw-00)	0,2500	0,2500
Fibra	G652	TRI	Jumper óptico (tri-dsw-00) - Patch Panel	0,00300 Km	0,0008
Conexión	SC	TRI	Patch Panel	0,2500	0,2500
Fibra	G652	TRI	Jumper óptico Patch Panel - ODF Calle	0,01500 Km	0,0038
Conexión	ST	TRI	ODF Calle	0,2500	0,0000
Fibra	G652	NA	Cable TRI - PDE	2,92000 Km	0,7300
Empalmes	Fusión	NA	Cable TRI - PDE	0,10000 Km	0,0250
Conexión	ST	PDE	ODF Calle	0,2500	0,0000
Fibra	G652	PDE	Jumper óptico ODF Eslabón PCM/Piso 2 - ODF Calle	0,01400 Km	0,0035
Conexión	ST	PDE	ODF Eslabón Sala PCM/Piso 2	0,2500	0,2500
Fibra	G652	PDE	Cable Eslabón Datos/piso 3 - PCM/Piso 2	0,03500 Km	0,0088
Conexión	ST	PDE	ODF Eslabón Sala Datos/Piso 3	0,2500	0,2500
Fibra	G652	PDE	Jumper óptico Patch Panel - ODF Eslabón Sala Datos/Piso 3	0,02230 Km	0,0056
Conexión	ST	PDE	Patch Panel	0,2500	0,2500
Fibra	G652	PDE	Jumper óptico (pde-dsw-00) - Patch Panel	0,00300 Km	0,0008
Conexión	SC	PDE	(pde-dsw-00)	0,2500	0,2500
				<b>2,7781</b>	<b>2,9143</b>
<b>Power Budget 10GBASE-LW</b>				<b>9,4</b>	<b>9,4</b>
<b>MARGEN</b>				<b>6,6219</b>	<b>6,4857</b>

Medición en campo.

**Ricardo Rodriguez:**  
Atenuación estimada en el Eslabón Interno

**PRESUPUESTO DE POTENCIA**  
**ANILLO METRO ETHER NET MERCEDES - CAFETAL**  
 TRAMO: PDE - LMS  
 VELOCIDAD: 10Gbps

Valores de pérdidas referenciales estándar/por elemento:

**Pérdidas en puntos de conexión.**

SC	0,25 dB
LC	0,25 dB
ST	0,25 dB
D4	0,25 dB
Bicon	0,60 dB

**Pérdidas en fibra óptica.**

G652	0,25 dB/Km
------	------------

Pérdida	Tipo	Nodo	Tramo	Atenuación Teórica [dB]	Calculo Atenuación [dB]
Conexión	SC	PDE	(pde-dsw-00)	0,2500	0,2500
Fibra	G652	PDE	Jumper óptico (pde-dsw-00) - Patch Panel	0,00300 Km	0,0008
Conexión	SC	PDE	Patch Panel	0,2500	0,2500
Fibra	G652	PDE	Jumper óptico Patch Panel - ODF Eslabón Sala Datos/Piso 3	0,02230 Km	0,0056
Conexión	ST	PDE	ODF Eslabón Sala Datos/Piso 3	0,2500	0,2500
Fibra	G652	PDE	Cable Eslabón Datos/Piso 3 - PCM/piso 2	0,03500 Km	0,0088
Conexión	ST	PDE	ODF Eslabón Sala PCM/Piso 2	0,2500	0,2500
Fibra	G652	PDE	Jumper óptico ODF Eslabón PCM/Piso 2 - ODF Calle	0,01400 Km	0,0035
Conexión	ST	PDE	ODF Calle	0,2500	0,0000
Fibra	G652	NA	Cable PDE - LMS	4,89000 Km	1,2225
Empalmes	Fusión	NA	Cable PDE - LMS	0,20000 Km	0,0500
Conexión	ST	LMS	ODF Calle	0,2500	0,0000
Fibra	G652	LMS	Jumper óptico ODF Eslabón PCM/Piso PB - ODF Calle	0,02000 Km	0,0050
Conexión	ST	LMS	ODF Eslabon PCM	0,2500	0,2500
Fibra	G652	LMS	Cable Eslabón Datos/piso - PCM/Piso PB	0,05000 Km	0,0125
Conexión	ST	LMS	ODF Eslabon Datos	0,2500	0,2500
Fibra	G652	LMS	Jumper óptico Patch Panel - ODF Eslabón Datos/Piso 1	0,02500 Km	0,0063
Conexión	ST	LMS	Patch Panel	0,2500	0,2500
Fibra	G652	LMS	Jumper óptico (lms-dsw-01) - Patch Panel	0,00300 Km	0,0008
Conexión	SC	LMS	(lms-dsw-01)	0,2500	0,2500
				<b>3,8156</b>	<b>4,3218</b>
<b>Power Budget 10GBASE-LW</b>				<b>9,4</b>	<b>9,4</b>
<b>MARGEN</b>				<b>5,5844</b>	<b>5,0782</b>

**Ricardo Rodriguez:**  
Atenuación estimada en el Eslabón Interno

**Ricardo Rodriguez:**  
Medición en Campo



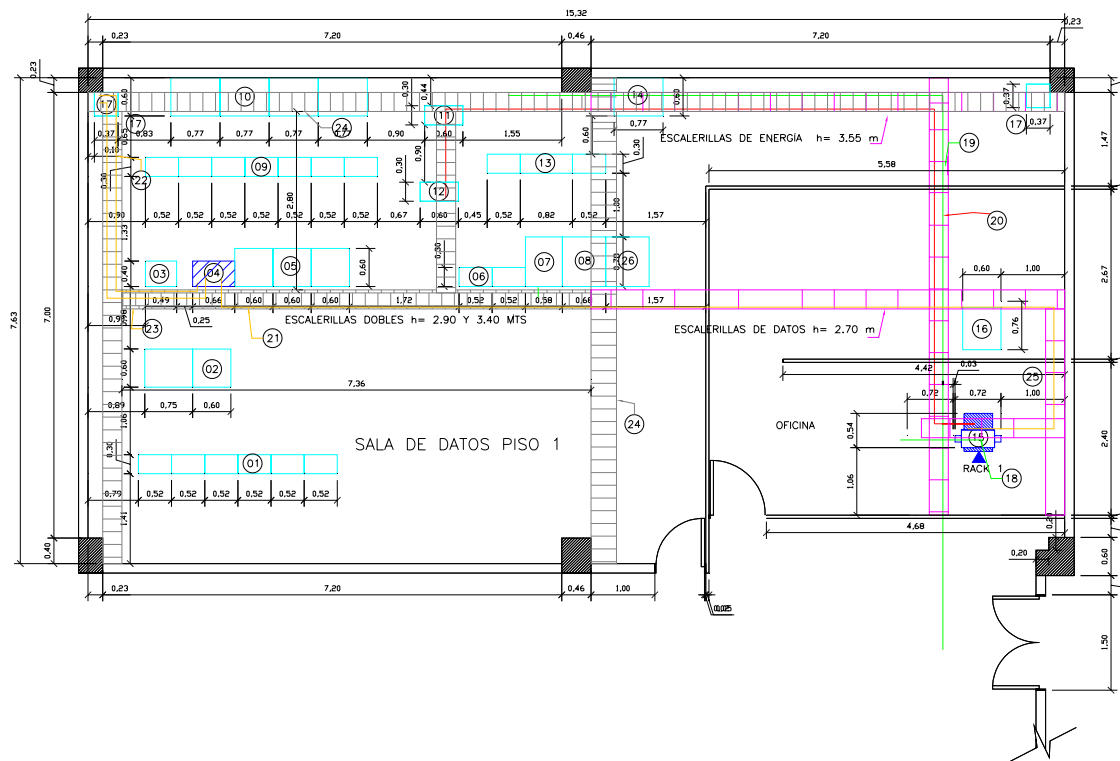
## **ANEXO 2**

---

### **PLANOS DE LAS CENTRALES**

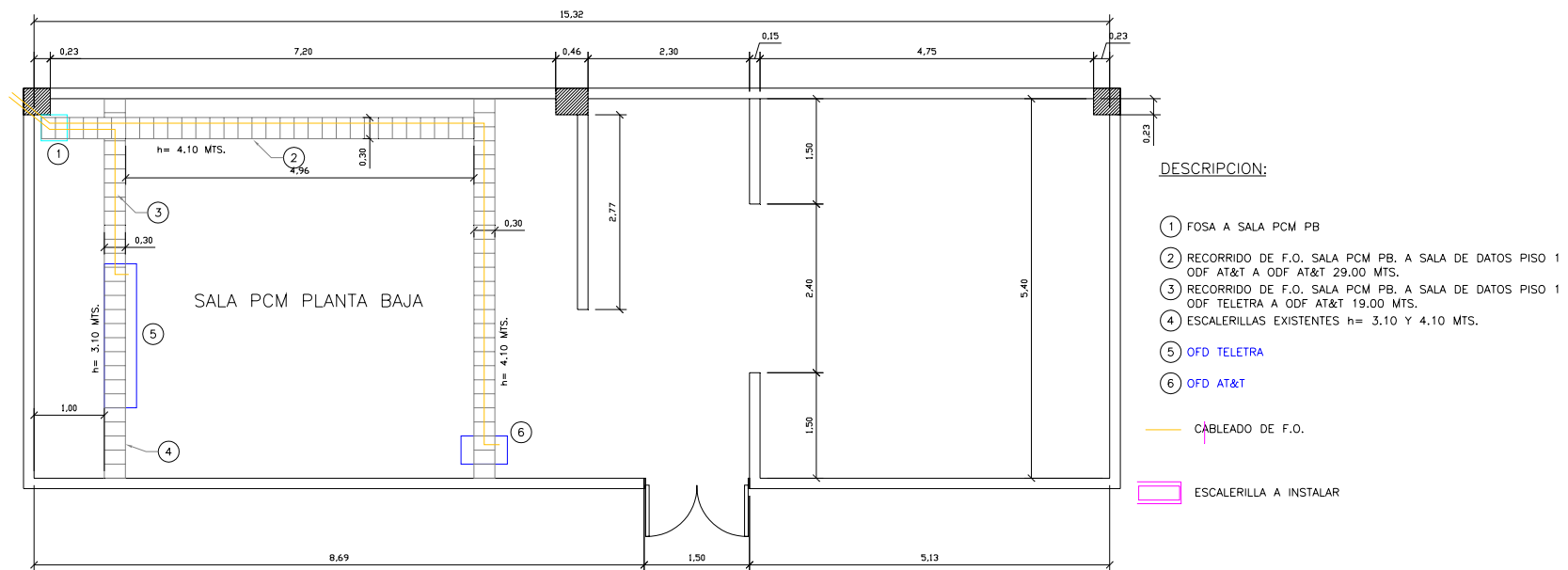
El Anexo 2 a continuación, presenta los planos de las salas de cada estación CANTV objeto del proyecto, en las cuales se dispone la ubicación de los equipos 7450 ESS-7 instalado, además de recorrido de escalerillas y cableado realizado en cada una de ellas.

# ESTACIÓN LAS MERCEDES: Plano Sala Datos/Piso 1

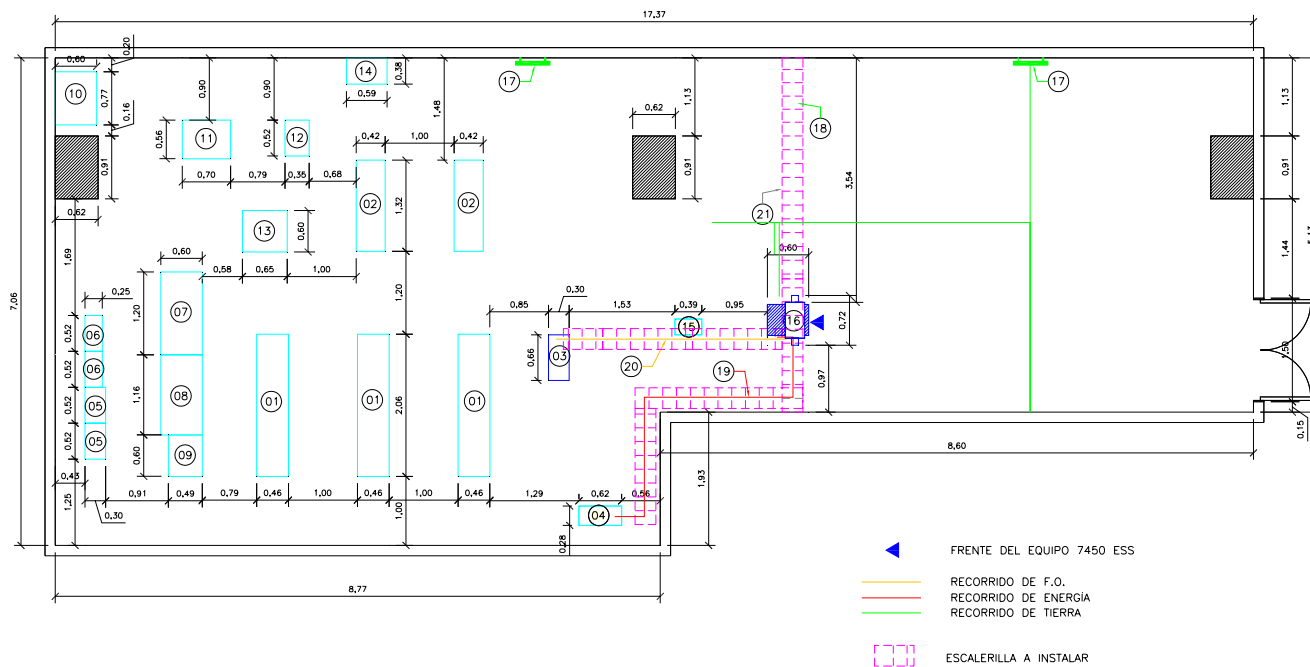


- DESCRIPCION:**
- 01 ADSL ALCATEL
  - 02 ALCATEL
  - 03 DDF ERICSSON
  - 04 ODF AT&T
  - 05 PASSPORT
  - 06 RACK CISCO
  - 07 BASTIDORES
  - 08 BASTIDORES
  - 09 RACK NEWBRIDGE 3645
  - 10 DIT RT-2400
  - 11 PDB #1
  - 12 PDB #2
  - 13 RACK NEWBRIDGE 350
  - 14 DIT RT-2400
  - 15 EQUIPO 7450 ESS-7
  - 16 RESERVADO CBB-IP
  - 17 FOSA SUR A SALA PCM PB
  - 18 GUIA 59A (CABLE 6AWG THW) h= 4.05 m
  - 19 GUIA 41A A INSTALAR (CABLE 2/O AWG THW) H=4,05m
  - 20 RECORRIDO DE ENERGIA 17.50 MTS.
  - 21 RECORRIDO DE F.O. ODF AT&T 19.40 MTS.
  - 22 RECORRIDO DE F.O. SALA PCM PB. A SALA DE DATOS PISO 1 ODF AT&T A ODF AT&T.
  - 23 RECORRIDO DE F.O. SALA PCM PB. A SALA DE DATOS PISO 1 ODF TELETRA A ODF AT&T.
  - 24 ESCALERILLAS EXISTENTES h= 2.90 Y 3.40 MTS.
  - 25 ESCALERILLAS A INSTALAR h= 2.70 F.O. Y 3.60 ENG.
  - 26 EQUIPO CATALYST 4507 R
- ▲ FRENTE DEL EQUIPO 7450 ESS
- CABLEADO DE F.O.
- CABLEADO DE ENERGIA
- ▭ ESCALERILLA A INSTALAR

## ESTACIÓN LAS MERCEDES: Plano Sala PCM/PB



# ESTACIÓN CAFETAL: Plano Sala PCM/Piso 3

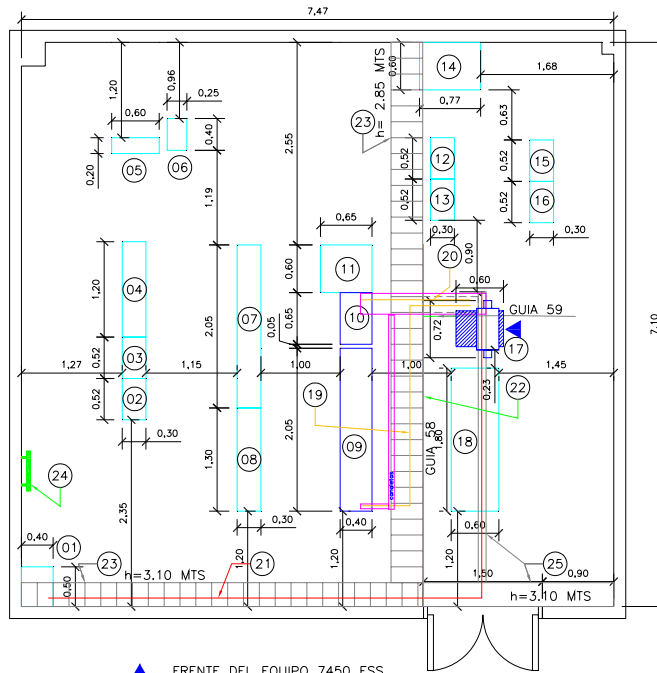


## DESCRIPCION:

- 01 TELETRA
- 02 NEC
- 03 ODF LUCENT
- 04 PDB
- 05 NEWBRIDGE 3600
- 06 ASCOM ERICSSON
- 07 AXD ERICSSON
- 08 AXD ERICSSON
- 09 PCM ERICSSON
- 10 RT 2400
- 11 REGLETAS
- 12 NEWBRIDGE 350
- 13 NT PASSPORT
- 14 DDF ERICSSON
- 15 CFT ERICSSON
- 16 EQUIPO 7450 ESS-7
- 17 BARRA DE TIERRA h=2.10 MTS.
- 18 RECORRIDO DE TIERRA 12.00 MTS.
- 19 RECORRIDO DE ENERGIA 9.00 MTS.
- 20 RECORRIDO DE FIBRA OPTICA 10.00 MTS.
- 21 ESCALERILLAS A INSTALAR h=2.60 MTS.

