

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



## **REPOTENCIACION DE LA RED METROETHERNET DE UN PROVEEDOR DE SERVICIOS A CATEGORIA PORTADOR (CARRIER CLASS)**

### **INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR:**

**ALEJANDRO JESUSOVICH APESTEGUI PAJUELO**

**PROMOCIÓN  
2010 - I**

**LIMA – PERÚ  
2013**

**REPOTENCIACION DE LA RED METROETHERNET DE UN  
PROVEEDOR DE SERVICIOS A CATEGORIA PORTADOR  
(CARRIER CLASS)**

Dedicado a Dios, a mis padres Jesús y Victoria, a mi hermano Miguel, a mi hermano Rodrigo y su familia, y al amor de mi vida, Cecilia.

## **SUMARIO**

En el presente trabajo se describe la repotenciación de una red denominada Metro Ethernet a nivel portador o a un nivel denominado Carrier Ethernet, de un proveedor de servicios. El trabajo es planteado de tal manera que se evalúa el estado actual de la red Metro Ethernet de un proveedor específico, identificando sus fallencias, para luego hacer un análisis y resolución de los problemas identificados, tomando en cuenta las recomendaciones, procedimientos y buenas prácticas sugeridas por las entidades reguladoras relacionadas.

La repotenciación es necesaria ya que la red Metro Ethernet del proveedor de servicios en su estado actual presenta muchas limitaciones en cuanto a la topología, equipamiento, protocolos utilizados, entre otros. Estas limitaciones generan diversos problemas al proveedor, especialmente en la provisión y crecimiento de los clientes.

La solución implica la utilización de un nuevo equipamiento, disponiéndolos en la red de tal manera que se pueda generar una nueva topología con facilidades de crecimiento y rápida convergencia. La solución también implica la utilización de nuevos protocolos y estándares, para el correcto funcionamiento de la red.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....</b>	<b>2</b>
1.1 Introducción general a la tecnología Ethernet .....	2
1.2 Ethernet en las redes de Nueva Generación .....	3
1.3 Ethernet en redes de área metropolitana .....	7
1.4 Organismo de estandarización: Metro Ethernet Forum .....	9
1.4.1 Atributos de Carrier Ethernet.....	10
1.5 Organismo de Estandarización: IEEE .....	12
1.5.1 Estándar IEEE 802.3 (Ethernet) .....	13
<b>CAPITULO II</b>	
<b>DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....</b>	<b>15</b>
2.1 Introducción.....	15
2.2 Formulación del problema.....	16
2.3 Limitaciones .....	16
2.4 Limitaciones Lógicas.....	17
2.4.1 Cantidad de VLANs .....	17
2.4.2 Flexibilidad de VLANs.....	17
2.4.3 Calidad de servicio .....	18
2.4.4 Protocolos tunelizados.....	19
2.4.5 Protección en capa 2 .....	19
2.5 Limitaciones Físicas .....	19
2.5.1 Topología de la red.....	20
2.5.2 Equipamiento.....	21
2.5.3 Ancho de Banda.....	22
2.6 Limitaciones externas.....	22
<b>CAPITULO III</b>	
<b>DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....</b>	<b>23</b>

3.1	Introducción.....	23
3.2	Modelo Carrier Ethernet.....	23
3.2.1	Conexión Ethernet Virtual (EVC o Ethernet Virtual Connection).....	24
3.2.2	VLAN de Servicio (S-VLAN o Service VLAN).....	25
3.2.3	VLAN de Cliente (C-VLAN o Customer VLAN).....	26
3.3	Servicios Carrier Ethernet.....	27
3.3.1	Punto a Punto (E-Line).....	27
3.3.2	Punto a Multipunto (E-Tree).....	29
3.3.3	Multipunto a Multipunto (E-LAN).....	32
3.4	Protección en capa 2.....	35
3.5	Calidad de servicio.....	38
3.6	Operación, Administración y Mantenimiento (OAM).....	39
3.6.1	Descubrimiento de red.....	40
3.6.2	Supervisión de rendimiento de enlace.....	40
3.6.3	Bucle remoto (loopback remoto).....	40
3.6.4	Detección de fallas.....	41
3.6.5	Recopilación de estadísticas de rendimiento.....	41
3.7	Protocolos de capa 2 tunelizados.....	42
<b>CAPITULO IV</b>		
<b>ARQUITECTURA DE LA SOLUCION.....</b>		<b>43</b>
4.1	Introducción.....	43
4.2	Diseño Jerárquico de la Carrier Ethernet.....	43
4.2.1	Anillo de Agregación.....	44
4.2.2	Anillo de acceso.....	45
4.3	Diseño Conceptual de la red Carrier Ethernet.....	46
4.3.1	Nodo de agregación principal.....	47
4.3.2	Nodo de agregación secundario.....	47
4.3.3	Nodo de acceso principal.....	48
4.3.4	Nodo de acceso secundario.....	48
4.3.5	Nodo cliente.....	49
4.3.6	Topologías soportadas.....	50
4.3.7	Puntos de conexión de clientes.....	54
4.4	Diseño Tecnológico de la red Carrier Ethernet.....	57
4.4.1	Red de usuario.....	58

4.4.2	Red de Acceso .....	59
4.4.3	Red de Distribución .....	69
4.4.4	Red Troncal .....	73
4.5	Requerimientos técnicos de equipos para nodos de red .....	74
4.6	Dimensionamiento de la red .....	78
4.6.1	Sobre Suscripción .....	78
4.6.2	Dimensionamiento promedio.....	79
4.6.3	Fabricante de equipamiento.....	80
4.6.4	Costos promedio .....	83
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>85</b>
<b>ANEXO A.....</b>		<b>87</b>
<b>ANEXO B.....</b>		<b>92</b>
<b>ANEXO C.....</b>		<b>94</b>
<b>ANEXO D.....</b>		<b>107</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>		<b>113</b>

## INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, las empresas han construido sus redes locales utilizando Ethernet, a la vez que dependen de servicios como líneas privadas TDM, Frame Relay, y ATM para sus redes de área extendida; sin embargo para muchas de estas empresas, sus WANs existentes no ofrecen la capacidad de transmisión y calidad de servicio requerida para las aplicaciones y servicios manejados en la actualidad.

Estas tecnologías WAN ofrecen escalabilidad limitada y el aprovisionar ancho de banda adicional es costoso y complejo. Con el desarrollo de Ethernet como tecnología WAN y conociendo las bondades que esta brinda, los proveedores de servicios empiezan a utilizar Ethernet en toda su red, formando así las redes Metro Ethernet.

La red Metro Ethernet ofrece al proveedor de servicios una serie de beneficios comparada con otro tipo de tecnologías, tanto en redes de acceso como en redes troncales; pero el crecimiento constante de los clientes y la demanda de nuevos servicios y más velocidad, sugiere que la red Metro Ethernet esté en constante evolución. Es por ello que el presente trabajo propone una repotenciación de red Metro Ethernet a un nivel superior denominado Carrier Class o Categoría Portador; ampliamente consolidada por los organismos de normalización para soportar los servicios de banda ancha de próxima generación.

Este cambio hacia una nueva red Carrier Ethernet provocará reducción de costos de operación e infraestructura IT (tecnologías de información), debido a factores como el disponer de una base de conocimiento en esta tecnología ampliamente favorable dentro de las empresas, rápida adaptación e interoperabilidad con topologías locales y versiones existentes, y la facilidad con la que se logrará la consolidación de servidores y centros de almacenamiento.

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL**

### **1.1 Introducción general a la tecnología Ethernet**

Ethernet en su versión original, fue la primera solución de conectividad que permitió compartir recursos a nivel de área local con total independencia del medio físico. Introducida en 1972 por Robert Metcalfe (ingeniero eléctrico estadounidense que coinventó Ethernet) y estandarizada más tarde por la IEEE bajo la recomendación 802.3, ha llegado a ser la tecnología más conocida para la implementación de redes de área local (Local Area Network - LAN), manteniéndose hasta ahora como el estándar predominante en este escenario.

Su éxito ha sido consistente pues sus altas prestaciones, economía, capacidad de autoconfiguración, independencia de direccionamiento IP (Internet Protocol), confiabilidad, así como su simplicidad de instalación, operación y mantenimiento han logrado que Ethernet sea el protocolo LAN utilizado.

En un principio las redes de ámbito local, y Ethernet en particular, nacieron siendo esencialmente de medio compartido y alta capacidad, a diferencia de las tecnologías WAN (Wide Area Network - Red de Área Extendida) que se basaban en la conmutación, y con caudales de transmisión inferiores a los disponibles en las LAN.

En la actualidad, las redes LAN son mayoritariamente conmutadas, punto a punto, full-dúplex; incorporan multiplexación mediante etiquetamiento VLAN (Virtual Local Area Network) 802.1Q y de prioridades (802.1p), e inclusive soportan distancias de transmisión idénticas a las permitidas por los enlaces WAN convencionales.

Conforme ha surgido la demanda por nuevas aplicaciones, como video o réplicas de servicios de Datacenter, con mayores velocidades y anchos de banda para diferentes ámbitos (10, 40 o 100Gbps), Ethernet ha evolucionado también en capacidad, adaptándose a estas necesidades con un alto grado de disponibilidad.

A mediados de los años 80, la capacidad de Ethernet (10Mbps) era más que suficiente para los sistemas de aquella época. A principios de los años 90, los sistemas se

hicieron mucho más rápidos, con solicitudes de acceso del orden de Megabits por segundo, que en la sobre suscripción superaban los 10Mbps definidos por Ethernet; por tal motivo los usuarios comenzaron a tener problemas de “cuellos de botella” provocados por la reducida capacidad de las redes LAN Ethernet.

En 1995, el IEEE anunció la norma para Ethernet a 100 Mbps. A ésta, le siguieron normas para Gigabit Ethernet GE en los años de 1998 y 1999. En junio del 2002, el IEEE aprobó la norma para Ethernet a 10 Gigabits por segundo (Gbps), es decir que el mismo protocolo que transportaba datos a 3 Mbps en 1973, trabaja ahora a 10Gbps.

Es claro, que el estándar Ethernet original (IEEE 802.3) ha debido renovarse varias veces para incorporar nuevos medios de transmisión que permitan velocidades más altas; sin embargo, es importante destacar que se han mantenido sus características originales.

Todas las normas Ethernet 802.3 conforman una misma familia. Existen diferencias entre ellas, pero son mayores sus similitudes. El hecho de mantener las tramas originales en cada nueva norma quiere decir que los protocolos de la familia 802.3 son todos compatibles e interoperables, una de las claves de su éxito.

Con la introducción de Gigabit Ethernet, que comenzó como una tecnología LAN, se han logrado expandir las fronteras, convirtiendo a Ethernet en un estándar de área metropolitana e incluso de redes WAN.

## **1.2 Ethernet en las redes de Nueva Generación**

El proceso de cambio que está experimentando el sector de las telecomunicaciones es uno de los más significativos que se ha registrado. Con la aparición de una nueva generación de arquitecturas de red, también con un nuevo portafolio de servicios en los que se mezclan voz, datos y video.

Tradicionalmente las redes IP han sido la base del negocio de la transmisión de datos, manteniendo un aislamiento completo respecto a las redes de voz; así los tipos de tráfico que se cursan por las distintas redes de telecomunicaciones se originan en fuentes o medios de distinta naturaleza, tales como la voz, telefonía, datos, video, videoconferencias, etc. Este tráfico debe ser atendido en tiempo casi real, o tiempo real, dependiendo de los requerimientos de las fuentes que las originan y del receptor en el extremo remoto; por ello las redes que transportan estas aplicaciones tienen que ser capaces de satisfacer las exigencias de cada una de estas aplicaciones. Esta situación ha provocado una segmentación natural del mercado de telecomunicaciones que en determinados casos, ha llegado al extremo que sean operadores distintos los que dan soporte a cada red.

Para solucionar estos problemas de duplicidad de operadores por tipo de servicio han surgido en el mercado multitud de equipos, técnicas, tecnologías y protocolos, que combinados de una manera adecuada pueden permitir la realización de modelos de red que proporcionen tanto al cliente corporativo como al cliente residencial, todo tipo de servicios multimedia en una sola red convergente. Estos modelos son llamados en el mundo de las telecomunicaciones Redes de Nueva Generación o Next Generation Network (NGN).

Una Red de Nueva Generación es la solución esperada por aquellos operadores que buscan reducir en forma notable los costos de desarrollo de nuevos servicios, acelerar el tiempo de su comercialización, y disminuir los costos operativos. Esto junto a la presión de la industria y entidades de estandarización obligó a la Unión Internacional de Telecomunicaciones sector de Normalización UIT-T a forzar el ritmo de trabajo para disponer lo antes posible de los estándares para las NGN. El Grupo de Estudio 13 de la UIT-T publicó en el año 2005 las primeras recomendaciones, definiendo en la Recomendación Y.2001 a una red de nueva generación, como:

“Red basada en paquetes que permite prestar servicios de telecomunicación y en la que se pueden utilizar múltiples tecnologías de transporte de banda ancha propiciadas por la QoS, y en la que las funciones relacionadas con los servicios son independientes de las tecnologías subyacentes relacionadas con el transporte. Permite a los usuarios el acceso sin trabas a redes y a proveedores de servicios y/o servicios de su elección. Se soporta movilidad generalizada que permitirá la prestación coherente y ubicua de servicios a los usuarios”.

Se contempla además, las características que deberán tener las NGN:

- La transferencia estará basada en paquetes.
- Las funciones de control están separadas de las capacidades de portador, llamada/sesión, y aplicación/servicio.
- Desacoplamiento de la provisión del servicio de transporte, para lo que se proveen interfaces abiertas.
- Soporte de una amplia gama de servicios, aplicaciones y mecanismos basados en construcción de servicios por bloques (incluidos servicios en tiempo real, servicios de flujo continuo y servicios multimedia).
- Tener capacidades de banda ancha con calidad de servicio (QoS Quality of Service) extremo a extremo.
- Tener interoperabilidad con redes tradicionales a través de interfaces abiertas.

- Movilidad generalizada.
- Acceso sin restricciones de los usuarios a diferentes proveedores de servicios.
- Diferentes esquemas de identificación.
- Convergencia entre servicios fijos y móviles.
- Independencia de las funciones relativas al servicio con respecto a las tecnologías subyacentes de transporte.
- Soporte de múltiples tecnologías de última milla.
- Cumplimiento de todos los requisitos reglamentarios, por ejemplo en cuanto a comunicaciones de emergencia, seguridad, privacidad, interceptación legal, etc.

La idea básica es lograr que una única red del proveedor transporte toda la información y servicios que brinda (video, voz y datos), encapsulándola para ello en paquetes. Por lo tanto, uno de los factores clave de las redes NGN es la convergencia de la red, es decir, permitir a los proveedores unificar recursos y procedimientos de gestión.

Otro de los objetivos de fondo que diferencian a las redes NGN frente a sus predecesoras, es la característica de generalidad en el acceso a los servicios, conocido en algunos ámbitos como nomadismo.

En el campo de las redes NGN es necesario determinar su alcance y definición, ya que erróneamente se tiende a equiparar las redes NGN con redes que usan solo el protocolo IP. Sin embargo, este protocolo es una de las posibles alternativas en las que se fundamenta la convergencia basada en paquetes; además IP tiene fuertes signos de vejez, y grandes limitaciones que impiden el desarrollo de las redes del futuro, evidenciándose las carencias que tienen las soluciones IP clásicas en temas como la capacidad, la calidad de servicio, la seguridad, la fiabilidad y la capilaridad.

Bajo este contexto, se puede indicar como principales problemas para la evolución de IP la seguridad, que se ha vuelto un verdadero desafío, no escala ni permite ingeniería de tráfico, además consume gran cantidad de energía.

Actualmente las soluciones y propuestas planteadas utilizan una arquitectura clásica con dispositivos basados en bridges IEEE 802.1 o Routers IP y sus correspondientes tablas de encaminamiento. Mediante el protocolo IP de Internet el encaminamiento de los paquetes supone procesos que consumen mucha energía. Anteriormente en la década de 1970 cuando se trabajaba a velocidades de 9,6 Kbps, el consumo de energía era irrelevante, sin embargo cuando se pasa a los 10 Gbps, resulta casi imposible. Cada vez que llega un paquete IP, pasa a una memoria para posteriormente

consultar en una tabla y enviarlo a la etapa siguiente; esto resulta en consumo de energía que crece exponencialmente según va aumentando la velocidad. Los procesadores más rápidos funcionan a 4 GHz y parece que ahora los fabricantes tienden a soluciones de múltiples procesadores sin aumentar de velocidad, mientras que Ethernet está generalizado a 10 Gigabits por segundo y se ha probado a 100 Gigabits por segundo.