- FRENTE DEL EQUIPO 7450 ESS
- RECORRIDO DE F.O.
- RECORRIDO DE ENERGIA
- RECORRIDO DE TIERRA
- ESCALERILLA A INSTALAR

# ESTACIÓN HATILLO: Plano Sala PCM/Piso 1

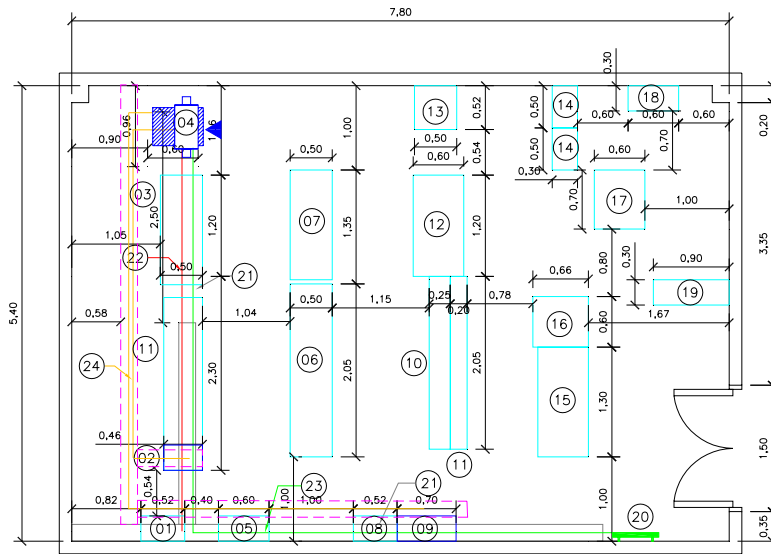


- ▲ FRENTE DEL EQUIPO 7450 ESS
- CABLEADO DE F.O.
- CABLEADO DE ENERGIA
- CABLEADO DE TIERRA

## DESCRIPCION:

- 01 PDB LORAIN
- 02 PAIR GAIN CISCO
- 03 SIMENS MXS
- 04 ERICSSON
- 05 DDF ERICSSON
- 06 DDF ERICSSON
- 07 NEC
- 08 DDF ALCATEL
- 09 ODF ALCATEL
- 10 ODF LUCENT
- 11 NORTEL PASSPORT
- 12 RACK NEWBRIDGE
- 13 RACK NEWBRIDGE
- 14 DIT RT 2400
- 15 RACK UNIC 1000
- 16 SAGEM RACK
- 17 EQUIPO 7450 ESS-7
- 18 DDF ERICSSON
- 19 RECORRIDO DE F.O. ODF ALCATEL 10.65 MTS.
- 20 RECORRIDO DE F.O. ODF LUCENT 12.00 MTS.
- 21 RECORRIDO DE ENERGIA 16.00 MTS.
- 22 RECORRIDO DE TIERRA 4.00 MTS.
- 23 ESCALERILLAS
- 24 BARRA DE TIERRA h=2.50 MTS.
- 25 BANDEJAS ERICSSON

# ESTACIÓN TRINIDAD: Plano Sala PCM/PB



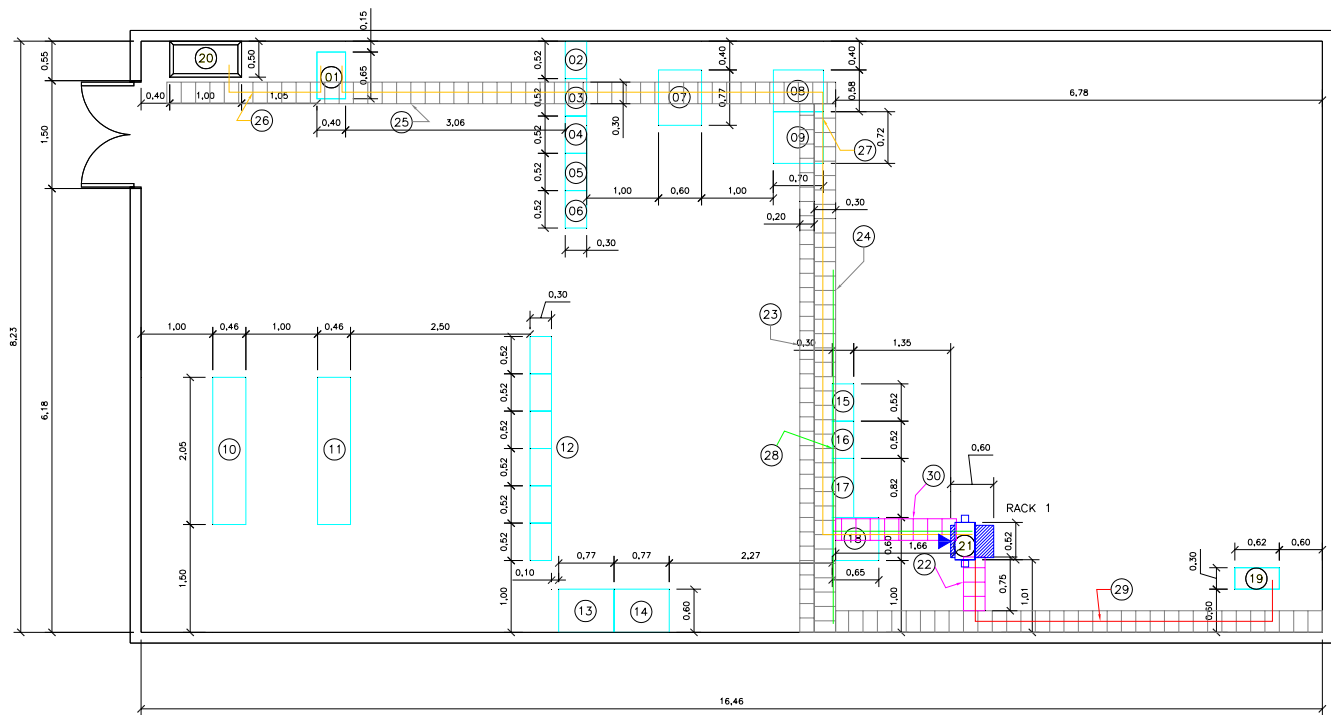
## SALA PCM PLANTA BAJA

- FRENTE DEL EQUIPO 7450 ESS
- RECORRIDO DE F.O.
- RECORRIDO DE ENERGIA
- RECORRIDO DE TIERRA

### DESCRIPCION:

- 01 PDB LORAIN
- 02 ODF TELETRA
- 03 NEC
- 04 EQUIPO 7450 ESS-7
- 05 RACK RADIO
- 06 ALCATEL
- 07 NEC
- 08 RACK VACIO
- 09 ODF LUCENT
- 10 DDF ERICSSON
- 11 ALCATEL
- 12 NEC
- 13 RACK RADIOS
- 14 RACK NEWBRIDGE
- 15 ALCATEL
- 16 PASSPORT NORTEL
- 17 DIT
- 18 DDF ERICSSON
- 19 DDF ERICSSON
- 20 BARRA DE TIERRA h=2.30 MTS.
- 21 ESCALERILLAS
- 22 RECORRIDO DE ENERGIA 11.5 MTS.
- 23 RECORRIDO DE TIERRA 5.80 MTS.
- 24 RECORRIDO DE FIBRA OPTICA 14.40 MTS.

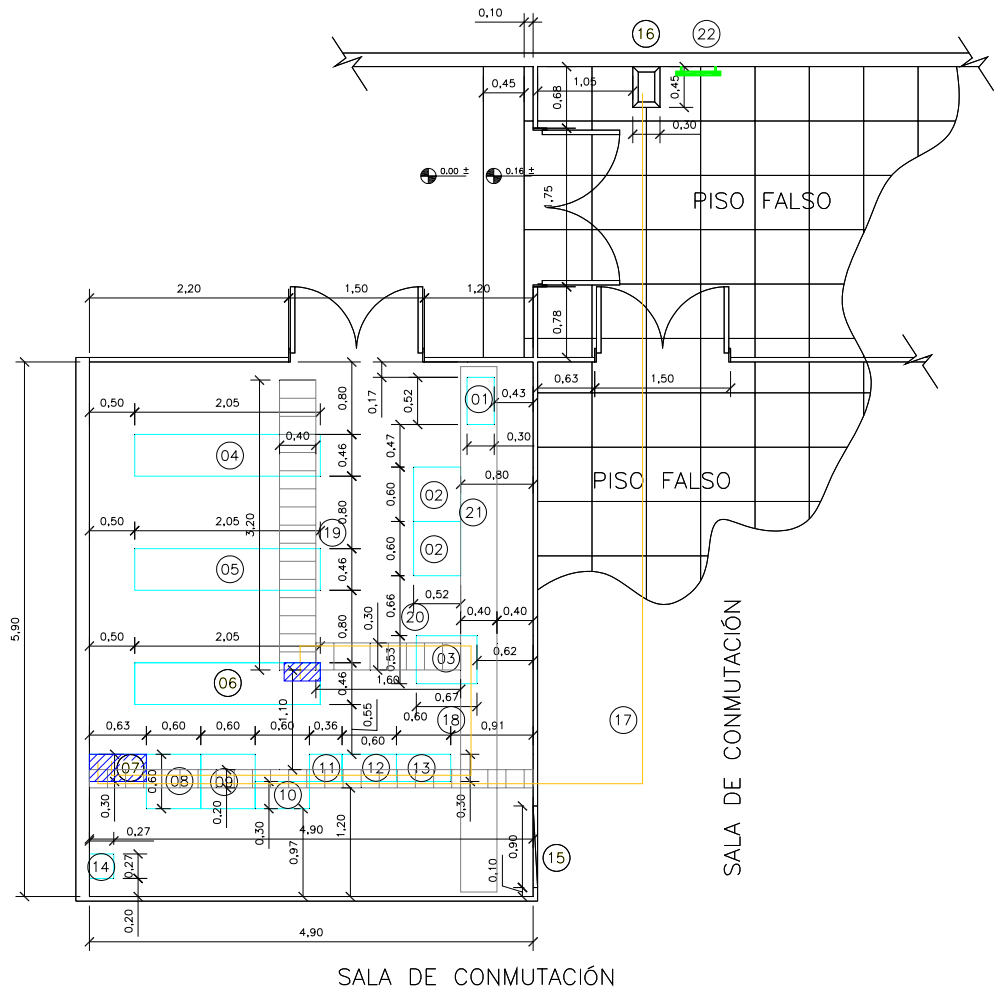
### ESTACIÓN PRADOS DEL ESTE: Plano Sala PCM/Piso 3



- ▲ FRENTE DEL EQUIPO 7450 ESS
- CABLEADO DE F.O.
- CABLEADO DE ENERGIA
- CABLEADO DE TIERRA

- 01 ODF AT&T
- 02 RACK NEWBRIDGE 3600
- 03 RACK NEWBRIDGE 3600
- 04 RACK NEWBRIDGE 3600
- 05 RACK NEWBRIDGE 3600
- 06 MXS SIEMENS
- 07 DIT RT-2400
- 08 DATACOMM
- 09 DPN 100
- 10 NEC DDF
- 11 NEC DDF
- 12 RACK NEWBRIDGE 3645
- 13 DIT RT-2400
- 14 DIT RT-2400
- 15 RACK VACIO
- 16 RACK CISCO 3550 - 7500
- 17 RACK PANEL E1
- 18 PASSPORT NORTEL
- 19 PDB LORAIN
- 20 FOSA SUBE DE PISO 2
- 21 METRO ETHERNET (ESPACIO RESERVADO)
- 22 ESCALERILLA A INSTALAR h= 3.10 MTS.
- 23 ESCALERILLA EXISTENTE h= 3.10 MTS.
- 24 ESCALERILLA DE F.O. Y DATOS h= 3.45 MTS.
- 25 ESCALERILLA EXISTENTE h= 3.45 MTS.
- 26 ESLABON F.O. ENTRE ODF AT&T PISO 2 Y ODF AT&T PISO 3, SALAS PCM 34.81 MTS.
- 27 RECORRIDO DE FIBRA OPTICA 22.30 MTS.
- 28 RECORRIDO DE TIERRA GUIA 59 5.00 MTS.
- 29 RECORRIDO DE ENERGIA 13.10 MTS.
- 30 ESCALERILLA A INSTALAR h= 3.45 MTS.

## ESTACIÓN PRADOS DEL ESTE: Plano Sala PCM/Piso 2



- ① PDB LORAIN
- ② CONVERTIDOR ERICSSON
- ③ DIT
- ④ TELETRA
- ⑤ TELETRA
- ⑥ TELETRA
- ⑦ ODF AT&T
- ⑧ DDF ERICSSON
- ⑨ DDF ERICSSON
- ⑩ DDF ERICSSON
- ⑪ DDF ERICSSON
- ⑫ DDF ERICSSON
- ⑬ DDF ERICSSON
- ⑭ PANEL DE REGLETAS ERICSSON
- ⑮ FOSA A PISO FALSO SALA DE CONMUTACION
- ⑯ FOSA DE PISO 2 A PISO 3
- ⑰ ESLABON F.O. ENTRE ODF AT&T PISO 2 Y ODF AT&T PISO 3, SALAS PCM 34.81 MTS.
- ⑱ PATCHCORD ENTRE ODF TELETRA Y ODF AT&T PISO 2 SALA PCM 13.90 MTS.
- ⑲ ESCALERILLA h= 2.50 MTS.
- ⑳ ESCALERILLA h= 2.50 MTS.
- ㉑ BANDEJA ERICSSON h= 2.90 MTS.
- ㉒ BARRA DE TIERRA h= 2.10 MTS.