Por otro lado, el protocolo IP era necesario cuando había que comunicarse a través de varias redes de distintos tipos. Sin embargo la evolución de la tecnología hace que a lo largo del tiempo, la complejidad de la red se vaya reduciendo para poder aumentar la velocidad. De esta forma los antiguos sistemas SNA (System Network Architecture) y OSI (Open System Interconnection), que eran arquitecturas y modelos de referencia de varios niveles, fueron desplazados por el TCP/IP, que corresponde a una arquitectura de cuatro niveles. Actualmente, siguiendo esta tendencia, el futuro conlleva la implementación de tecnologías basadas en Ethernet, similar a una red de datagramas IP, pero de dos niveles. Por ello, no tiene ningún sentido que se siga usando la arquitectura TCP/IP sobre Ethernet, repitiendo dos veces lo mismo, para construir una red IP sobre una sola red Ethernet. La solución es quitar lo que sobra, empleando un interfaz de nivel 2, en lugar del interfaz de nivel 4 del TCP/IP, conceptos sobre los cuales se está desarrollando una nueva arquitectura llamada UETS (Universal Ethernet Telecommunications Service). De este modo, al operar sobre una única red Ethernet, el que desee usar IP lo usa y el que no lo desee no lo hace.

Muchas son las iniciativas, tanto a nivel de estandarización (IEEE, ITU-T, MEF6) como en proyectos que están tratando de dar respuesta a la problemática planteada por las redes NGN haciendo uso de Ethernet como tecnología de paquetes. Todas ellas fundamentan su decisión en las bondades ampliamente conocidas de Ethernet: sencillez, flexibilidad, alta capacidad, bajo costo (catalizador de la implantación).

Así, las redes NGN se encuentran con propuestas en la que se aglutina diferentes tecnologías en acceso y troncal como Ethernet sobre MPLS (Transport Multiprotocol Label Switching) o EoMPLS, Ethernet sobre SDH (Synchronous Digital Hierarchy) o EoSDH, Circuitos Virtuales Ethernet EVC's con VPLS (Virtual Private LAN Services), etc. Todas ellas, en resumen, buscan llevar la E-LANs (redes Ethernet de área local) a las E-MANs (redes Ethernet de área metropolitana) y E-WANs (redes Ethernet de área extendida). Cualquiera que sea la solución elegida, el coste por puerto de cliente, frente a una solución Ethernet pura (Ethernet de extremo a extremo), va a ser muy

importante. Al mismo tiempo, el equipamiento del núcleo de red, siempre tendrá mayores dificultades de configuración y mantenimiento al tratarse de una mezcla de tecnologías dado que se realiza en definitiva, transporte Ethernet con tecnologías no Ethernet.

### **1.3 Ethernet en redes de área metropolitana**

Durante muchos años, Ethernet ha sido el protocolo dominante en las redes LAN. Su sencillez no sólo lo hizo más fácil de operar, sino que consiguió un mercado extremadamente rentable. Sin embargo, en las redes MAN (Metropolitan Area Network) y WAN, la historia fue diferente, pues los proveedores de servicios ofrecen tecnologías mucho más complicadas que brindan limitado ancho de banda como son: las líneas dedicadas, servicios FrameRelay y ATM (Asynchronous Transfer Mode). Además dichas soluciones de proveedor suelen combinar múltiples tecnologías, haciendo necesaria la traducción entre las diferentes pilas de protocolos. Esta conversión tiene problemas de desempeño, conflictos en la traducción por las particularidades de cada protocolo, y dificultades en la labor de gestión asociada al sistema final resultante.

Desde el punto de vista de los usuarios, las necesidades están creciendo significativamente. Las nuevas aplicaciones multimedia requieren un gran ancho de banda, del orden de entre los 5 a 10Mbps como mínimo por servicio, la necesidad de centralizar el almacenamiento y servidores, y el impulso para estrategias de continuidad comercial remotas, están exigiendo que los servicios existentes de las redes metropolitanas deban ofrecer un mayor rendimiento.

Sin embargo las tecnologías que popularmente se han manejado hasta ahora como “Tecnologías de Carrier”, ofrecen escalabilidad limitada a los usuarios. Por estos motivos las empresas se han visto obligadas a distribuir sus recursos de tecnología y adoptar soluciones como la proliferación de aplicaciones a través de múltiples ubicaciones.

Lo que realmente quieren las empresas para mejorar su productividad y mantener un posicionamiento competitivo en sus respectivas industrias, es conectar sus nodos sin la complejidad de las tecnologías MAN y WAN tradicionales, volteando hacia las redes Metro Ethernet.

Una Red Metropolitana Ethernet (MEN) es una red que conecta LANs geográficamente separadas de forma directa, o áreas mucho más grandes a través de una red WAN, utilizando Ethernet como protocolo principal. Gracias a los nuevos estándares de Ethernet, que permiten velocidades de 1 y 10 Gbps (100Gbps en un futuro), esta tecnología, típicamente LAN, ha comenzado a invadir las redes metropolitanas como

soporte de nuevas ofertas multi servicio. Ethernet como tecnología de portador no sólo conservará la sencillez de la red, sino que ofrecerá conectividad de banda ancha mucho más conveniente que permitirá aumentar la capacidad de sus WANs y soportar aplicaciones sofisticadas y efectivas en costos.

Como se puede ver en la comparación realizada en la tabla 1.1, Ethernet presenta varias ventajas con respecto a otras alternativas WAN.

**Tabla 1.1** Comparación de Ethernet con tecnologías WAN tradicionales

Características	Ethernet	Frame Relay	ATM
Escalabilidad	10 Mbps a 10 Gbps	56 Kbps a 45 Mbps	1.5 Mbps a 622 Mbps
QoS	Soportado	Limitado	Alta
Flexibilidad del Servicio	Alta	Baja	Baja
Eficiencia del Protocolo	Alta	Media	Baja
Optimizado para IP	Sí	No	No
Aprovisionamiento	Rápido	Lento	Lento
CPE: Costo por Puerto	Bajo	Medio	Alto
Costo/Mb	Bajo	Medio	Alto

Los nodos de una red MEN pueden ser Switches o Routers dependiendo de su localización en la red, del servicio que proporcionan y de la protección deseada.

Este nuevo método de transportar tramas Ethernet nativas sobre redes de área metropolitana y redes de área amplia permitirá trabajar con aplicaciones que hasta ahora no era rentable. Con Ethernet a 10Gbps será posible transferir los contenidos de un disco duro de 10 Gigabytes en 8 segundos o hacer respaldo de un sistema de almacenamiento corporativo de 2 Terabytes en 27 minutos (1 Terabyte son 1000 Gigabytes); y, aunque en principio su aplicación está más orientada a datos, tiene la capacidad de transportar fácilmente voz y video. El invertir en Metro Ethernet, no solo se beneficia por los costes y mejoras operativas de Ethernet, sino que se obtendrá una infraestructura convergente capaz de hacer frente a las aplicaciones más populares de la época.

El despliegue de Ethernet frente a otras tecnologías usadas en redes MAN hasta ahora, se basa en razones tales como:

- **Bajo coste**

Los costes para implantar la infraestructura (cable, conectores, tarjetas, equipos de interconexión, etc.) son significativamente menores por su relativa simplicidad técnica y

las economías de escala; Además, los costes de configuración y mantenimiento de una red Ethernet también son menores que los de una red Frame Relay o ATM; Ethernet sólo requiere conectar los equipos, sin mayor configuración.

- **Provisión rápida bajo demanda**

Los servicios Ethernet ofrecen un amplio rango de velocidades de 1 Mbps a 10 Gbps en incrementos de 1 Mbps o menos, pudiendo ser provistos de forma rápida y bajo demanda.

- **Transparencia y fácil integración de redes LAN en redes MAN**

Debido a que las redes LAN están implementadas sobre Ethernet, no es necesaria una conversión de protocolos entre LAN y MAN. Esto facilita enormemente la integración eficiente de las redes del cliente (LAN) con las del operador (MAN).

- **Base de conocimiento**

Ethernet es la tecnología predominante en las redes de comunicaciones, por lo que su conocimiento está ampliamente difundido y como tecnología de proveedor será mucho más fácil de aprender que otras como ATM o Frame Relay.

### **El Desafío de Metro Ethernet**

Mientras que los usuarios finales están convencidos de los beneficios en costos de Ethernet, ellos están exigiendo que se provea los mismos niveles de rendimiento que han tenido en Líneas dedicadas Frame Relay y ATM. Para que Ethernet alcance la clase de penetración necesaria, se requiere que Ethernet evolucione y despliegue las mismas propiedades de las tecnologías WAN actuales.

El Metro Ethernet Forum ha definido esta evolución como "Carrier Ethernet", para la cual se han definido cinco atributos, detallados más adelante en el estudio de la estandarización de las Redes Metro Ethernet.

### **Estandarización y tecnologías Metro Ethernet**

Ethernet es una tecnología que ha conseguido evolucionar desde su origen en las LAN hasta convertirse en una alternativa para ofrecer conectividad con calidad de proveedor. Así con el propósito de desarrollar rápidamente Ethernet en redes de área metropolitana y de área extendida, varios organismos internacionales de estandarización han propuesto estándares técnicos aplicables. Esto ha sido posible gracias a un gran esfuerzo realizado desde los principales organismos de estandarización (IEEE, MEF).

#### **1.4 Organismo de estandarización: Metro Ethernet Forum**

El Metro Ethernet Forum (Foro Metro Ethernet) es una organización sin fines de lucro cuya misión es proveer orientación y acelerar la adopción global de redes y servicios Ethernet. Su principal objetivo es conseguirlo con simplicidad y una excelente relación costo/beneficio. Fue fundada en el 2002 por el padre de esta tecnología Bob Metcalfe y desde entonces ha sido presidida por NanChen.

El MEF es una alianza global que está compuesta por más de 120 empresas dedicadas a las telecomunicaciones, entre ellas: proveedores de servicio, titulares de grandes operadores de intercambio, vendedores de equipo de redes, vendedores de equipo de prueba y otras prominentes compañías que comparten sus frutos en Metro Ethernet.

El MEF es una combinación entre foro técnico y mercadotecnia que busca promover la adopción de Metro Ethernet. Éste es un diferenciador clave con otros organismos de estandarización como el IETF y la IEEE. Este foro hace recomendaciones a los demás organismos de estandarización y crea especificaciones que no están siendo desarrolladas o no entran en el ámbito del resto de organismos.

El concepto básico promovido por el MEF son redes que interconectan LANs de empresas geográficamente dispersas. Esto es debido a que Ethernet tiene la capacidad de incrementar la capacidad de la red desde un punto de vista costo efectivo, y de ofrecer un amplio rango de servicios de forma escalable, simple y flexible.

En definitiva, lo que pretende el MEF es ofrecer redes metropolitanas basadas en la tecnología Ethernet pero con calidad de operador, para lo que ha definido cinco atributos, en torno a los que se ha trabajado y desarrollado las normas necesarias para garantizar los servicios Ethernet.

#### **1.4.1 Atributos de Carrier Ethernet**

Los atributos de un Carrier Ethernet (figura 1.1) según el MEF son:

- Estandarización de servicios
- Escalabilidad
- Confiabilidad
- Gestión de Servicios
- Calidad de Servicio

##### **a). Estandarización de Servicios**

Si bien los proveedores de servicio están observando un sustancial crecimiento en potenciales servicios Ethernet, las líneas dedicadas o arrendadas existentes son todavía una

importante fuente de ingresos para ellos, por lo que tendrán que ser capaces de mantener este servicio e interactuar con ellos mientras migran a una Red Portadora Metro Ethernet.

Los fabricantes de los equipos de redes, tienen el desafío de agregar las funcionalidades Ethernet a nivel de portador, sin perder la excelente relación costo-beneficio que desde un principio hizo atractiva a Ethernet.



**Figura 1.1** Atributos de un Carrier Ethernet según el MEF

**b). Escalabilidad**

Los proveedores requieren que la red escale hasta soportar 100.000 usuarios, enfocados a servir áreas metropolitanas y regionales.

**c). Confiabilidad**

Esto implica la fiabilidad y resistencia que la red pueda ofrecer, que provea una disponibilidad del 99,999% tal como se lo hace actualmente. Una de las herramientas de referencia para buscar estas metas ha sido el logro de SONET (Synchronous Optical Network, Red Óptica Sincrónica) / SDH al proporcionar capacidades de recuperación de enlace de 50 ms, así como los mecanismos de protección contra fallas en nodos y enlaces extremo a extremo.

**d). Gestión de Servicios**

Los proveedores de servicio requieren desarrollar sistemas de administración de redes y servicios, de forma que mediante una rápida configuración la red pueda soportar nuevas prestaciones.

Además, del mismo modo que es importante mantener los servicios del cliente en funcionamiento, los proveedores deben ser capaces de demostrar que efectivamente se ha cumplido con ello.

Normalmente esto se mide con los SLAs (Service Level Agreements), que son los acuerdos de nivel de servicio planteados entre el cliente y el operador, quien debe mantener estas mediciones de rendimiento como herramientas de respaldo ante cualquier tipo de reclamo.

Si ocurriere un fallo, el proveedor tiene que contar con funcionalidades de revisión de fallas para localizar el problema, identificar qué servicios han sido impactados y así reaccionar adecuadamente.

#### **e). Calidad de Servicio**

Los proveedores de servicios deben ser capaces de ofrecer a sus clientes los niveles de servicio adecuados para cumplir con los requerimientos de calidad de las aplicaciones actuales.

Los mecanismos convencionales de QoS proporcionan las funcionalidades para dar prioridad a los diferentes flujos de tráfico; pero el tener un estricto nivel de QoS asegurará que los parámetros de nivel de servicio se cumplan de manera garantizada a través de toda la red, permitiendo que los clientes cuenten con el desempeño determinista que reciben de los servicios de líneas dedicadas existentes.

Para mayor detalle sobre las especificaciones técnicas del MEF y los atributos y parámetros de los servicios Carrier Ethernet, revisar el anexo C del presente trabajo.

#### **1.5 Organismo de Estandarización: IEEE**

IEEE corresponde a las siglas de Institute of Electrical and Electronics Engineers, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, una asociación técnico- profesional mundial dedicada a la estandarización de áreas técnicas de ingeniería. Es la mayor asociación internacional sin fines de lucro formada por profesionales de las nuevas tecnologías, como ingenieros de telecomunicaciones, ingenieros electrónicos e ingenieros en informática.

Actualmente, el IEEE es el encargado de crear las normas pertinentes correspondientes a las especificaciones que se van desarrollando sobre Ethernet, debido a

esto trabaja en la definición normalizada de la conectividad y las interfaces necesarias para construir redes de área metropolitana y de área extendida.

Dentro del desarrollo del presente proyecto se hará uso de varias normas dadas por este organismo, debido a esto se procederá a realizar un estudio de los principales estándares para Redes Metro Ethernet. Previamente es importante que se haga una retrospectiva sobre las normas dadas por este organismo de estandarización para la tecnología Ethernet, para así poder analizar su evolución y realizar una comparación con los estándares que surgieron posteriormente.

En febrero de 1980 se formó en el IEEE un comité de redes locales con la intención de estandarizar un sistema de 1 o 2 Mbps, que básicamente era Ethernet, al que se le asignó el número 802. Decidieron estandarizar el nivel físico, el de enlace y superiores. Dividieron el nivel de enlace en dos subniveles: el de enlace lógico, encargado de la lógica de reenvíos, control de flujo y comprobación de errores, y el subnivel de acceso al medio, encargado de arbitrar los conflictos de acceso simultáneo a la red por parte de las estaciones.

El comité IEEE 802 estudia los estándares que actúan sobre redes de ordenadores, concretamente y según su propia definición sobre redes de área local y redes de área metropolitana.

### **1.5.1 Estándar IEEE 802.3 (Ethernet)**

El estándar Ethernet (la red del éter) fue desarrollado originalmente por Digital, Intel y Xerox por lo cual, la especificación original se conoce como Ethernet DIX. Posteriormente fue adoptada para su estandarización por el comité de redes locales (LAN) de la IEEE como IEEE 802.3 y fue publicado por primera vez en 1985.