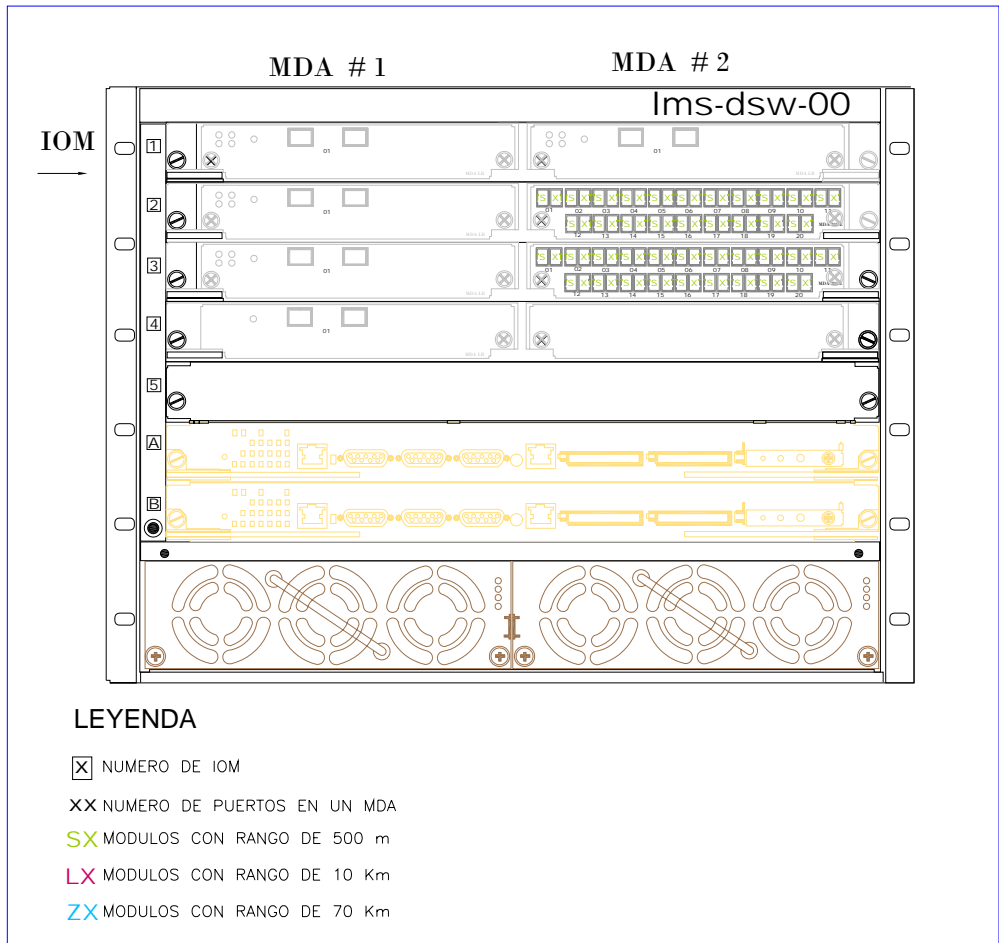
## **ANEXO 3**

---

### **ILUSTRATIVOS**

A continuación se muestra, por nodo, el ilustrativo del frontal de cada equipo 7450 ESS-7, con las tarjetas y módulos instalados.

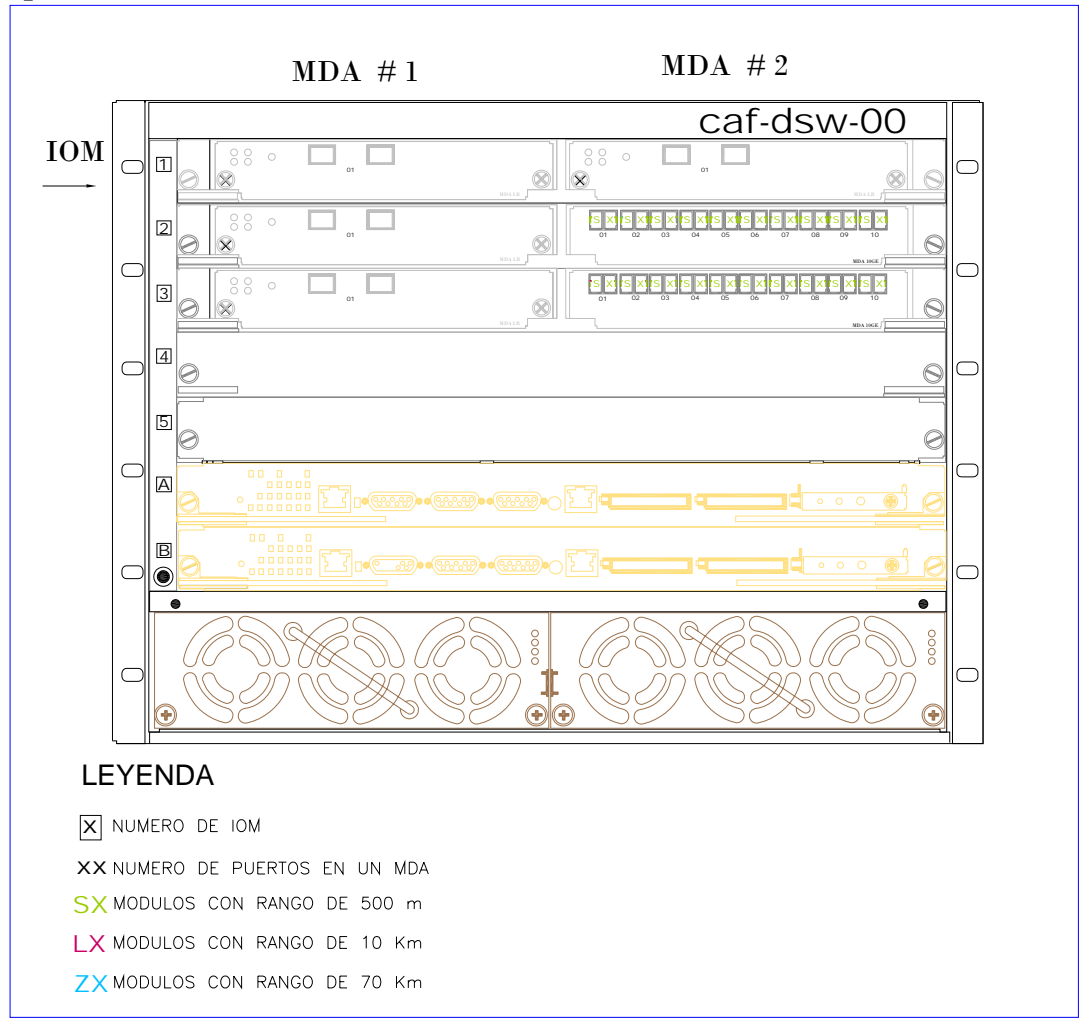
**ILUSTRATIVO: Equipo lms-dsw-00**



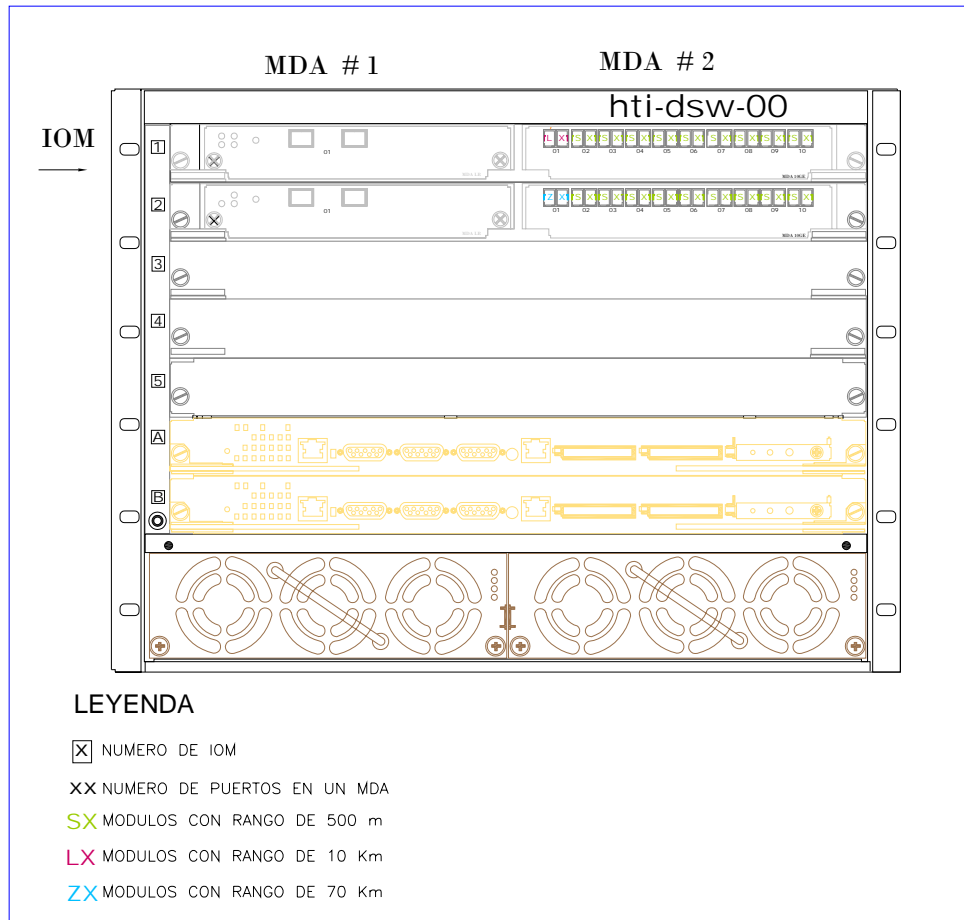
**LEYENDA**

- ☒ NUMERO DE IOM
- XX NUMERO DE PUERTOS EN UN MDA
- SX MODULOS CON RANGO DE 500 m
- LX MODULOS CON RANGO DE 10 Km
- ZX MODULOS CON RANGO DE 70 Km

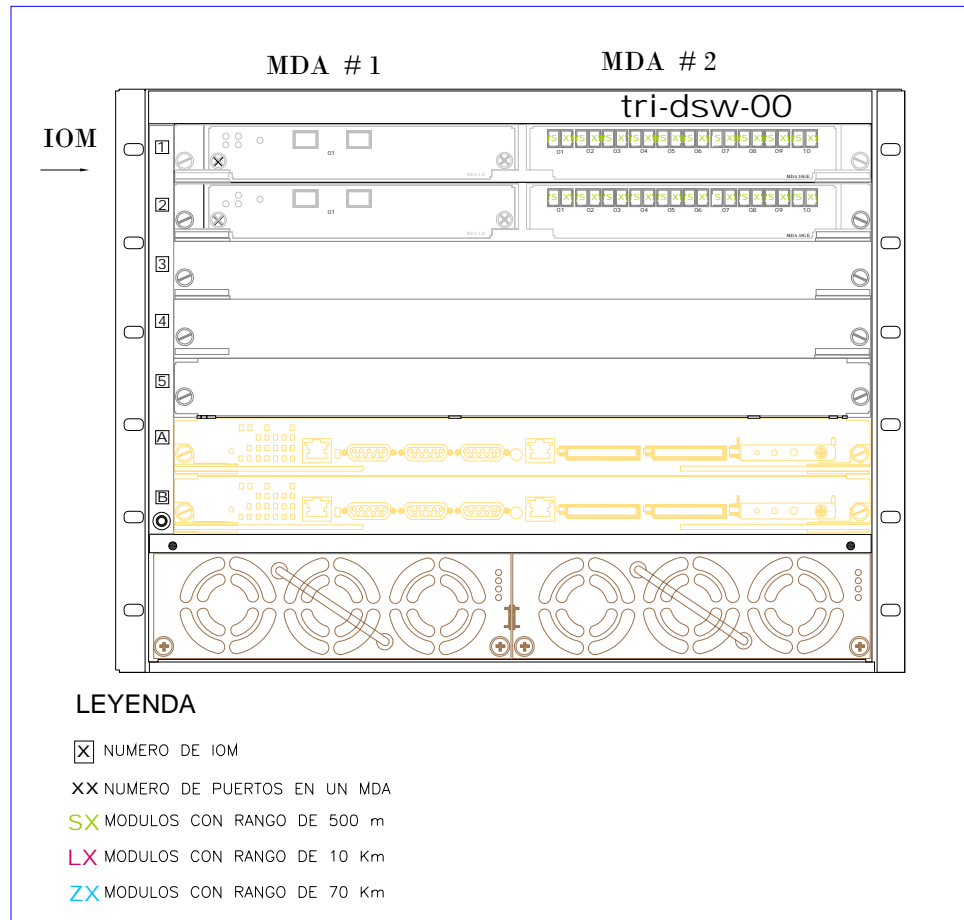
**ILUSTRATIVO: Equipo caf-dsw-00**



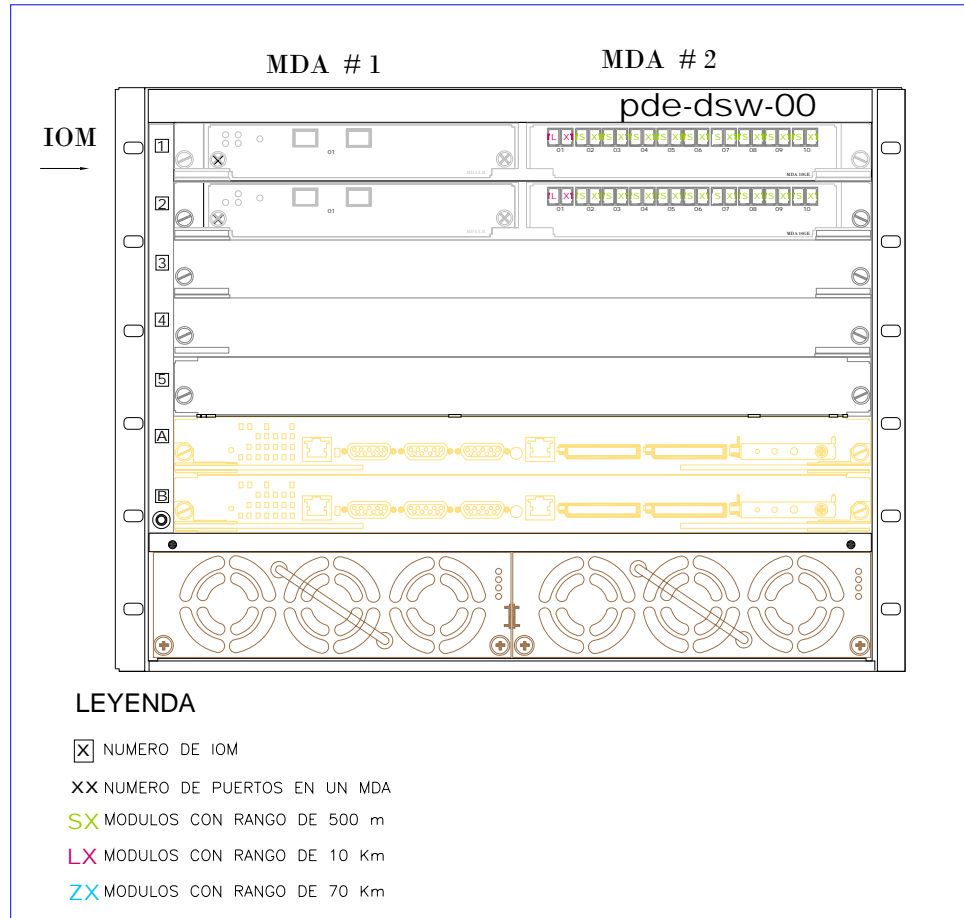
**ILUSTRATIVO: Equipo hti-dsw-00**



**ILUSTRATIVO: Equipo tri-dsw-00**



**ILUSTRATIVO: Equipo pde-dsw-00**



## **ANEXO 4**

---

### **CONFIGURACIONES**

En el Anexo 4 a continuación, se detalla la configuración realizada a cada nodo objeto de estudio del presente proyecto.