Si se considera la normalización, el estándar tiene unas 3.000 páginas, pero si se busca lo esencial, Ethernet es el formato de transporte de información más sencillo que puede existir: una trama con la dirección de destino, la dirección de origen, la longitud del mensaje y los datos.

Puede funcionar sobre cualquier medio físico, con fibras ópticas hasta 100 Gigabits por segundo (100.000 millones de bits por segundo), récord de velocidad en redes, habiéndose demostrado su funcionamiento a través de un enlace de 4.000 kilómetros. Sobre cables de cobre está aprobada la norma de 10 Gigabits por segundo, y existen sistemas para transmitir Ethernet sobre pares telefónicos, cables de energía eléctrica (PLC o Power Line Cord) e inalámbricos (WiFi, WiMAX).

Ethernet continuó su evolución en respuesta a los cambios en tecnología y necesidades de los usuarios, actualmente se ha consolidado como el estándar predominante en las redes LAN de ámbito empresarial y metropolitano, siendo su estructura el punto de partida para la creación de nuevos estándares que permitieron que Ethernet pase de usar un medio compartido a ser punto a punto y desde rango LAN a distancias de rango WAN.

Con respecto a las funciones, el desarrollo tecnológico de los conmutadores ha incorporado diversas funcionalidades a la simple conmutación. Desde el punto de vista del estándar, el formato de la trama Ethernet estándar se ha extendido respecto al inicial, habiéndose incorporado el etiquetado VLAN.

Ethernet se compone de un direccionamiento en capa 2 donde se identifican las direcciones físicas de origen y de destino, que encapsulan los datos del protocolo transportado bajo una encapsulación. A continuación se muestra la tabla 1.2 donde se aprecia el formato de la tabla Ethernet.

**Tabla 1.2** Formato de la tabla Ethernet

Preámbulo	SOF	Dirección de destino MAC (DA)	Dirección de origen MAC (SA)	Tipo de Trama (Ethertype)	Datos (Payload)	FCS
(7 bytes)	(1 bytes)	(6 bytes)	(6 bytes)	(2 bytes)	(46-1500 bytes)	(4 bytes)

Para mayor detalle sobre los estándares IEEE en base a Ethernet, revisar el anexo D del presente trabajo.

## **CAPITULO II**

### **DESCRIPCION DEL PROBLEMA**

#### **2.1 Introducción**

Las redes Metro Ethernet vienen siendo usadas por los operadores de telecomunicaciones como principal sistema de comunicación por las ventajas que brinda: bajo coste, configuración rápida bajo demanda, fácil interconexión entre redes, tecnología fácil de aprender, entre otras características, ofrecen a los operadores una solución de crecimiento rápida y eficaz, limitada en casi todos los casos solo por temas de infraestructura y planta externa.

Al tener un tiempo de implementación relativamente rápida y una operación fácil de llevar, comparado con otro tipo de tecnologías, algunos operadores toman a la redes Metro Ethernet como un activo de la empresa económico y rentable a corto plazo. Por ejemplo, al comprar un mínimo de cuatro Switches con las mismas características invirtiendo 10 mil dólares, se pueden conectar formando un anillo y en primera instancia una potencial red Metro Ethernet; estos Switches son mucho más económicos que poner cuatro ADMs para servicios SDH en esos cuatro nodos, que pueden costar alrededor de 25 mil dólares. Es más rentable todavía si la red Metro Ethernet tiene un solo tipo de equipamiento en toda la red y usa la mínima cantidad de protocolo soportados; esta acción reduce al máximo la operación y el mantenimiento de la red, reduciendo aún más los costos del operador.

La explosión de las telecomunicaciones y en especial de las tecnologías de información, ha generado una alta demanda en el acceso a internet y transporte de datos entre clientes y proveedores de servicios. Esta demanda viene con muchos escenarios de red, variables de comunicación, flexibilidad de acceso e interconexión entre los clientes y los operadores. Por tal motivo, los operadores tienen que afrontar esta demanda mejorando todos sus sistemas de comunicación, entre ellas se incluye las redes Metro Ethernet. Es en este punto donde el proveedor de servicios tiene la necesidad de repotenciar la red Metro

Ethernet, ya que en su estado actual, no tiene la capacidad de atender los servicios requeridos por los clientes. En muchos de los casos los clientes actuales no tienen forma de crecer debido a la configuración actual de su servicio y peor aún nuevos clientes no pueden ser dados de alta debido a la incapacidad de la red de soporte de ancho de banda, forma de interconexión, calidad de servicio, entre muchos otros aspectos que ponen deficiente a la red Metro Ethernet.

El presente trabajo se enfoca en la repotenciación de la red Metro Ethernet a un nivel superior, considerando nuevas herramientas tecnológicas, protocolos de comunicación más robustos y recomendaciones de las entidades que rigen a las redes Metro y Carrier Ethernet.

## **2.2 Formulación del problema**

La red Metro Ethernet actual del proveedor de servicios enfrenta diversos problemas (que serán tratados en la sección de limitaciones), estar a la par con las necesidades de los clientes y los nuevos servicios que salen día a día, utilizando nuevos protocolos, nuevas formas de comunicación y acceso, requieren que la red Metro Ethernet tenga la capacidad de acceso y crecimiento necesaria en todos los aspectos.

El problema está en que actualmente no cuenta con esa capacidad, tiene muchas limitaciones generadas por su disposición topológica y el equipamiento usado. Esas variables no permiten un crecimiento sostenible para soportar el ancho de banda necesario, las troncales de la red son insuficientes y el equipamiento no cuenta con el procesamiento requerido.

Podríamos considerar como problema la flexibilidad de la red en recibir nuevos protocolos y nuevas formas de interconexión, con calidad de servicio y confiabilidad de red. El proveedor tiene una forma muy básica de provisión para la implementación de servicios, la cual limita en muchos aspectos los servicios que puede soportar.

El problema radica en la falta de recursos físicos y lógicos que tiene la red Metro Ethernet actual. Se atacará el problema identificando las limitaciones de la red, condicionando la resolución del problema a resolver estas limitantes.

## **2.3 Limitaciones**

Para entender el problema actual del proveedor de servicios en la red Metro Ethernet, es importante identificar sus limitaciones. El análisis de las limitaciones permitirá enfocarnos en soluciones puntuales y objetivas en cada ámbito a mejorar en la red. Vamos a dividir las limitaciones del proveedor en dos grupos:

- Limitaciones lógicas. Referidas a herramientas de provisión, protocolos soportados, calidad de servicio y mecanismo de protección.
- Limitaciones físicas. Referidas al equipamiento usado, capacidad troncal y topologías de red usadas.
- Limitaciones externas. Referidas a las condiciones del proveedor, equipamiento utilizado, infraestructura.

## **2.4 Limitaciones Lógicas**

Las limitaciones lógicas de la red son las siguientes:

### **2.4.1 Cantidad de VLANs**

La red Metro Ethernet actual del proveedor de servicios maneja un solo dominio de VLANs, esto quiere decir que puede diferenciar el tráfico de los clientes en un máximo de 4096 VLANs, que es la cantidad máxima de VLANs en un solo dominio, a través del protocolo IEEE 802.1Q.

Aunque esta cantidad de VLANs es considerable para redes Metro Ethernet pequeñas y medianas, no es una cantidad suficiente para las redes de servicios Carrier Ethernet, debido a dos características importantes:

- Si un determinado servicio está usando la VLAN 100 por ejemplo, ningún otro servicio puede usar esa VLAN, debido a que se mezclarían los tráficos de ambos servicios originando problemas de convergencia, bucles de tráfico, duplicidad IP en caso haya coincidencia en capa 3, entre muchos otros problemas que se originan al juntar dos tipos de tráfico diferentes en un solo dominio de broadcast.
- El proveedor de servicios Carrier Ethernet necesita una cantidad mayor a 4096 VLANs de servicio. Si el proveedor de servicios tiene un cliente corporativo, es probable que ese cliente use una VLAN para cada tipo de servicio: datos, voz, internet, Datacenter, Cloud, IPTV, etc. Pero si el proveedor de servicios tiene como cliente otro proveedor de servicios, es probable que ese cliente maneje cantidades considerables de VLANs, que no necesariamente el operador tiene que saberlas. Estos factores ameritan el uso de mucho más de 4096 VLANs de servicio.

Teniendo estas características, es importante señalar que la cantidad de VLANs disponibles es un punto a mejorar en la nueva implementación de la red Carrier Ethernet.

### **2.4.2 Flexibilidad de VLANs**

Como se menciona en el apartado anterior, la red Metro Ethernet actual del proveedor de servicios maneja un solo dominio de VLANs, teniendo disponible solo 4096.

Cuando entra un cliente a la red Metro Ethernet enviando su tráfico sin etiqueta de VLAN, es fácil para el proveedor de servicios asignarle un VLAN disponible y transportarla sobre la red, pero cuando el cliente comparte su tráfico con una VLAN etiquetada empiezan los problemas. El proveedor de servicios tiene que verificar que la VLAN compartida por el cliente no se repita en su red, si se repite lo que hace el proveedor de servicios actualmente es hacer una consulta al cliente para que pueda cambiar su VLAN ya que el proveedor no la puede soportar. Este escenario limita la versatilidad de los servicios ofrecidos por el proveedor, y se complica mucho más cuando el cliente desea servicios de capa 2 u otro proveedor de servicios.

Se puede concluir que el proveedor de servicios no tiene la capacidad de administrar las VLANs de los clientes, como hacer una traslación de VLANs, quitar la VLAN de un tráfico específico, diferenciar VLANs y agruparlas en otras VLANs de servicio, entre muchas otras variables disponibles en una red Carrier Ethernet.

### **2.4.3 Calidad de servicio**

La calidad de servicio que ofrece el proveedor de servicios en la red Metro Ethernet se resume solo a limitar el ancho de banda de entrada y salida por puerto, es decir, no existe diferenciación de tráfico, solo una acotación del canal. Esta limitante es muy crítica para el proveedor de servicios, debido a que solo es aplicable cuando el cliente pasa un tipo de tráfico. Cuando el cliente contrata un servicio diferenciando el tráfico para internet y voz, de 20Mbps y 10Mbps respectivamente, por ejemplo, lo que hace el proveedor de servicios es permitir ambos servicios sobre el puerto del cliente, limitando el ancho de banda a un total de 30Mbps; al ejecutar esta limitación de ancho de banda, los paquetes entran en libre competencia, pudiendo utilizar el tráfico permitido de manera uniforme (15Mbps de internet y 15Mbps de voz), y lo más crítico, al no haber una marcación de paquetes, en momentos de saturación la pérdida de paquetes también es uniforme, lo que ocasiona una deficiencia importante en el servicio de voz, que es más susceptible a pérdidas que el servicio de internet.

El proveedor de servicios se limita a respetar el marcado de paquetes proveniente de otras redes. Cuando se trata de un servicio de capa 3, donde el objetivo de los clientes es conectarse al backbone IP/MPLS del proveedor de servicios, el marcado se hace tanto en el Router PE como en el Router CPE. Pasa lo mismo en el caso de interconexión con otros operadores, se respeta el marcado. Pero cuando es un servicio de capa 2 empiezan los problemas, como el mostrado en el ejemplo anterior.

#### **2.4.4 Protocolos tunelizados**

Cuando un cliente del proveedor de servicios requiere algún tipo de redundancia de capa 2, lo que hace actualmente el operador es hacer conversar protocolos de capa 2 entre los equipos de la red Metro Ethernet y el cliente directamente, como es el caso de STP para protección de bucles o LACP para formar agregaciones de enlace, por ejemplo; cualquier otro protocolo de capa 2 que no está permitido usar en la red Metro Ethernet del operador, no se puede ofrecer al cliente. Esta operación es muy riesgosa debido a que si el cliente tiene algún tipo de problema de tormenta de broadcast o inconsistencia en su red, puede afectar al operador enormemente.

A diferencia de los protocolos de capa 3 que trabajan sobre paquetes y pueden ser transportados sobre la red Metro Ethernet sin problemas, los protocolos de capa 2 tienen significancia local, esto quiere decir que si el equipo del cliente desea hablar algún tipo de protocolo de capa 2, debe ser entendido por el equipo Metro Ethernet adyacente al cliente, compartiendo ambos el mismo estado del protocolo. Para evitar esto, lo que se recomienda es que el proveedor tenga la capacidad de transmitir estos protocolos entre los equipos del cliente a través de una tunelización. La imposibilidad del proveedor de tunelizar estos tipos de protocolos limitan la versatilidad de las soluciones disponibles para los clientes.

#### **2.4.5 Protección en capa 2**

Los protocolos de protección usados por el proveedor de servicios son Spanning Tree Protocol (STP) para evitar bucles en la red Metro Ethernet, y Link Aggregation Control Protocol (LACP) para agregaciones de enlace entre dos equipos. Aunque en su momento fueron grandes actores en la operación de las redes Metro Ethernet, hoy en día existen protocolos con una mayor convergencia y funcionalidad.

En el caso de STP, es un protocolo que trabaja en toda la red, troncales y clientes, y tiene muchas deficiencias en el tiempo de convergencia (tiempos de 15 segundos para el proveedor), envío innecesario de tramas entre los equipos, y fallas constantes en la red. Para un operador de servicios de nivel Carrier Ethernet, la protección en capa 2 para bucles debe ser orientado a troncales principalmente, con tiempos de convergencia de entre 50 a 250ms, dando prioridad a otro tipo de protocolos para protección de clientes, como control de broadcast o multicast, aislamiento de tráfico, baja de puertos ante presencia de bucles, entre otros.

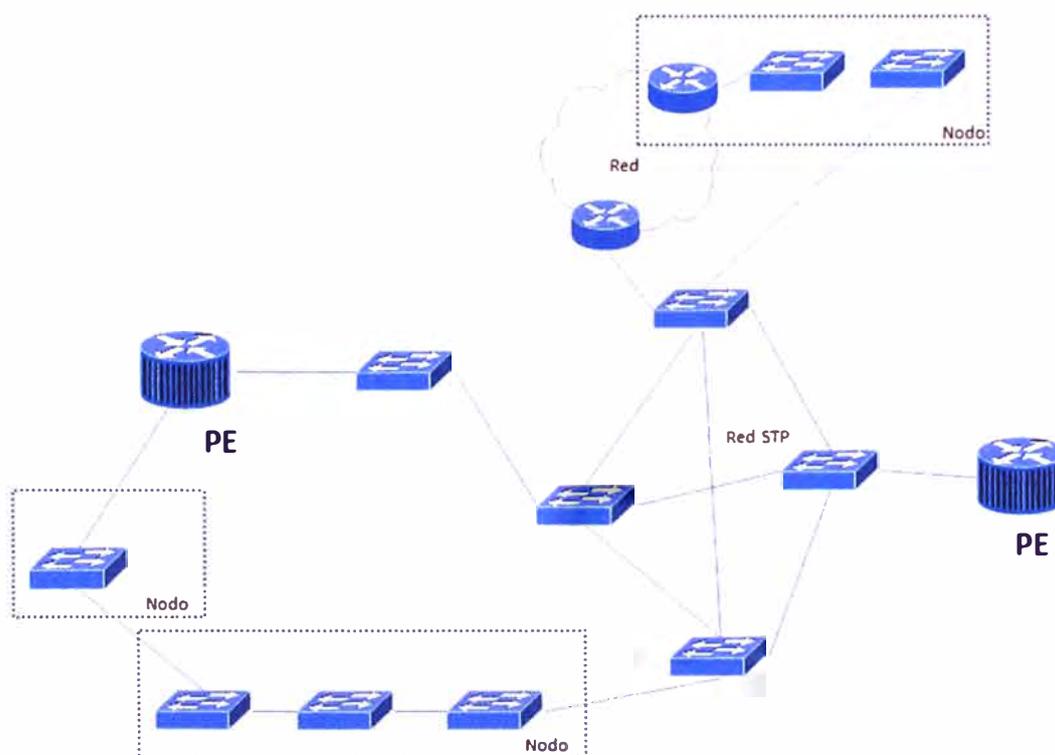
### **2.5 Limitaciones Físicas**

Las limitaciones físicas de la red son las siguientes:

### 2.5.1 Topología de la red

La topología actual de la red es la principal limitante del proveedor de servicios. El crecimiento de la red se dio de una manera desordenada, instalando y conectando Switches y nodos sin ningún criterio de implementación o diseño que pueda soportar la red a mediano o largo plazo. En algunos casos la implementación se dio sin un diseño redundante de conexión y sin ningún plan de jerarquía de red. Esto provocó en muchas ocasiones saturación de enlaces que tenían poca capacidad, o que no tenían relevancia en la red, y principalmente caídas de nodos en la cual no había un diseño de redundancia.