## Configuración Estación Las Mercedes

```
# TiMOS-C-2.0.R7 cpm/hops ALCATEL ESS 7450 Copyright (c) 2000-2005 Alcatel.  
# All rights reserved. All use subject to applicable license agreements.  
# Built on Tue Jun 7 15:52:17 RDT 2005 by builder in /rel2.0/k3/R7/panos/main
```

```
# Generated WED MAR 15 21:33:20 2006 UTC
```

```
exit all  
configure  
#-----  
echo "System Configuration"  
#-----  
    system  
        name "lms-dsw-00"  
        contact "Datos Capital"  
        location "Central Las Mercedes, Sala de Datos, Piso 1"  
        power-supply 1 dc  
        power-supply 2 dc  
        synchronize config  
        snmp  
            packet-size 9216  
        exit  
        login-control  
            idle-timeout 10  
        exit  
        security  
            management-access-filter  
                default-action deny  
        exit  
        password  
            authentication-order tacplus local  
        exit  
        tacplus  
            accounting  
            authorization  
            timeout 6  
            single-connection  
            source-address 172.17.49.15  
            server 1 address 10.120.28.4 secret "letmein"  
            server 2 address 10.120.156.4 secret "letmein"  
        exit  
        snmp  
            community "L0mba3d1a" rwa version both  
            community "Qmanac0a" r version both  
        exit  
        ssh-server  
    exit  
    time  
        sntp  
            server-address 200.44.32.176 preferred  
            server-address 200.44.32.178  
            no shutdown  
        exit  
        zone AST  
    exit  
exit  
#-----  
echo "Card Configuration"  
#-----  
    card 1  
        card-type iom-20g  
        mda 1  
            mda-type ml-10gb
```



```

        exit
        mda 2
            mda-type ml-10gb
        exit
    exit
card 2
    card-type iom-20g
    mda 1
        mda-type ml-10gb
    exit
    mda 2
        mda-type m20-1gb-sfp
    exit
exit
card 3
    card-type iom-20g
    mda 1
        mda-type ml-10gb
    exit
    mda 2
        mda-type m20-1gb-sfp
    exit
exit
#-----
echo "Port Configuration"
#-----
    port 1/1/1
        description "caf-dsw-00 (2/1/1)"
        ethernet
        exit
        no shutdown
    exit
    port 1/2/1
        shutdown
        ethernet
        exit
    exit
    port 2/1/1
        description "pde-dsw-00 (1/1/1)"
        ethernet
        exit
        no shutdown
    exit
    port 2/2/1
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 2/2/2
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 2/2/3
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 2/2/4
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 2/2/5

```

```
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 2/2/6
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 2/2/7
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 2/2/8
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 2/2/9
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 2/2/10
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 2/2/11
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 2/2/12
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 2/2/13
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 2/2/14
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 2/2/15
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 2/2/16
        shutdown
        ethernet
```

```
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/17
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/18
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/19
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/20
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 3/1/1
    shutdown
    ethernet
    exit
exit
port 3/2/1
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 3/2/2
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 3/2/3
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 3/2/4
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 3/2/5
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 3/2/6
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
```

```
port 3/2/7
  shutdown
  ethernet
  no autonegotiate
exit
exit
port 3/2/8
  shutdown
  ethernet
  no autonegotiate
exit
exit
port 3/2/9
  shutdown
  ethernet
  no autonegotiate
exit
exit
port 3/2/10
  shutdown
  ethernet
  no autonegotiate
exit
exit
port 3/2/11
  shutdown
  ethernet
  no autonegotiate
exit
exit
port 3/2/12
  shutdown
  ethernet
  no autonegotiate
exit
exit
port 3/2/13
  shutdown
  ethernet
  no autonegotiate
exit
exit
port 3/2/14
  shutdown
  ethernet
  no autonegotiate
exit
exit
port 3/2/15
  shutdown
  ethernet
  no autonegotiate
exit
exit
port 3/2/16
  shutdown
  ethernet
  no autonegotiate
exit
exit
port 3/2/17
  shutdown
  ethernet
  no autonegotiate
exit
exit
port 3/2/18
  shutdown
```

```

        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 3/2/19
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 3/2/20
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
#-----
echo "System Sync-If-Timing Configuration"
#-----
    system
        sync-if-timing
            begin
            refl
                shutdown
            exit
            ref2
                shutdown
            exit
            bits
                shutdown
            exit
            commit
        exit
    exit
#-----
echo "QoS Policy Configuration"
#-----
    qos
        sap-ingress 25 create
            description "25 MB"
            queue 1 create
                rate 25000
            exit
            queue 11 multipoint create
            exit
        exit
        sap-ingress 50 create
            description "50 MB"
            queue 1 create
                rate 50000
            exit
            queue 11 multipoint create
            exit
        exit
        sap-ingress 100 create
            description "100 MB"
            queue 1 create
                rate 100000
            exit
            queue 11 multipoint create
            exit
        exit
        sap-ingress 150 create
            description "150 MB"
            queue 1 create
                rate 150000
            exit
            queue 11 multipoint create

```

```

        exit
    exit
    sap-ingress 200 create
        description "200 MB"
        queue 1 create
            rate 200000
        exit
        queue 11 multipoint create
    exit
exit
sap-egress 25 create
    description "25 MB"
    queue 1 create
        rate 25000
    exit
exit
sap-egress 50 create
    description "50 MB"
    queue 1 create
        rate 50000
    exit
exit
sap-egress 100 create
    description "100 MB"
    queue 1 create
        rate 100000
    exit
exit
sap-egress 150 create
    description "150 MB"
    queue 1 create
        rate 150000
    exit
exit
sap-egress 200 create
    description "200 MB"
    queue 1 create
        rate 200000
    exit
exit
exit
#-----
echo "Router (Network Side) Configuration"
#-----
router
    interface "system"
        address 172.17.49.15/32
    exit
    interface "to_caf-dsw-00"
        address 10.112.5.5/30
        port 1/1/1
        dhcp
        shutdown
    exit
exit
    interface "to_pde-dsw-00"
        address 10.112.5.26/30
        port 2/1/1
        dhcp
        shutdown
    exit
exit
router-id 172.17.49.15

#-----
echo "Static Route Configuration"
#-----
    static-route 0.0.0.0/0 next-hop 10.112.5.1

```

```

#-----
echo "OSPF Configuration"
#-----
    ospf
      area 0.0.0.25
        interface "to_caf-dsw-00"
          interface-type point-to-point
          authentication-type message-digest
          message-digest-key 1 md5 "bnPSzt.b0i2VM3xv5k9XOU" hash
        exit
        interface "to_pde-dsw-00"
          interface-type point-to-point
          authentication-type message-digest
          message-digest-key 1 md5 "bnPSzt.b0i2VM3xv5k9XOU" hash
        exit
        interface "system"
        exit
      exit
#-----
echo "MPLS Configuration"
#-----
    mpls
      interface "system"
      exit
      interface "to_caf-dsw-00"
      exit
      interface "to_pde-dsw-00"
      exit
      path "to_caf-dsw-00"
        hop 1 172.17.28.15 strict
        no shutdown
      exit
      path "to_caf_by_pde"
        hop 1 172.17.48.15 strict
        hop 2 172.17.21.15 strict
        hop 3 172.17.150.15 strict
        hop 4 172.17.28.15 strict
        no shutdown
      exit
      path "to_pde_by_caf"
        hop 1 172.17.28.15 strict
        hop 2 172.17.150.15 strict
        hop 3 172.17.21.15 strict
        hop 4 172.17.48.15 strict
        no shutdown
      exit
      path "to_pde-dsw-00"
        hop 1 172.17.48.15 strict
        no shutdown
      exit
      path "to_tri_by_pde"
        hop 1 172.17.48.15 strict
        hop 2 172.17.21.15 strict
        no shutdown
      exit
      path "to_tri_by_caf"
        hop 1 172.17.28.15 strict
        hop 2 172.17.150.15 strict
        hop 3 172.17.21.15 strict
        no shutdown
      exit
      path "to_hti_by_pde"
        hop 1 172.17.48.15 strict
        hop 2 172.17.21.15 strict
        hop 3 172.17.150.15 strict
        no shutdown

```

```

exit
path "to_hti_by_caf"
  hop 1 172.17.28.15 strict
  hop 2 172.17.150.15 strict
  no shutdown
exit
lsp "lsp_to_caf-dsw-00"
  to 172.17.28.15
  primary "to_caf-dsw-00"
  exit
  secondary "to_caf_by_pde"
  standby
  exit
  no shutdown
exit
lsp "lsp_to_pde-dsw-00"
  to 172.17.48.15
  secondary "to_pde_by_caf"
  standby
  exit
  primary "to_pde-dsw-00"
  exit
  no shutdown
exit
lsp "lsp_to_tri-dsw-00"
  to 172.17.21.15
  secondary "to_tri_by_pde"
  standby
  exit
  primary "to_tri_by_caf"
  exit
  no shutdown
exit
lsp "lsp_to_hti-dsw-00"
  to 172.17.150.15
  secondary "to_hti_by_pde"
  standby
  exit
  primary "to_hti_by_caf"
  exit
  no shutdown
exit
no shutdown
exit
#-----
echo "RSVP Configuration"
#-----
rsvp
  interface "system"
  exit
  interface "to_caf-dsw-00"
  exit
  interface "to_pde-dsw-00"
  exit
  no shutdown
exit
#-----
echo "LDP Configuration"
#-----
ldp
  interface-parameters
  exit
  targeted-session
  exit
exit
exit
#-----

```



```

echo "Service Configuration"
#-----
service
  customer 1 create
    description "transport_service_BBIP"
    contact "ops-atm@cantv.com.ve"
  exit
  customer 2 create
    description "ADSL service"
  exit
  customer 3 create
    description "NGN Service"
  exit
  sdp 1 mpls create
    description "sdp_to_caf-dsw-00"
    far-end 172.17.28.15
    lsp "lsp_to_caf-dsw-00"
    keep-alive
      shutdown
    exit
    no shutdown
  exit
  sdp 2 mpls create
    description "sdp_to_hti-dsw-00"
    far-end 172.17.150.15
    lsp "lsp_to_hti-dsw-00"
    keep-alive
      shutdown
    exit
    no shutdown
  exit
  sdp 3 mpls create
    description "sdp_to_tri-dsw-00"
    far-end 172.17.21.15
    lsp "lsp_to_tri-dsw-00"
    keep-alive
      shutdown
    exit
    no shutdown
  exit
  sdp 4 mpls create
    description "sdp_to_pde-dsw-00"
    far-end 172.17.48.15
    lsp "lsp_to_pde-dsw-00"
    keep-alive
      shutdown
    exit
    no shutdown
  exit
exit
#-----
echo "Router (Service Side) Configuration"
#-----
router
#-----
echo "OSPF Configuration"
#-----
ospf
exit
#-----
echo "Policy Configuration"
#-----
policy-options
begin
  policy-statement "redist_static"
    entry 10
      from
        protocol static

```

```
        exit
        to
        protocol ospf
        exit
        action accept
        exit
    exit
exit
commit
exit
exit
exit all
```

## Configuración Estación Cafetal

```
# TiMOS-C-2.0.R7 cpm/hops ALCATEL ESS 7450 Copyright (c) 2000-2005 Alcatel.  
# All rights reserved. All use subject to applicable license agreements.  
# Built on Tue Jun 7 15:52:17 RDT 2005 by builder in /rel2.0/k3/R7/panos/main
```

```
# Generated WED MAR 15 21:33:20 2006 UTC
```

```
exit all  
configure  
#-----  
echo "System Configuration"  
#-----  
    system  
        name "caf-dsw-00"  
        contact "Datos Capital"  
        location "Central CAFETAL, Sala PCM, Piso 3"  
        power-supply 1 dc  
        power-supply 2 dc  
        synchronize config  
        snmp  
            packet-size 9216  
        exit  
        login-control  
            idle-timeout 10  
        exit  
        security  
            management-access-filter  
                default-action deny  
        exit  
        password  
            authentication-order tacplus local  
        exit  
        tacplus  
            accounting  
            authorization  
            timeout 6  
            single-connection  
            source-address 172.17.28.15  
            server 1 address 10.120.28.4 secret "letmein"  
            server 2 address 10.120.156.4 secret "letmein"  
        exit  
        snmp  
            community "L0mba3d1a" rwa version both  
            community "Qmanac0a" r version both  
        exit  
        ssh-server  
    exit  
    time  
        sntp  
            server-address 200.44.32.176 preferred  
            server-address 200.44.32.178  
            no shutdown  
        exit  
        zone AST  
    exit  
exit  
#-----  
echo "Card Configuration"  
#-----  
    card 1  
        card-type iom-20g  
        mda 1  
            mda-type ml-10gb
```

```

        exit
        mda 2
            mda-type ml-10gb
        exit
    exit
card 2
    card-type iom-20g
    mda 1
        mda-type ml-10gb
    exit
    mda 2
        mda-type ml0-1gb-sfp
    exit
exit
card 3
    card-type iom-20g
    mda 1
        mda-type ml-10gb
    exit
    mda 2
        mda-type ml0-1gb-sfp
    exit
exit
#-----
echo "Port Configuration"
#-----
    port 1/1/1
        description "hti-dsw-00 (2/1/1)"
        ethernet
        exit
        no shutdown
    exit
    port 1/2/1
        shutdown
        ethernet
        exit
    exit
    port 2/1/1
        description "lms-dsw-00 (1/1/1)"
        ethernet
        exit
        no shutdown
    exit
    port 2/2/1
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 2/2/2
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 2/2/3
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 2/2/4
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 2/2/5

```

```
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 2/2/6
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 2/2/7
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 2/2/8
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 2/2/9
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 2/2/10
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 3/1/1
        shutdown
        ethernet
        exit
    exit
    port 3/2/1
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 3/2/2
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 3/2/3
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 3/2/4
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 3/2/5
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
```

```

        exit
    exit
    port 3/2/6
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 3/2/7
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 3/2/8
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 3/2/9
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 3/2/10
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
#-----
echo "System Sync-If-Timing Configuration"
#-----
    system
        sync-if-timing
            begin
            refl
                shutdown
            exit
            ref2
                shutdown
            exit
            bits
                shutdown
            exit
            commit
        exit
    exit
#-----
echo "QoS Policy Configuration"
#-----
    qos
        sap-ingress 25 create
            description "25 MB"
            queue 1 create
                rate 25000
            exit
            queue 11 multipoint create
            exit
        exit
        sap-ingress 50 create
            description "50 MB"
            queue 1 create
                rate 50000
            exit
            queue 11 multipoint create

```

```

        exit
    exit
    sap-ingress 100 create
        description "100 MB"
        queue 1 create
            rate 100000
        exit
        queue 11 multipoint create
    exit
    exit
    sap-ingress 150 create
        description "150 MB"
        queue 1 create
            rate 150000
        exit
        queue 11 multipoint create
    exit
    exit
    sap-ingress 200 create
        description "200 MB"
        queue 1 create
            rate 200000
        exit
        queue 11 multipoint create
    exit
    exit
    sap-egress 25 create
        description "25 MB"
        queue 1 create
            rate 25000
        exit
    exit
    sap-egress 50 create
        description "50 MB"
        queue 1 create
            rate 50000
        exit
    exit
    sap-egress 100 create
        description "100 MB"
        queue 1 create
            rate 100000
        exit
    exit
    sap-egress 150 create
        description "150 MB"
        queue 1 create
            rate 150000
        exit
    exit
    sap-egress 200 create
        description "200 MB"
        queue 1 create
            rate 200000
        exit
    exit
    exit
#-----
echo "Router (Network Side) Configuration"
#-----
    router
        interface "system"
            address 172.17.28.15/32
        exit
        interface "to_hti-dsw-00"
            address 10.112.5.13/30
            port 1/1/1
            dhcp

```

```

        shutdown
    exit
exit
interface "to_lms-dsw-00"
    address 10.112.5.6/30
    port 2/1/1
    dhcp
        shutdown
    exit
exit
router-id 172.17.28.15

#-----
echo "Static Route Configuration"
#-----
    static-route 0.0.0.0/0 next-hop 10.112.5.1

#-----
echo "OSPF Configuration"
#-----
    ospf
        area 0.0.0.25
            interface "to_hti-dsw-00"
                interface-type point-to-point
                authentication-type message-digest
                message-digest-key 1 md5 "bnPSzt.b0i2VM3xv5k9XOU" hash
            exit
            interface "to_lms-dsw-00"
                interface-type point-to-point
                authentication-type message-digest
                message-digest-key 1 md5 "bnPSzt.b0i2VM3xv5k9XOU" hash
            exit
            interface "system"
            exit
        exit
exit

#-----
echo "MPLS Configuration"
#-----
    mpls
        interface "system"
        exit
        interface "to_hti-dsw-00"
        exit
        interface "to_lms-dsw-00"
        exit
        path "to_hti-dsw-00"
            hop 1 172.17.150.15 strict
            no shutdown
        exit
        path "to_hti_by_lms"
            hop 1 172.17.49.15 strict
            hop 2 172.17.48.15 strict
            hop 3 172.17.21.15 strict
            hop 4 172.17.150.15 strict
            no shutdown
        exit
        path "to_lms-dsw-00"
            hop 1 172.17.49.15 strict
            no shutdown
        exit
        path "to_lms_by_hti"
            hop 1 172.17.150.15 strict
            hop 2 172.17.21.15 strict
            hop 3 172.17.48.15 strict
            hop 4 172.17.49.15 strict
            no shutdown
        exit

```



```

path "to_tri_by_hti"
  hop 1 172.17.150.15 strict
  hop 2 172.17.21.15  strict
  no shutdown
exit
path "to_tri_by_lms"
  hop 1 172.17.49.15  strict
  hop 2 172.17.48.15  strict
  hop 3 172.17.21.15  strict
  no shutdown
exit
path "to_pde_by_hti"
  hop 1 172.17.150.15 strict
  hop 2 172.17.21.15  strict
  hop 3 172.17.48.15  strict
  no shutdown
exit
path "to_pde_by_lms"
  hop 1 172.17.49.15  strict
  hop 2 172.17.48.15  strict
  no shutdown
exit
lsp "lsp_to_hti-dsw-00"
  to 172.17.150.15
  primary "to_hti-dsw-00"
  exit
  secondary "to_hti_by_lms"
    standby
  exit
  no shutdown
exit
lsp "lsp_to_lms-dsw-00"
  to 172.17.49.15
  primary "to_lms-dsw-00"
  exit
  secondary "to_lms_by_hti"
    standby
  exit
  no shutdown
exit
lsp "lsp_to_tri-dsw-00"
  to 172.17.21.15
  primary "to_tri_by_hti"
  exit
  secondary "to_tri_by_lms"
    standby
  exit
  no shutdown
exit
lsp "lsp_to_pde-dsw-00"
  to 172.17.48.15
  primary "to_pde_by_lms"
  exit
  secondary "to_pde_by_hti"
    standby
  exit
  no shutdown
exit
no shutdown
exit
#-----
echo "RSVP Configuration"
#-----
  rsvp
    interface "system"
    exit
    interface "to_hti-dsw-00"
    exit

```

```

        interface "to_lms-dsw-00"
        exit
        no shutdown
    exit
#-----
echo "LDP Configuration"
#-----
    ldp
        interface-parameters
        exit
        targeted-session
        exit
    exit
exit

#-----
echo "Service Configuration"
#-----
    service
        customer 1 create
            description "transport_service_BBIP"
            contact "ops-atm@cantv.com.ve"
        exit
        customer 2 create
            description "ADSL service"
        exit
        customer 3 create
            description "NGN Service"
        exit
        sdp 1 mpls create
            description "sdp_to_lms-dsw-00"
            far-end 172.17.49.15
            lsp "lsp_to_lms-dsw-00"
            keep-alive
            shutdown
        exit
        no shutdown
    exit
        sdp 5 mpls create
            description "sdp_to_hti-dsw-00"
            far-end 172.17.150.15
            lsp "lsp_to_hti-dsw-00"
            keep-alive
            shutdown
        exit
        no shutdown
    exit
        sdp 6 mpls create
            description "sdp_to_tri-dsw-00"
            far-end 172.17.21.15
            lsp "lsp_to_tri-dsw-00"
            keep-alive
            shutdown
        exit
        no shutdown
    exit
        sdp 7 mpls create
            description "sdp_to_pde-dsw-00"
            far-end 172.17.48.15
            lsp "lsp_to_pde-dsw-00"
            keep-alive
            shutdown
        exit
        no shutdown
    exit
exit
#-----
echo "Router (Service Side) Configuration"

```

```
#-----  
router  
#-----  
echo "OSPF Configuration"  
#-----  
ospf  
exit  
#-----  
echo "Policy Configuration"  
#-----  
policy-options  
begin  
policy-statement "redist_static"  
entry 10  
from  
protocol static  
exit  
to  
protocol ospf  
exit  
action accept  
exit  
exit  
exit  
commit  
exit  
exit  
  
exit all
```

## Configuración Estación Hatillo

```
# TiMOS-C-2.0.R7 cpm/hops ALCATEL ESS 7450 Copyright (c) 2000-2005 Alcatel.  
# All rights reserved. All use subject to applicable license agreements.  
# Built on Tue Jun 7 15:52:17 RDT 2005 by builder in /rel2.0/k3/R7/panos/main
```

```
# Generated WED MAR 15 21:33:20 2006 UTC
```

```
exit all  
configure  
#-----  
echo "System Configuration"  
#-----  
    system  
        name "hti-dsw-00"  
        contact "Datos Capital"  
        location "Central HATILLO, Sala PCM, Piso 1"  
        power-supply 1 dc  
        power-supply 2 dc  
        synchronize config  
        snmp  
            packet-size 9216  
        exit  
        login-control  
            idle-timeout 10  
        exit  
        security  
            management-access-filter  
                default-action deny  
        exit  
        password  
            authentication-order tacplus local  
        exit  
        tacplus  
            accounting  
            authorization  
            timeout 6  
            single-connection  
            source-address 172.17.150.15  
            server 1 address 10.120.28.4 secret "letmein"  
            server 2 address 10.120.156.4 secret "letmein"  
        exit  
        snmp  
            community "L0mba3d1a" rwa version both  
            community "Qmanac0a" r version both  
        exit  
        ssh-server  
        exit  
        time  
            sntp  
                server-address 200.44.32.176 preferred  
                server-address 200.44.32.178  
                no shutdown  
        exit  
        zone AST  
        exit  
    exit  
#-----  
echo "Card Configuration"  
#-----  
    card 1  
        card-type iom-20g  
        mda 1  
            mda-type ml-10gb
```

```

        exit
        mda 2
            mda-type m10-1gb-sfp
        exit
    exit
card 2
    card-type iom-20g
    mda 1
        mda-type m1-10gb
    exit
    mda 2
        mda-type m10-1gb-sfp
    exit
exit
#-----
echo "Port Configuration"
#-----
    port 1/1/1
        description "tri-dsw-00 (2/1/1)"
        ethernet
        exit
        no shutdown
    exit
    port 1/2/1
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 1/2/2
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 1/2/3
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 1/2/4
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 1/2/5
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 1/2/6
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 1/2/7
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 1/2/8
        shutdown
        ethernet

```

```

        no autonegotiate
    exit
exit
port 1/2/9
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 1/2/10
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/1/1
    description "caf-dsw-00 (1/1/1)"
    ethernet
    exit
    no shutdown
exit
port 2/2/1
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/2
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/3
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/4
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/5
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/6
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/7
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/8
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit

```

```

exit
port 2/2/9
shutdown
ethernet
    no autonegotiate
exit
exit
port 2/2/10
shutdown
ethernet
    no autonegotiate
exit
exit
#-----
echo "System Sync-If-Timing Configuration"
#-----
system
    sync-if-timing
    begin
    refl
        shutdown
    exit
    ref2
        shutdown
    exit
    bits
        shutdown
    exit
    commit
exit
exit
#-----
echo "QoS Policy Configuration"
#-----
qos
    sap-ingress 25 create
        description "25 MB"
        queue 1 create
            rate 25000
    exit
    queue 11 multipoint create
    exit
exit
    sap-ingress 50 create
        description "50 MB"
        queue 1 create
            rate 50000
    exit
    queue 11 multipoint create
    exit
exit
    sap-ingress 100 create
        description "100 MB"
        queue 1 create
            rate 100000
    exit
    queue 11 multipoint create
    exit
exit
    sap-ingress 150 create
        description "150 MB"
        queue 1 create
            rate 150000
    exit
    queue 11 multipoint create
    exit
exit
    sap-ingress 200 create

```

```

        description "200 MB"
        queue 1 create
            rate 200000
        exit
        queue 11 multipoint create
        exit
    exit
    sap-egress 25 create
        description "25 MB"
        queue 1 create
            rate 25000
        exit
    exit
    sap-egress 50 create
        description "50 MB"
        queue 1 create
            rate 50000
        exit
    exit
    sap-egress 100 create
        description "100 MB"
        queue 1 create
            rate 100000
        exit
    exit
    sap-egress 150 create
        description "150 MB"
        queue 1 create
            rate 150000
        exit
    exit
    sap-egress 200 create
        description "200 MB"
        queue 1 create
            rate 200000
        exit
    exit
exit
#-----
echo "Router (Network Side) Configuration"
#-----
router
    interface "system"
        address 172.17.150.15/32
    exit
    interface "to_tri-dsw-00"
        address 10.112.5.19/30
        port 1/1/1
        dhcp
        shutdown
    exit
    exit
    interface "to_caf-dsw-00"
        address 10.112.5.14/30
        port 2/1/1
        dhcp
        shutdown
    exit
    exit
    router-id 172.17.150.15

#-----
echo "Static Route Configuration"
#-----
    static-route 0.0.0.0/0 next-hop 10.112.5.1

#-----
echo "OSPF Configuration"

```



```

#-----
ospf
  area 0.0.0.25
    interface "to_tri-dsw-00"
      interface-type point-to-point
      authentication-type message-digest
      message-digest-key 1 md5 "bnPSzt.b0i2VM3xv5k9XOU" hash
    exit
    interface "to_caf-dsw-00"
      interface-type point-to-point
      authentication-type message-digest
      message-digest-key 1 md5 "bnPSzt.b0i2VM3xv5k9XOU" hash
    exit
  interface "system"
  exit
exit
exit
#-----
echo "MPLS Configuration"
#-----
mpls
  interface "system"
  exit
  interface "to_tri-dsw-00"
  exit
  interface "to_caf-dsw-00"
  exit
  path "to_tri-dsw-00"
    hop 1 172.17.21.15 strict
    no shutdown
  exit
  path "to_tri_by_caf"
    hop 1 172.17.28.15 strict
    hop 2 172.17.49.15 strict
    hop 3 172.17.48.15 strict
    hop 4 172.17.21.15 strict
    no shutdown
  exit
  path "to_caf-dsw-00"
    hop 1 172.17.28.15 strict
    no shutdown
  exit
  path "to_caf_by_tri"
    hop 1 172.17.21.15 strict
    hop 2 172.17.48.15 strict
    hop 3 172.17.49.15 strict
    hop 4 172.17.28.15 strict
    no shutdown
  exit
  path "to_pde_by_tri"
    hop 1 172.17.21.15 strict
    hop 2 172.17.48.15 strict
    no shutdown
  exit
  path "to_pde_by_caf"
    hop 1 172.17.28.15 strict
    hop 2 172.17.49.15 strict
    hop 3 172.17.48.15 strict
    no shutdown
  exit
  path "to_lms_by_tri"
    hop 1 172.17.21.15 strict
    hop 2 172.17.48.15 strict
    hop 3 172.17.49.15 strict
    no shutdown
  exit
  path "to_lms_by_caf"
    hop 1 172.17.28.15 strict

```

```

        hop 2 172.17.49.15 strict
        no shutdown
    exit
    lsp "lsp_to_caf-dsw-00"
    to 172.17.28.15
    primary "to_caf-dsw-00"
    exit
    secondary "to_caf_by_tri"
        standby
    exit
    no shutdown
exit
lsp "lsp_to_tri-dsw-00"
to 172.17.21.15
primary "to_tri-dsw-00"
exit
secondary "to_tri_by_caf"
    standby
exit
no shutdown
exit
lsp "lsp_to_pde-dsw-00"
to 172.17.48.15
primary "to_pde_by_tri"
exit
secondary "to_pde_by_caf"
    standby
exit
no shutdown
exit
lsp "lsp_to_lms-dsw-00"
to 172.17.49.15
primary "to_lms_by_caf"
exit
secondary "to_lms_by_tri"
    standby
exit
no shutdown
exit
no shutdown
exit
#-----
echo "RSVP Configuration"
#-----
    rsvp
        interface "system"
        exit
        interface "to_tri-dsw-00"
        exit
        interface "to_caf-dsw-00"
        exit
        no shutdown
    exit
#-----
echo "LDP Configuration"
#-----
    ldp
        interface-parameters
        exit
        targeted-session
        exit
    exit
exit
#-----
echo "Service Configuration"
#-----
    service

```

```

customer 1 create
  description "transport_service_BBIP"
  contact "ops-atm@cantv.com.ve"
exit
customer 2 create
  description "ADSL service"
exit
customer 3 create
  description "NGN Service"
exit
sdp 2 mpls create
  description "sdp_to_lms-dsw-00"
  far-end 172.17.49.15
  lsp "lsp_to_lms-dsw-00"
  keep-alive
  shutdown
  exit
  no shutdown
exit
sdp 5 mpls create
  description "sdp_to_caf-dsw-00"
  far-end 172.17.28.15
  lsp "lsp_to_caf-dsw-00"
  keep-alive
  shutdown
  exit
  no shutdown
exit
sdp 8 mpls create
  description "sdp_to_tri-dsw-00"
  far-end 172.17.21.15
  lsp "lsp_to_tri-dsw-00"
  keep-alive
  shutdown
  exit
  no shutdown
exit
sdp 9 mpls create
  description "sdp_to_pde-dsw-00"
  far-end 172.17.48.15
  lsp "lsp_to_pde-dsw-00"
  keep-alive
  shutdown
  exit
  no shutdown
exit
exit
#-----
echo "Router (Service Side) Configuration"
#-----
  router
#-----
echo "OSPF Configuration"
#-----
  ospf
  exit
#-----
echo "Policy Configuration"
#-----
  policy-options
  begin
  policy-statement "redist_static"
  entry 10
  from
  protocol static
  exit
  to
  protocol ospf

```

```
exit  
action accept  
exit  
exit  
exit  
commit  
exit  
exit  
exit all
```

## Configuración Estación Trinidad

```
# TiMOS-C-2.0.R7 cpm/hops ALCATEL ESS 7450 Copyright (c) 2000-2005 Alcatel.  
# All rights reserved. All use subject to applicable license agreements.  
# Built on Tue Jun 7 15:52:17 RDT 2005 by builder in /rel2.0/k3/R7/panos/main
```

```
# Generated WED MAR 15 21:33:20 2006 UTC
```

```
exit all  
configure  
#-----  
echo "System Configuration"  
#-----  
    system  
        name "tri-dsw-00"  
        contact "Datos Capital"  
        location "Central TRINIDAD, Sala PCM, PB"  
        power-supply 1 dc  
        power-supply 2 dc  
        synchronize config  
        snmp  
            packet-size 9216  
        exit  
        login-control  
            idle-timeout 10  
        exit  
        security  
            management-access-filter  
                default-action deny  
        exit  
        password  
            authentication-order tacplus local  
        exit  
        tacplus  
            accounting  
            authorization  
            timeout 6  
            single-connection  
            source-address 172.17.21.15  
            server 1 address 10.120.28.4 secret "letmein"  
            server 2 address 10.120.156.4 secret "letmein"  
        exit  
        snmp  
            community "L0mba3d1a" rwa version both  
            community "Qmanac0a" r version both  
        exit  
        ssh-server  
        exit  
        time  
            sntp  
                server-address 200.44.32.176 preferred  
                server-address 200.44.32.178  
                no shutdown  
        exit  
        zone AST  
        exit  
    exit  
#-----  
echo "Card Configuration"  
#-----  
    card 1  
        card-type iom-20g  
        mda 1  
            mda-type m1-10gb
```

```

        exit
        mda 2
            mda-type m10-1gb-sfp
        exit
    exit
card 2
    card-type iom-20g
    mda 1
        mda-type m1-10gb
    exit
    mda 2
        mda-type m10-1gb-sfp
    exit
exit
#-----
echo "Port Configuration"
#-----
    port 1/1/1
        description "pde-dsw-00 (2/1/1)"
        ethernet
        exit
        no shutdown
    exit
    port 1/2/1
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 1/2/2
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 1/2/3
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 1/2/4
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 1/2/5
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 1/2/6
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 1/2/7
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 1/2/8
        shutdown
        ethernet