En la figura 2.1 se muestra la red con los principales elementos que limitan el desempeño y el crecimiento de la red.



**Figura 2.1** Red Metro Ethernet, estado actual en tramos

De la figura 2.1 se puede obtener varias limitantes:

- La red troncal está respaldada por STP, y no en topología anillo, sino en topología de malla. Aunque en algunos casos la topología de malla tiene muchas ventajas cuando se trata de conexiones redundantes, esta topología trae muchas complicaciones en la provisión y convergencia de la red, especialmente en topologías de capa 2. El respaldo en STP trae tiempos de convergencia altos.
- Los nodos no se encuentran respaldados, si sucede alguna caída en el enlace principal, se pierde el nodo. Si bien es cierto en algunos nodos existe una conexión

adicional, no están respaldados en capa 2, simplemente manejan VLANs diferentes separando de esa manera el tráfico y evitando los bucles, pero ante una caída no hay función de respaldo.

- No existe un nivel jerárquico de implementación. Cualquier Switch puede tener cualquier puerto troncal, indiferentemente de su ubicación en la red. Es aquí donde se producen problemas de saturación en enlaces y puertos troncales no aptos.
- No hay un respaldo hacia los Routers de backbone. Esta parte es crítica ya que una de las funciones principales de la red Metro Ethernet es dirigir el tráfico ya sea de datos o internet a los Routers de Backbone, si no hay una contingencia prudente, una caída de este enlace puede ocasionar la inoperatividad de casi toda la red.

### 2.5.2 Equipamiento

El equipamiento actual de la red Metro Ethernet del proveedor de servicios consta de dos líneas de Switches de una marca determinada, diferenciadas por el tipo de puerto: Switches de 24 puertos eléctricos FastEthernet y de 24 puertos eléctricos Gigabit Ethernet. Los Switches con puertos GigabitEthernet están destinados para las conexiones hacia los Routers de Backbone y conexiones troncales hacia otros Switches dentro de un nodo, en cambio los Switches con puertos FastEthernet están destinados para clientes y troncales de poca capacidad. Adicionalmente a los puertos eléctricos, estos Switches tienen de 2 a 4 puertos ópticos GigabitEthernet para conexiones troncales que usen fibra óptica. Los clientes que necesiten fibra óptica de última milla tendrán que ser habilitados con equipos conversores eléctrico/óptico dentro de los nodos.

Los Switches tienen casi en su totalidad una sola fuente de alimentación en corriente continua. También existen Switches con una sola fuente de alimentación alterna, pero solo son utilizados en nodos donde el proveedor de servicios no tiene la capacidad de brindar corriente eléctrica continua. En cuanto a otras especificaciones de hardware solo tienen una procesadora, un panel de distribución y una placa madre. Una vez descrito a grandes rasgos el equipamiento actual, se puede mencionar las siguientes limitantes:

- **Diversidad.** No todos los nodos del proveedor son iguales, un nodo de acceso que en la cual se conecten radios punto a punto no puede tener el mismo equipamiento que un nodo central donde se conecten los Routers de Backbone. El proveedor no cuenta con una diversidad de Switches salvo de dos tipos descritos anteriormente, pero no son suficientes. Se deben de tener Switches que puedan soportar diferentes capacidades de procesamiento, ancho de banda, puertos eléctricos u ópticos.

- **Redundancia.** Como mínimo todos los Switches deberían tener dos fuentes redundantes, independientemente del tipo de alimentación eléctrica: la redundancia no tan solo se debe dar en las conexiones troncales, sino también en el equipamiento. Si una fuente empieza a tener problemas o la regleta de energía que está conectada a una fuente pierde conexión, no tendríamos problemas por la parte eléctrica. Los Switches principales adicionalmente a la redundancia de fuentes, también deben de tener redundancia de ventiladores, procesadoras, placas de distribución, placas de memoria, etc.

### 2.5.3 Ancho de Banda

El ancho de banda actual del proveedor de servicios llega a un máximo de 1Gbps en las troncales principales. Esta es una limitante para los nuevos negocios, debido a que el requerimiento actual de ancho de banda va en crecimiento constante. Si un cliente es otro operador de servicios, puede contratar al proveedor fácilmente capacidades altas, consumiendo todo el ancho de banda disponible en las troncales, un solo cliente. Aunque dar a un cliente un ancho de banda que supere el 30% o el 50% de la capacidad troncal no es recomendable en las redes compartidas, en ocasiones es la única opción de brindar el servicio; por ende, si la capacidad troncal fuera de 10Gbps, el tráfico ofrecido no superaría el 10% de la capacidad y sería factible ofrecer el servicio sin complicar a otros clientes.

### 2.6 Limitaciones externas

Las limitaciones externas son referidas a la capacidad de proveedor de servicios en repotenciar la red Metro Ethernet, estas limitantes no son analizadas en el presente informe de suficiencia. Podemos distinguir las siguientes limitaciones:

- La cantidad máxima de ancho de banda a considerar por el proveedor es de 10Gbps. Aunque más adelante se asientan las bases para una implementación de red que podría aplicar perfectamente para troncales, anillo y segmentos de 100Gbps, no son soportadas por el proveedor.
- En muchos casos el proveedor de servicios usa una red tercera para la interconexión de las redes Carrier Ethernet. Esta red tercera puede ser una red IP/MPLS a través de EoMPLS o VPLS, SDH a través de EoSDH, DWDM a través de la multiplexación de lambdas de 10Gbps, u otro proveedor de servicios en una conexión ENNI. Esta opción se entiende como limitante ya que no depende de la red en sí misma para su operación, requiere de otro tipo de mantenimiento, equipamiento ajeno a las soluciones propuestas en este informe.

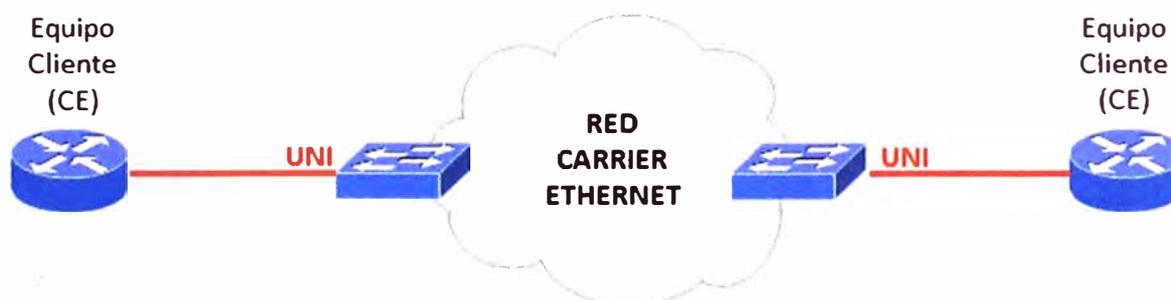
## CAPITULO III

### DESARROLLO DE LA PROPUESTA

#### 3.1 Introducción

En base a las necesidades del mercado, se tienen que aplicar propuestas bajo las recomendaciones del MEF y IEEE. Estas propuestas son aceptadas para las buenas prácticas en redes Metro y Carrier Ethernet. Para tener una propuesta concreta, se establece un modelo de red Carrier Ethernet que definen conexiones virtuales basadas en Ethernet, con dos criterios bien definidos de segmentación de servicios, VLAN de servicios y VLAN de clientes. Adicionalmente a ello, la propuesta define una serie de servicios Carrier Ethernet por tipo de conexión, si es punto a punto o punto multipunto y modo de uso de las VLANs disponibles.

En este capítulo también se dan otras propuestas que acompañan el modelo Carrier Ethernet y sus servicios, como son el modo de protección en capa 2, definiciones en calidad de servicio y protocolos tunelizados.



**Figura 3.1** Modelo de Red Metro Ethernet

#### 3.2 Modelo Carrier Ethernet

Para los servicios Ethernet, el MEF define un conjunto de atributos y parámetros que describen los servicios y acuerdos de nivel de Servicio (SLA) entre el Carrier Ethernet y sus usuarios.