```

```

        no autonegotiate
    exit
exit
port 1/2/9
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 1/2/10
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/1/1
    description "hti-dsw-00 (1/1/1)"
    ethernet
    exit
    no shutdown
exit
port 2/2/1
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/2
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/3
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/4
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/5
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/6
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/7
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/8
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit

```

```

exit
port 2/2/9
shutdown
ethernet
    no autonegotiate
exit
exit
port 2/2/10
shutdown
ethernet
    no autonegotiate
exit
exit
#-----
echo "System Sync-If-Timing Configuration"
#-----
system
    sync-if-timing
    begin
    refl
        shutdown
    exit
    ref2
        shutdown
    exit
    bits
        shutdown
    exit
    commit
exit
exit
#-----
echo "QoS Policy Configuration"
#-----
qos
    sap-ingress 25 create
        description "25 MB"
        queue 1 create
            rate 25000
    exit
    queue 11 multipoint create
    exit
exit
    sap-ingress 50 create
        description "50 MB"
        queue 1 create
            rate 50000
    exit
    queue 11 multipoint create
    exit
exit
    sap-ingress 100 create
        description "100 MB"
        queue 1 create
            rate 100000
    exit
    queue 11 multipoint create
    exit
exit
    sap-ingress 150 create
        description "150 MB"
        queue 1 create
            rate 150000
    exit
    queue 11 multipoint create
    exit
exit
    sap-ingress 200 create

```



```

        description "200 MB"
        queue 1 create
            rate 200000
        exit
        queue 11 multipoint create
        exit
    exit
    sap-egress 25 create
        description "25 MB"
        queue 1 create
            rate 25000
        exit
    exit
    sap-egress 50 create
        description "50 MB"
        queue 1 create
            rate 50000
        exit
    exit
    sap-egress 100 create
        description "100 MB"
        queue 1 create
            rate 100000
        exit
    exit
    sap-egress 150 create
        description "150 MB"
        queue 1 create
            rate 150000
        exit
    exit
    sap-egress 200 create
        description "200 MB"
        queue 1 create
            rate 200000
        exit
    exit
exit
#-----
echo "Router (Network Side) Configuration"
#-----
router
    interface "system"
        address 172.17.21.15/32
    exit
    interface "to_pde-dsw-00"
        address 10.112.5.25/30
        port 1/1/1
        dhcp
        shutdown
    exit
    exit
    interface "to_hti-dsw-00"
        address 10.112.5.20/30
        port 2/1/1
        dhcp
        shutdown
    exit
    exit
    router-id 172.17.21.15

#-----
echo "Static Route Configuration"
#-----
    static-route 0.0.0.0/0 next-hop 10.112.5.1

#-----
echo "OSPF Configuration"

```

```

#-----
ospf
  area 0.0.0.25
    interface "to_pde-dsw-00"
      interface-type point-to-point
      authentication-type message-digest
      message-digest-key 1 md5 "bnPSzt.b0i2VM3xv5k9XOU" hash
    exit
    interface "to_hti-dsw-00"
      interface-type point-to-point
      authentication-type message-digest
      message-digest-key 1 md5 "bnPSzt.b0i2VM3xv5k9XOU" hash
    exit
  interface "system"
  exit
exit
exit
#-----
echo "MPLS Configuration"
#-----
mpls
  interface "system"
  exit
  interface "to_pde-dsw-00"
  exit
  interface "to_hti-dsw-00"
  exit
  path "to_pde-dsw-00"
    hop 1 172.17.48.15 strict
    no shutdown
  exit
  path "to_pde_by_hti"
    hop 1 172.17.150.15 strict
    hop 2 172.17.28.15 strict
    hop 3 172.17.49.15 strict
    hop 4 172.17.48.15 strict
    no shutdown
  exit
  path "to_hti-dsw-00"
    hop 1 172.17.150.15 strict
    no shutdown
  exit
  path "to_hti_by_pde"
    hop 1 172.17.48.15 strict
    hop 2 172.17.49.15 strict
    hop 3 172.17.28.15 strict
    hop 4 172.17.150.15 strict
    no shutdown
  exit
  path "to_lms_by_pde"
    hop 1 172.17.48.15 strict
    hop 2 172.17.49.15 strict
    no shutdown
  exit
  path "to_lms_by_hti"
    hop 1 172.17.150.15 strict
    hop 2 172.17.28.15 strict
    hop 3 172.17.49.15 strict
    no shutdown
  exit
  path "to_caf_by_pde"
    hop 1 172.17.48.15 strict
    hop 2 172.17.49.15 strict
    hop 3 172.17.28.15 strict
    no shutdown
  exit
  path "to_caf_by_hti"
    hop 1 172.17.150.15 strict

```

```

        hop 2 172.17.28.15 strict
        no shutdown
    exit
    lsp "lsp_to_pde-dsw-00"
    to 172.17.48.15
    primary "to_pde-dsw-00"
    exit
    secondary "to_pde_by_hti"
        standby
    exit
    no shutdown
exit
lsp "lsp_to_hti-dsw-00"
to 172.17.150.15
primary "to_hti-dsw-00"
exit
secondary "to_hti_by_pde"
    standby
    exit
    no shutdown
exit
lsp "lsp_to_lms-dsw-00"
to 172.17.49.15
primary "to_lms_by_pde"
exit
secondary "to_lms_by_hti"
    standby
    exit
    no shutdown
exit
lsp "lsp_to_caf-dsw-00"
to 172.17.28.15
primary "to_caf_by_hti"
exit
secondary "to_caf_by_pde"
    standby
    exit
    no shutdown
exit
no shutdown
exit
#-----
echo "RSVP Configuration"
#-----
    rsvp
        interface "system"
        exit
        interface "to_pde-dsw-00"
        exit
        interface "to_hti-dsw-00"
        exit
        no shutdown
    exit
#-----
echo "LDP Configuration"
#-----
    ldp
        interface-parameters
        exit
        targeted-session
        exit
    exit
exit
#-----
echo "Service Configuration"
#-----
    service

```

```

customer 1 create
  description "transport_service_BBIP"
  contact "ops-atm@cantv.com.ve"
exit
customer 2 create
  description "ADSL service"
exit
customer 3 create
  description "NGN Service"
exit
sdp 3 mpls create
  description "sdp_to_lms-dsw-00"
  far-end 172.17.49.15
  lsp "lsp_to_lms-dsw-00"
  keep-alive
  shutdown
  exit
  no shutdown
exit
sdp 6 mpls create
  description "sdp_to_caf-dsw-00"
  far-end 172.17.28.15
  lsp "lsp_to_caf-dsw-00"
  keep-alive
  shutdown
  exit
  no shutdown
exit
sdp 8 mpls create
  description "sdp_to_hti-dsw-00"
  far-end 172.17.150.15
  lsp "lsp_to_hti-dsw-00"
  keep-alive
  shutdown
  exit
  no shutdown
exit
sdp 10 mpls create
  description "sdp_to_pde-dsw-00"
  far-end 172.17.48.15
  lsp "lsp_to_pde-dsw-00"
  keep-alive
  shutdown
  exit
  no shutdown
exit
exit
#-----
echo "Router (Service Side) Configuration"
#-----
  router
#-----
echo "OSPF Configuration"
#-----
  ospf
  exit
#-----
echo "Policy Configuration"
#-----
  policy-options
  begin
  policy-statement "redist_static"
    entry 10
      from
        protocol static
      exit
    to
      protocol ospf

```

```
        exit
        action accept
        exit
    exit
    exit
    commit
    exit
    exit
exit all
```

## Configuración Estación Prados del Este

```
# TiMOS-C-2.0.R7 cpm/hops ALCATEL ESS 7450 Copyright (c) 2000-2005 Alcatel.  
# All rights reserved. All use subject to applicable license agreements.  
# Built on Tue Jun 7 15:52:17 RDT 2005 by builder in /rel2.0/k3/R7/panos/main
```

```
# Generated WED MAR 15 21:33:20 2006 UTC
```

```
exit all  
configure  
#-----  
echo "System Configuration"  
#-----  
    system  
        name "pde-dsw-00"  
        contact "Datos Capital"  
        location "Central PRADOS DEL ESTE, Sala PCM, Piso 3"  
        power-supply 1 dc  
        power-supply 2 dc  
        synchronize config  
        snmp  
            packet-size 9216  
        exit  
        login-control  
            idle-timeout 10  
        exit  
        security  
            management-access-filter  
                default-action deny  
        exit  
        password  
            authentication-order tacplus local  
        exit  
        tacplus  
            accounting  
            authorization  
            timeout 6  
            single-connection  
            source-address 172.17.48.15  
            server 1 address 10.120.28.4 secret "letmein"  
            server 2 address 10.120.156.4 secret "letmein"  
        exit  
        snmp  
            community "L0mba3d1a" rwa version both  
            community "Qmanac0a" r version both  
        exit  
        ssh-server  
        exit  
        time  
            sntp  
                server-address 200.44.32.176 preferred  
                server-address 200.44.32.178  
                no shutdown  
        exit  
        zone AST  
        exit  
    exit  
#-----  
echo "Card Configuration"  
#-----  
    card 1  
        card-type iom-20g  
        mda 1  
            mda-type m1-10gb
```

```

        exit
        mda 2
            mda-type ml0-1gb-sfp
        exit
    exit
card 2
    card-type iom-20g
    mda 1
        mda-type ml-10gb
    exit
    mda 2
        mda-type ml0-1gb-sfp
    exit
exit
#-----
echo "Port Configuration"
#-----
    port 1/1/1
        description "lms-dsw-00 (2/1/1)"
        ethernet
        exit
        no shutdown
    exit
    port 1/2/1
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 1/2/2
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 1/2/3
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 1/2/4
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 1/2/5
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 1/2/6
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 1/2/7
        shutdown
        ethernet
            no autonegotiate
        exit
    exit
    port 1/2/8
        shutdown
        ethernet

```

```

        no autonegotiate
    exit
exit
port 1/2/9
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 1/2/10
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/1/1
    description "tri-dsw-00 (1/1/1)"
    ethernet
    exit
    no shutdown
exit
port 2/2/1
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/2
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/3
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/4
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/5
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/6
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/7
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit
exit
port 2/2/8
    shutdown
    ethernet
        no autonegotiate
    exit

```



```

exit
port 2/2/9
shutdown
ethernet
    no autonegotiate
exit
exit
port 2/2/10
shutdown
ethernet
    no autonegotiate
exit
exit
#-----
echo "System Sync-If-Timing Configuration"
#-----
system
    sync-if-timing
    begin
    refl
        shutdown
    exit
    ref2
        shutdown
    exit
    bits
        shutdown
    exit
    commit
exit
exit
#-----
echo "QoS Policy Configuration"
#-----
qos
    sap-ingress 25 create
        description "25 MB"
        queue 1 create
            rate 25000
        exit
        queue 11 multipoint create
        exit
    exit
    sap-ingress 50 create
        description "50 MB"
        queue 1 create
            rate 50000
        exit
        queue 11 multipoint create
        exit
    exit
    sap-ingress 100 create
        description "100 MB"
        queue 1 create
            rate 100000
        exit
        queue 11 multipoint create
        exit
    exit
    sap-ingress 150 create
        description "150 MB"
        queue 1 create
            rate 150000
        exit
        queue 11 multipoint create
        exit
    exit
    sap-ingress 200 create

```

```

        description "200 MB"
        queue 1 create
            rate 200000
        exit
        queue 11 multipoint create
        exit
    exit
    sap-egress 25 create
        description "25 MB"
        queue 1 create
            rate 25000
        exit
    exit
    sap-egress 50 create
        description "50 MB"
        queue 1 create
            rate 50000
        exit
    exit
    sap-egress 100 create
        description "100 MB"
        queue 1 create
            rate 100000
        exit
    exit
    sap-egress 150 create
        description "150 MB"
        queue 1 create
            rate 150000
        exit
    exit
    sap-egress 200 create
        description "200 MB"
        queue 1 create
            rate 200000
        exit
    exit
exit
#-----
echo "Router (Network Side) Configuration"
#-----
router
    interface "system"
        address 172.17.48.15/32
    exit
    interface "to_lms-dsw-00"
        address 10.112.5.31/30
        port 1/1/1
        dhcp
        shutdown
    exit
    exit
    interface "to_tri-dsw-00"
        address 10.112.5.26/30
        port 2/1/1
        dhcp
        shutdown
    exit
    exit
    router-id 172.17.48.15

#-----
echo "Static Route Configuration"
#-----
    static-route 0.0.0.0/0 next-hop 10.112.5.1

#-----
echo "OSPF Configuration"

```

```

#-----
ospf
  area 0.0.0.25
    interface "to_lms-dsw-00"
      interface-type point-to-point
      authentication-type message-digest
      message-digest-key 1 md5 "bnPSzt.b0i2VM3xv5k9XOU" hash
    exit
    interface "to_tri-dsw-00"
      interface-type point-to-point
      authentication-type message-digest
      message-digest-key 1 md5 "bnPSzt.b0i2VM3xv5k9XOU" hash
    exit
  interface "system"
  exit
exit
exit
#-----
echo "MPLS Configuration"
#-----
mpls
  interface "system"
  exit
  interface "to_lms-dsw-00"
  exit
  interface "to_tri-dsw-00"
  exit
  path "to_lms-dsw-00"
    hop 1 172.17.49.15 strict
    no shutdown
  exit
  path "to_lms_by_tri"
    hop 1 172.17.21.15 strict
    hop 2 172.17.150.15 strict
    hop 3 172.17.28.15 strict
    hop 4 172.17.49.15 strict
    no shutdown
  exit
  path "to_tri-dsw-00"
    hop 1 172.17.21.15 strict
    no shutdown
  exit
  path "to_tri_by_lms"
    hop 1 172.17.49.15 strict
    hop 2 172.17.28.15 strict
    hop 3 172.17.150.15 strict
    hop 4 172.17.21.15 strict
    no shutdown
  exit
  path "to_caf_by_lms"
    hop 1 172.17.49.15 strict
    hop 2 172.17.28.15 strict
    no shutdown
  exit
  path "to_caf_by_tri"
    hop 1 172.17.21.15 strict
    hop 2 172.17.150.15 strict
    hop 3 172.17.28.15 strict
    no shutdown
  exit
  path "to_hti_by_lms"
    hop 1 172.17.49.15 strict
    hop 2 172.17.28.15 strict
    hop 3 172.17.150.15 strict
    no shutdown
  exit
  path "to_hti_by_tri"
    hop 1 172.17.21.15 strict

```

```

        hop 2 172.17.150.15 strict
        no shutdown
    exit
    lsp "lsp_to_lms-dsw-00"
    to 172.17.49.15
    primary "to_lms-dsw-00"
    exit
    secondary "to_lms_by_tri"
        standby
    exit
    no shutdown
exit
lsp "lsp_to_tri-dsw-00"
to 172.17.21.15
primary "to_tri-dsw-00"
exit
secondary "to_tri_by_lms"
    standby
    exit
    no shutdown
exit
lsp "lsp_to_caf-dsw-00"
to 172.17.28.15
primary "to_caf_by_lms"
exit
secondary "to_caf_by_tri"
    standby
    exit
    no shutdown
exit
lsp "lsp_to_hti-dsw-00"
to 172.17.150.15
primary "to_hti_by_tri"
exit
secondary "to_hti_by_lms"
    standby
    exit
    no shutdown
exit
no shutdown
exit
#-----
echo "RSVP Configuration"
#-----
    rsvp
        interface "system"
        exit
        interface "to_lms-dsw-00"
        exit
        interface "to_tri-dsw-00"
        exit
        no shutdown
    exit
#-----
echo "LDP Configuration"
#-----
    ldp
        interface-parameters
        exit
        targeted-session
        exit
    exit
exit
#-----
echo "Service Configuration"
#-----
    service

```

```

customer 1 create
  description "transport_service_BBIP"
  contact "ops-atm@cantv.com.ve"
exit
customer 2 create
  description "ADSL service"
exit
customer 3 create
  description "NGN Service"
exit
sdp 4 mpls create
  description "sdp_to_lms-dsw-00"
  far-end 172.17.49.15
  lsp "lsp_to_lms-dsw-00"
  keep-alive
  shutdown
  exit
  no shutdown
exit
sdp 7 mpls create
  description "sdp_to_caf-dsw-00"
  far-end 172.17.28.15
  lsp "lsp_to_caf-dsw-00"
  keep-alive
  shutdown
  exit
  no shutdown
exit
sdp 9 mpls create
  description "sdp_to_hti-dsw-00"
  far-end 172.17.150.15
  lsp "lsp_to_hti-dsw-00"
  keep-alive
  shutdown
  exit
  no shutdown
exit
sdp 10 mpls create
  description "sdp_to_pde-dsw-00"
  far-end 172.17.48.15
  lsp "lsp_to_pde-dsw-00"
  keep-alive
  shutdown
  exit
  no shutdown
exit
exit
#-----
echo "Router (Service Side) Configuration"
#-----
  router
#-----
echo "OSPF Configuration"
#-----
  ospf
  exit
#-----
echo "Policy Configuration"
#-----
  policy-options
  begin
  policy-statement "redist_static"
  entry 10
  from
  protocol static
  exit
  to
  protocol ospf

```

```
exit
action accept
exit
exit
exit
commit
exit
exit
exit all
```

## **ANEXO 5**

---

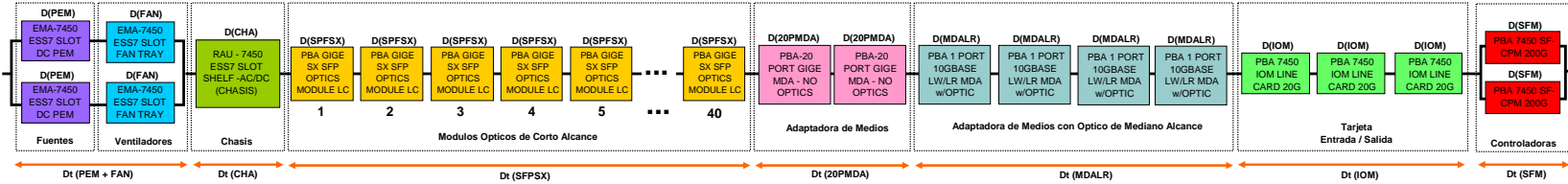
### **CÁLCULO DE DISPONIBILIDAD**

A continuación, se presenta el cálculo de disponibilidad realizado, según lo especificado en el capítulo 3.7 del presente documento.

**DISPONIBILIDAD: Equipo lms-dsw-00**

**DISPONIBILIDAD EQUIPO 7450 ESS-7**

Configuración del Nodo: **SFSPSX=40 MDA 20P=2 MDALR=4 IOM=3:**  
**Las Mercedes**



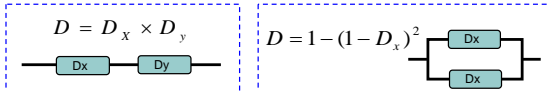
**Formulas:**

D(x) = Disponibilidad de Subsistema  
 Dt(x) = Disponibilidad de Subsistemas agrupados.  
 I(x) = Indisponibilidad.

MTTR de 4 horas = 0,000456621 años

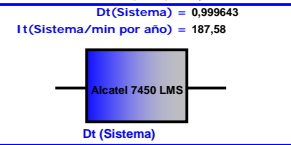
$$\begin{aligned}
 Dt(PEM+FAM) &= [2 \cdot (D(PEM) \times D(FAN))] \times (D(PEM) \times D(FAN)) \\
 Dt(CHA) &= D(CHA) \\
 Dt(SFSPSX) &= [D(SFSPSX)]^{40} \\
 Dt(MDA20P) &= D(20PMDA) \times D(20PMDA) \\
 Dt(MDALR) &= [D(MDALR)]^4 \\
 Dt(IOM) &= [D(IOM)]^3 \\
 Dt(SFM) &= 1 - [(1 - D(SFM)) \times (1 - D(SFM))] \\
 Dt(Sistema) &= Dt(PEM+FAM) \times Dt(CHA) \times Dt(SFSPSX) \times Dt(20PMDA) \times Dt(MDALR) \times Dt(IOM) \times Dt(SFM) \\
 It(Sistema/min por año) &= It(Sistema) \times 365 \times 24 \times 60.
 \end{aligned}$$

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$



**Resultados:**

$$\begin{aligned}
 Dt(PEM+FAM) &= 0,999999999985878 \\
 Dt(CHA) &= 0,999993797634232 \\
 Dt(SFSPSX) &= 0,999848007513280 \\
 Dt(MDA20P) &= 0,999981602953278 \\
 Dt(MDALR) &= 0,999951489279625 \\
 Dt(IOM) &= 0,999868167218190 \\
 Dt(SFM) &= 0,999999998289442
 \end{aligned}$$



**Piezas Instaladas en el Nodo:**

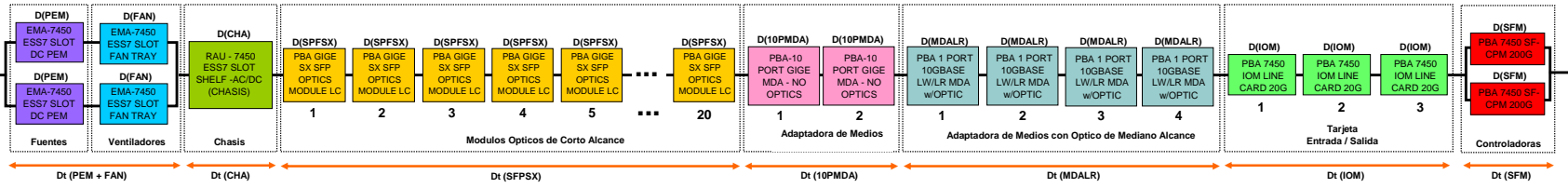
Descripción	Cantidad por nodo	Abreviatura	MTBF (años)	Disponibilidad	Nº de Parte	Comentarios
PBA GIGE SX SFP OPTICS MODULE-LC	40	SFP SX	120,16	0,999996199906252	3HE00027AA	Modulo Optico de Corto Alcance SX
PBA 7450 IOM LINE CARD 20G	3	IOM	10,39	0,999956053808157	3HE00229AB	Modulo de Entrada/Salida (IOM) maneja 20GB
PBA - 20 PORT GIGE MDA - NO OPTICS	2	MDA 20P	49,64	0,999990801434332	3HE00233AA	Tarjeta Adaptadora de Medios (MDA) de 20 Puertos GIGE (no incluye módulos ópticos)
PBA - 1 PORT 10GBASE LW/LR MDA W/OPTIC	4	MDA LR	37,65	0,999987872099279	3HE00235AA	Tarjeta Adaptadora de Medios (MDA) de 1 Puerto 10GB (incluye óptico de mediano alcance)
PBA - 7450 SFP/CPM 200G	2	SFM	11,04	0,999958641112802	3HE00316AA	Tarjeta Controladora (Switch Fabric Module)
RAU - 7450 ESS-7 SLOT SHELF - AC/DC (CHASSIS)	1	CHA	73,62	0,999993797634232	3HE00245AA	Chasis del Equipo 7450
EMA - 7450 ESS-7 SLOT SHELF FAN TRAY	2	FAN	141,9	0,999996782103378	3HE00262AA	Modulo de Ventilador
EMA - 7450 ESS-7 SLOT DC PEM	2	PEM	845,59	0,99999459997453	3HE00260AA	Fuente DC (Modulos de Entrada de Energia/PEM)



# DISPONIBILIDAD: Equipo caf-dsw-00

## DISPONIBILIDAD EQUIPO 7450 ESS-7

Configuración del Nodo: **SFP SX=20 MDA 10P=2 MDA LR=4 IOM=3:**  
**Cafetal**



**Formulas:**

$D(x)$  = Disponibilidad de Subsistema  
 $Dt(x)$  = Disponibilidad de Subsistemas agrupados.  
 $I(x)$  = Indisponibilidad.

MTTR de 4 horas = 0,000456621 años

$Dt(PEM+FAM) = [2 - (D(PEM) \times D(FAN))] \times (D(PEM) \times D(FAN))$   
 $Dt(CHA) = D(CHA)$   
 $Dt(SFPSX) = [D(SFPSX)]^{20}$   
 $Dt(MDA10P) = D(10PMDA) \times D(10PMDA)$   
 $Dt(MDALR) = [D(MDALR)]^4$   
 $Dt(IOM) = [D(IOM)]^3$   
 $Dt(SFM) = 1 - [(1 - D(SFM)) \times (1 - D(SFM))]$   
 $Dt(Sistema) = D(PEM+FAN) \times D(CHA) \times D(SFPSX) \times D(10PMDA) \times D(MDALR) \times D(IOM) \times D(SFM)$   
 $It(Sistema/min\ por\ año) = It(Sistema) \times 365 \times 24 \times 60.$

$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$

$D = D_x \times D_y$

$D = 1 - (1 - D_x)^2$

**Resultados:**

$Dt(PEM+FAM) = 0,9999999999985878$   
 $Dt(CHA) = 0,99993797634232$   
 $Dt(SFPSX) = 0,999924000868706$   
 $Dt(MDA10P) = 0,999985016706523$   
 $Dt(MDALR) = 0,999951489279625$   
 $Dt(IOM) = 0,999868167218190$   
 $Dt(SFM) = 0,999999998289442$

$Dt(Sistema) = 0,999722$   
 $It(Sistema/min\ por\ año) = 145,86$

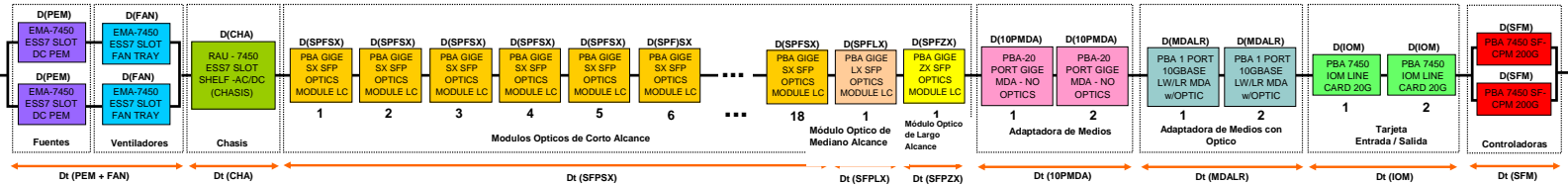
Piezas Instaladas en el Nodo:

Descripción	Cantidad por nodo	Abreviatura	MTBF (años)	Disponibilidad	N° de Parte	Comentarios
PBA GIGE SX SFP OPTICS MODULE-LC	20	SFP SX	120,16	0,999996199906252	3HE00027AA	Modulo Optico de Corto Alcance SX
PBA 7450 IOM LINE CARD 20G	3	IOM	10,39	0,999956053808157	3HE00229AB	Modulo de Entrada/Salida (IOM) maneja 20GB
PBA - 10 PORT GIGE MDA - NO OPTICS	2	MDA 10P	60,95	0,999992508325199	3HE00232AA	Tarjeta Adaptadora de Medios (MDA) de 10 Puertos GIGE (no incluye módulos ópticos)
PBA - 1 PORT 10GBASE-LW/LR MDA W/OPTIC	4	MDA LR	37,65	0,999987872099279	3HE00235AA	Tarjeta Adaptadora de Medios (MDA) de 1 Puerto 10GB (incluye óptico de mediano alcance)
PBA - 7450 SF/CPM 200G	2	SFM	11,04	0,999958641112802	3HE00316AA	Tarjeta Controladora (Switch Fabric Module)
RAU - 7450 ESS-7 SLOT SHELF - AC/DC (CHASSIS)	1	CHA	73,62	0,999993797634232	3HE00245AA	Chasis del Equipo 7450
EMA - 7450 ESS-7 SLOT SHELF FAN TRAY	2	FAN	141,9	0,999996782103378	3HE00262AA	Modulo de Ventilador
EMA - 7450 ESS-7 SLOT DC PEM	2	PEM	845,59	0,999999459997453	3HE00260AA	Fuente DC (Modulos de Entrada de Energia/PEM)

# DISPONIBILIDAD: Equipo hti-dsw-00

## DISPONIBILIDAD EQUIPO 7450 ESS-7

Configuración del Nodo: **SFP SX=18 SFP LX=1 SFP ZX=1 MDA 10P=2 MDA LR=2 IOM=2** :  
Hatillo



### Formulas:

D(x) = Disponibilidad de Subsistema  
 Dt(x) = Disponibilidad de Subsistemas agrupados.  
 I(x) = Indisponibilidad.

MTTR de 4 horas = 0,000456621 años

$$Dt(PEM+FAM) = [2 - (D(PEM) \times D(FAN))] \times (D(PEM) \times D(FAN))$$

$$Dt(CHA) = D(CHA)$$

$$Dt(SFPSX) = [D(SFPSX)]^{18}$$

$$Dt(SFPLX) = D(SFPLX)$$

$$Dt(SFPZX) = D(SFPZX)$$

$$Dt(MDA10P) = D(10PMDA) \times D(10PMDA)$$

$$Dt(MDALR) = D(MDALR) \times D(MDALR)$$

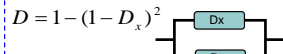
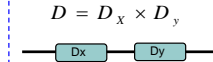
$$Dt(IOM) = D(IOM) \times D(IOM)$$

$$Dt(SFM) = 1 - [(1 - D(SFM)) \times (1 - D(SFM))]$$

$$Dt(Sistema) = Dt(PEM+FAN) \times Dt(CHA) \times Dt(SFPSX) \times Dt(SFPLX) \times Dt(SFPZX) \times Dt(10PMDA) \times Dt(MDALR) \times Dt(IOM) \times Dt(SFM)$$

$$I(Sistema/min por año) = I(Sistema) \times 365 \times 24 \times 60$$

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$



### Resultados:

$$Dt(PEM+FAM) = 0,99999999985878$$

$$Dt(CHA) = 0,999993797634232$$

$$Dt(SFPSX) = 0,999931600521914$$

$$Dt(SFPLX) = 0,999996199906252$$

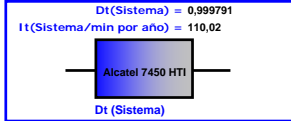
$$Dt(SFPZX) = 0,999996199906252$$

$$Dt(MDA10P) = 0,999985016706523$$

$$Dt(MDALR) = 0,999975744345644$$

$$Dt(IOM) = 0,999912109547582$$

$$Dt(SFM) = 0,99999998289442$$



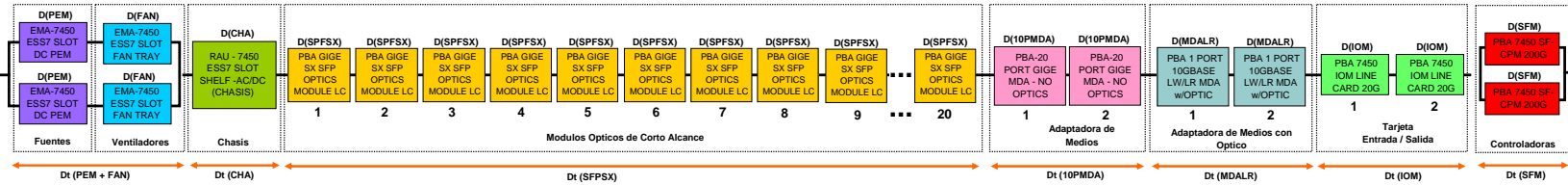
### Piezas Instaladas en el Nodo:

Descripción	Cantidad por nodo	Abreviatura	MTBF (años)	Disponibilidad	Nº de Parte	Comentarios
PBA GIGE SX SFP OPTICS MODULE-LC	18	SFP SX	120,16	0,999996199906252	3HE00027AA	Modulo Optico de Corto Alcance SX
PBA GIGE LX SFP OPTICS MODULE-LC	1	SFP LX	120,16	0,999996199906252	3HE00028AA	Modulo Optico de Mediano Alcance LX
PBA GIGE ZX SFP OPTICS MODULE-LC	1	SFP ZX	120,16	0,999996199906252	3HE00029AA	Modulo Optico de Largo Alcance ZX
PBA 7450 IOM LINE CARD 20G	2	IOM	10,39	0,999995053808157	3HE00229AB	Modulo de Entrada/Salida (IOM) maneja 20GB
PBA - 10 PORT GIGE MDA - NO OPTICS	2	MDA 10P	60,95	0,999992508325199	3HE00232AA	Tarjeta Adaptadora de Medios (MDA) de 10 Puertos GIGE (no incluye módulos ópticos)
PBA - 1 PORT 10GBASE-LW/LR MDA W/OPTIC	2	MDA LR	37,65	0,999987872099279	3HE00235AA	Tarjeta Adaptadora de Medios (MDA) de 1 Puerto 10GB (incluye óptico de mediano alcance)
PBA - 7450 SF/CPM 200G	2	SFM	11,04	0,999958641112802	3HE00316AA	Tarjeta Controladora (Switch Fabric Module)
RAU - 7450 ESS-7 SLOT SHELF - AC/DC (CHASSIS)	1	CHA	73,62	0,999993797634232	3HE00245AA	Chasis del Equipo 7450
EMA - 7450 ESS-7 SLOT SHELF FAN TRAY	2	FAN	141,9	0,999996782103378	3HE00262AA	Modulo de Ventilador
EMA - 7450 ESS-7 SLOT DC PEM	2	PEM	845,59	0,999999459997453	3HE00260AA	Fuente DC (Modulos de Entrada de Energia/PEM)

# DISPONIBILIDAD: Equipo tri-dsw-00

## DISPONIBILIDAD EQUIPO 7450 ESS-7

Configuración del Nodo: SFP SX=20 MDA 10P=2 MDA-LR=2 IOM=2 :  
Trinidad



### Formulas:

D(x) = Disponibilidad de Subsistema  
Dt(x) = Disponibilidad de Subsistemas agrupados.  
I(x) = Indisponibilidad.

MTTR de 4 horas = 0,000456621 años

$$D(\text{PEM+FAN}) = [2 \cdot (D(\text{PEM}) \times D(\text{FAN}))] \times (D(\text{PEM}) \times D(\text{FAN}))$$

$$D(\text{CHA}) = D(\text{CHA})$$

$$D(\text{SFPSX}) = [D(\text{SFPSX})]^{20}$$

$$D(\text{10PMDA}) = D(\text{10PMDA}) \times D(\text{10PMDA})$$

$$D(\text{MDALR}) = D(\text{MDALR}) \times D(\text{MDALR})$$

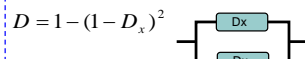
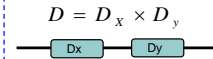
$$D(\text{IOM}) = D(\text{IOM}) \times D(\text{IOM})$$

$$D(\text{SFM}) = 1 - [(1 - D(\text{SFM})) \times (1 - D(\text{SFM}))]$$

$$D(\text{Sistema}) = D(\text{PEM+FAN}) \times D(\text{CHA}) \times D(\text{SFPSX}) \times D(\text{10PMDA}) \times D(\text{MDALR}) \times D(\text{IOM}) \times D(\text{SFM})$$

$$I(\text{Sistema/min por año}) = I(\text{Sistema}) \times 365 \times 24 \times 60.$$

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$



### Resultados:

$$D(\text{PEM+FAN}) = 0,999999999985878$$

$$D(\text{CHA}) = 0,99993797634232$$

$$D(\text{SFPSX}) = 0,99924000868706$$

$$D(\text{10PMDA}) = 0,99985016706523$$

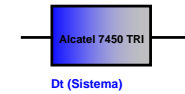
$$D(\text{MDALR}) = 0,999975744345644$$

$$D(\text{IOM}) = 0,999912109547582$$

$$D(\text{SFM}) = 0,999999998289442$$

$$D(\text{Sistema}) = 0,999791$$

$$I(\text{Sistema/min por año}) = 110,02$$



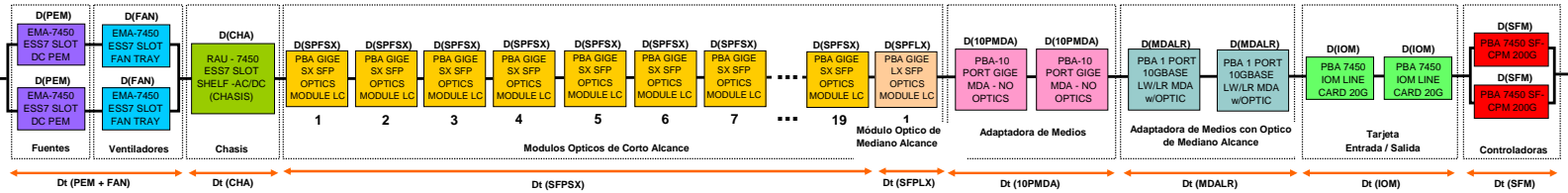
### Piezas Instaladas en el Nodo:

Descripción	Cantidad por nodo	Abreviatura	MTBF (años)	Disponibilidad	Nº de Parte	Comentarios
PBA GIGE SX SFP OPTICS MODULE-LC	20	SFP SX	120,16	0,999996199906252	3HE00027AA	Modulo Optico de Corto Alcance SX
PBA 7450 IOM LINE CARD 20G	2	IOM	10,39	0,999956053808157	3HE00229AB	Modulo de Entrada/Salida (IOM) maneja 20GB
PBA - 10 PORT GIGE MDA - NO OPTICS	2	MDA 10P	60,95	0,99992508325199	3HE00232AA	Tarjeta Adaptadora de Medios (MDA) de 10 Puertos GIGE (no incluye módulos ópticos)
PBA - 1 PORT 10GBASE-LWLR MDA W/OPTIC	2	MDA LR	37,65	0,999987872099279	3HE00235AA	Tarjeta Adaptadora de Medios (MDA) de 1 Puerto 10GB (incluye óptico de mediano alcance)
PBA - 7450 SF/CPM 200G	2	SFM	11,04	0,999958641112802	3HE00316AA	Tarjeta Controladora (Switch Fabric Module)
RAU - 7450 ESS-7 SLOT SHELF - AC/DC (CHASSIS)	1	CHA	73,62	0,99993797634232	3HE00245AA	Chasis del Equipo 7450
EMA - 7450 ESS-7 SLOT SHELF FAN TRAY	2	FAN	141,9	0,99996782103378	3HE00262AA	Modulo de Ventilador
EMA - 7450 ESS-7 SLOT DC PEM	2	PEM	845,59	0,99999459997453	3HE00260AA	Fuente DC (Modulos de Entrada de Energia/PEM)

# DISPONIBILIDAD: Equipo pde-dsw-00

## DISPONIBILIDAD EQUIPO 7450 ESS-7

Configuración del Nodo: SFP SX=19 SFP LX=1 MDA 10P=2 MDA LR=2 IOM=2:  
Prados del Este



### Formulas:

D(x) = Disponibilidad de Subsistema  
Dt(x) = Disponibilidad de Subsistemas agrupados.  
I(x) = Indisponibilidad.

MTTR de 4 horas = 0,000456621 años

$$D(\text{PEM+FAM}) = [2 - (D(\text{PEM}) \times D(\text{FAN}))] \times (D(\text{PEM}) \times D(\text{FAN}))$$

$$D(\text{CHA}) = D(\text{CHA})$$

$$D(\text{SFPSX}) = [D(\text{SFPSX})]^{19}$$

$$D(\text{SFPLX}) = D(\text{SFPLX})$$

$$D(\text{MDA10P}) = D(10PMDA) \times D(10PMDA)$$

$$D(\text{MDALR}) = [D(\text{MDALR})]^2$$

$$D(\text{IOM}) = [D(\text{IOM})]^2$$

$$D(\text{SFM}) = 1 - [(1 - D(\text{SFM})) \times (1 - D(\text{SFM}))]$$

$$D(\text{Sistema}) = D(\text{PEM+FAM}) \times D(\text{CHA}) \times D(\text{SFPSX}) \times D(\text{SFPLX}) \times D(10PMDA) \times D(\text{MDALR}) \times D(\text{IOM}) \times D(\text{SFM})$$

$$I(\text{Sistema}/\text{min por año}) = I(\text{Sistema}) \times 365 \times 24 \times 60$$

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$$D = D_x \times D_y$$

$$D = 1 - (1 - D_x)^2$$

### Resultados:

$$D(\text{PEM+FAM}) = 0,99999999985878$$

$$D(\text{CHA}) = 0,999993797634232$$

$$D(\text{SFPSX}) = 0,999927800688090$$

$$D(\text{SFPLX}) = 0,999996199906252$$

$$D(\text{MDA10P}) = 0,999985016706523$$

$$D(\text{MDALR}) = 0,999975744345644$$

$$D(\text{IOM}) = 0,999912109547582$$

$$D(\text{SFM}) = 0,99999998289442$$

Dt(Sistema) = 0,999791  
It(Sistema/min por año) = 110,02

Dt(Sistema)

### Piezas Instaladas en el Nodo:

Descripción	Cantidad por nodo	Abreviatura	MTBF (años)	Disponibilidad	N° de Parte	Comentarios
PBA GIGE SX SFP OPTICS MODULE-LC	19	SFP SX	120,16	0,999996199906252	3HE00027AA	Modulo Optico de Corto Alcance SX
PBA GIGE LX SFP OPTICS MODULE-LC	1	SFP LX	120,16	0,999996199906252	3HE00028AA	Modulo Optico de Mediano Alcance LX
PBA 7450 IOM LINE CARD 20G	2	IOM	10,39	0,999956053808157	3HE00229AB	Modulo de Entrada/Salida (IOM) maneja 20GB
PBA - 10 PORT GIGE MDA - NO OPTICS	2	MDA 10P	60,95	0,999992508325199	3HE00232AA	Tarjeta Adaptadora de Medios (MDA) de 10 Puertos GIGE (no incluye módulos ópticos)
PBA - 1 PORT 10GBASE-LW/LR MDA w/OPTIC	2	MDA LR	37,65	0,999987872099279	3HE00235AA	Tarjeta Adaptadora de Medios (MDA) de 1 Puerto 10GB (incluye óptico de mediano alcance)
PBA - 7450 SF/CPM 200G	2	SFM	11,04	0,999958641112802	3HE00316AA	Tarjeta Controladora (Switch Fabric Module)
RAU - 7450 ESS-7 SLOT SHELF - AC/DC (CHASSIS)	1	CHA	73,62	0,999993797634232	3HE00245AA	Chasis del Equipo 7450
EMA - 7450 ESS-7 SLOT SHELF FAN TRAY	2	FAN	141,9	0,999996782103378	3HE00262AA	Modulo de Ventilador
EMA - 7450 ESS-7 SLOT DC PEM	2	PEM	845,59	0,999999459997453	3HE00260AA	Fuente DC (Modulos de Entrada de Energia/PEM)

## **ANEXO 6**

---

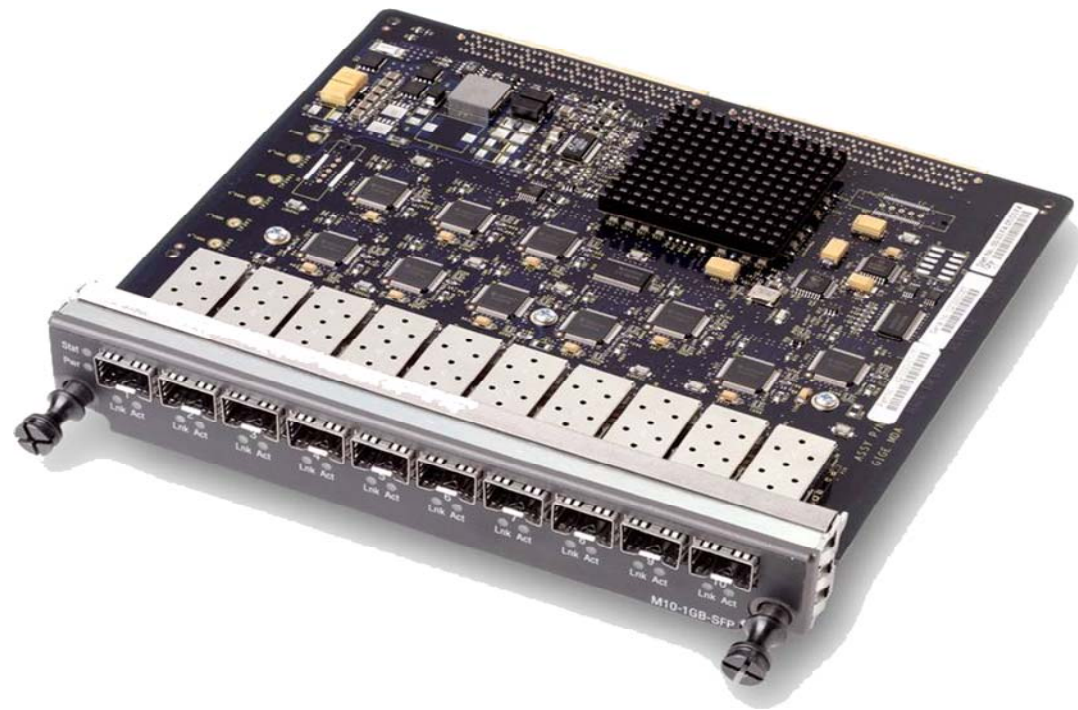
### **TIPOS DE TARJETAS MDA**

En el Anexo 6 a continuación, se muestran las imágenes de las tarjetas MDA utilizada en el presente proyecto.

## MDA 1GETHERNET DE 10 PUERTOS

### Características.

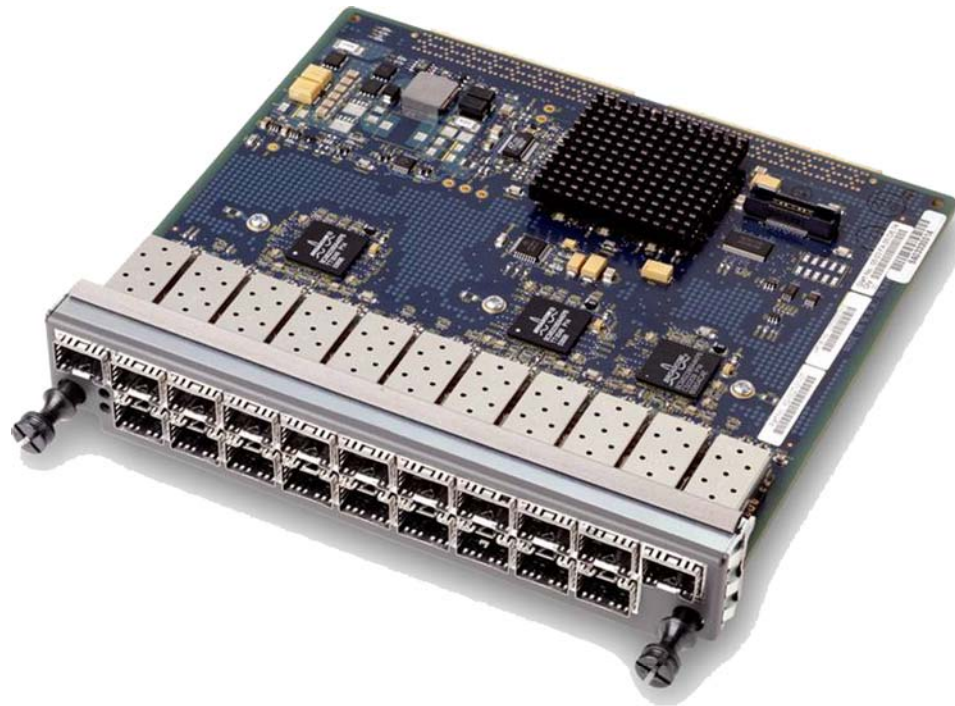
- > 10 Puertos
- > Interfaces SFP
- > Ópticas y de cobre
- > SFP CWDM



## MDA 1GETHERNET DE 20 PUERTOS

### Características.

- > 20 Puertos
- > Interfaces SFP
- > Ópticas y de cobre
- > Conectores LC



## MDA 10-GETHERNET

### Características.

- > 1 Puerto óptico @ 10Gbps
- > Conector SC
- > Conexión WAN/LAN
- > Versiones disponibles LR y ER
- > 1310 nm y 1550 nm