El trabajo se basa en el modelo de red básico de servicios Carrier Ethernet, compuesto por una Red Metropolitana Ethernet, infraestructura perteneciente a un proveedor de servicios, a la cual los usuarios acceden mediante sus propios equipos: CEs

(Customer Equipments o equipo del cliente). Un CE puede ser un Router, o Switch IEEE 802.1Q que se conectan a la red través de UNIs.

La UNI es la interfaz estándar Ethernet, que define el punto de demarcación entre el equipo del cliente y la red del proveedor de servicio Ethernet (ver figura 3.1).

### **3.2.1 EVC (Ethernet Virtual Connection)**

Un EVC es la asociación entre una o más interfaces UNIs. En otras palabras, un EVC es un túnel lógico que conecta dos nodos (P2P - Point to Point) o múltiples nodos (MP2MP – Multipoint to Multipoint).

Es un túnel virtual que proporciona al usuario servicios de extremo a extremo atravesando múltiples redes MEN. Un EVC tiene dos funciones:

- Conectar dos o más sitios (UNIs) habilitando la transferencia de tramas Ethernet entre ellos.
- Impedir la transferencia de datos entre usuarios que no son parte del mismo EVC; y así permitir tener privacidad y seguridad, de forma similar a los Circuitos Virtuales Permanentes (PVC) de Frame Relay y ATM.

Se suele decir que los UNIs “pertenecen a un EVC”. Un UNI dado puede soportar más de un EVC, mediante la Multiplexación de Servicios. Un EVC siempre es bi-direccional en el sentido que las tramas pueden originarse en cualquier extremo (UNI) del EVC.

Un EVC puede ser usado para construir VPN (Virtual Private Network) de nivel 2. El MEF ha definido dos tipos de EVC:

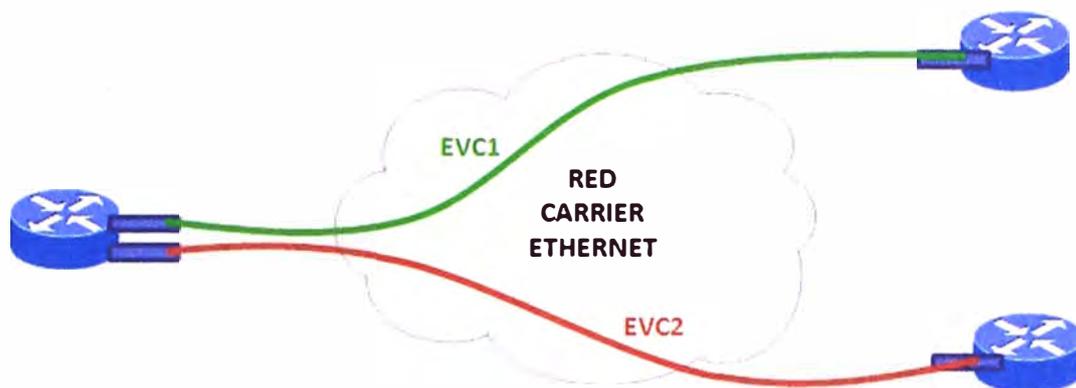
- Punto a Punto (E-Line)
- Multipunto a Multipunto (E-LAN)

A continuación una breve descripción de los tipos de EVC:

#### **a). EVC Punto a Punto: E-LINE**

El servicio E-Line proporciona un EVC punto a punto entre dos interfaces UNI. Esta asociación dependerá del tipo de servicio a entregarse entre ambos puntos (ver figura 3.2).

Dentro del tipo de servicio E-Line se incluye una amplia gama de servicios. El más sencillo consistente en un ancho de banda simétrico, no comprometido, para transmisión de datos en ambas direcciones, mientras que un servicio más sofisticado sería, por ejemplo, una línea E-Line, que ofrezca velocidades y retardos máximos asegurados entre las dos interfaces UNI.

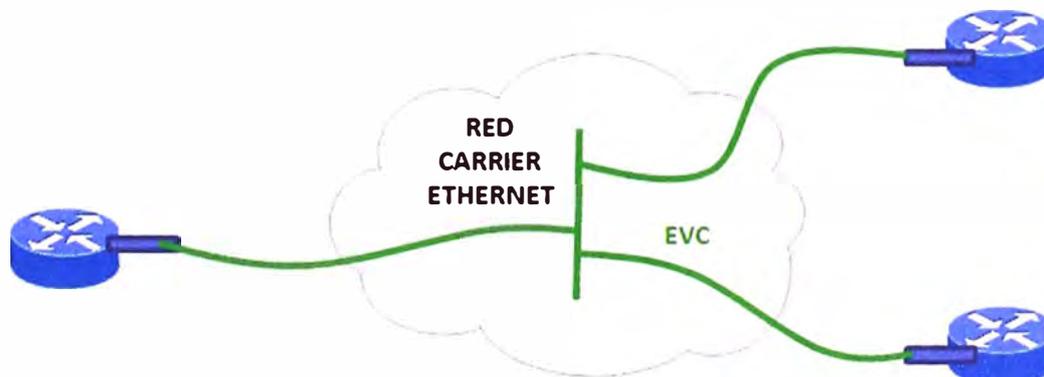


**Figura 3.2** EVCs Punto a Punto

### b). EVC Multipunto a Multipunto: E-LAN

El tipo de servicio E-LAN proporciona conectividad multipunto a multipunto. Conecta dos o más interfaces UNI. Los datos enviados desde un UNI llegarán a uno o más UNI destino. Cada uno de ellos está conectado a un EVC multipunto (ver figura 3.3).

A medida que va creciendo la red y se van añadiendo más interfaces UNI, éstos se conectarán al mismo EVC multipunto, simplificando enormemente la configuración de la misma. Desde el punto de vista del usuario, la E-LAN se comporta como una LAN.



**Figura 3.3** EVC Multipunto a Multipunto

#### 3.2.2 S-VLAN (Service VLAN)

Como está especificado en el estándar IEEE 802.1q, los identificadores de VLAN de 12 bits habilitan la construcción de un máximo de 4096 distintas VLANs. Sin embargo, en un ambiente aplicado a la red Carrier Ethernet, este límite de VLANs es inadecuado. Una Service VLAN o VLAN de servicio (S-VLAN) provee una estructura etiquetada de dos niveles de VLANs, la cual extiende el espacio de VLAN ID a más de 16 millones. Este esquema está soportado por el estándar IEEE 802.1ad (QinQ).

Dentro de la red Carrier Ethernet del proveedor de servicios, la S-VLAN puede ser usada para identificar un grupo de servicios de un cliente en particular, o para agrupar un tipo de servicio del proveedor, como por ejemplo servicios de datos o de internet. Puede existir un S-VLAN que agrupe los servicios de internet de una cierta zona, siendo diferenciadas por una única C-VLAN (Customer VLAN o VLAN de cliente) que especifique a cada cliente puntualmente. La flexibilidad que de usar una S-VLAN sobre un grupo de C-VLAN, nos permite crear una estructura de dominio de VLAN por cada S-VLAN, siendo capaces de tener hasta 4094 servicios en un solo dominio.

Cuando este esquema es aplicado para dar servicios a un cliente que también es Carrier, se aplican usualmente dos tags o etiquetas. La función del primer tag (S-VLAN) es la que identifica a los clientes del proveedor de servicios, en este caso al Carrier; luego, esta S-VLAN tendrá presencia en la red del proveedor en todos los puntos donde se requiera, extendiendo el dominio del cliente Carrier.

La función de un segundo tag (C-VLAN) es identificar a los clientes del Carrier, que a su vez es cliente del proveedor. En conclusión, tanto el proveedor el proveedor de servicios como sus clientes tienen la versatilidad de ofrecer sus servicios diferenciando el tráfico de cada uno de sus clientes a través de los tags, formando esquemas jerárquicos de S-VLAN y C-VLAN.

Cabe la posibilidad de usar un triple tag, cuando nuestro cliente también usa el esquema de “Innertag/Outertag”, comprometiendo dos etiquetas. Cuando recibimos este tipo de tráfico con dos etiquetas, diferenciamos el servicio del cliente en particular agregando un S-VLAN al esquema, formando e triple tag. Este tipo de servicio de analiza en la sección siguiente.

### **3.2.3 C-VLAN (Customer VLAN)**

Bajo el esquema IEEE 802.1q, las tramas Ethernet se encapsulan en etiquetas de 12 bits, asumiendo un VLAN ID. Para nuestro escenario de brindar servicios Carrier Ethernet, estas etiquetas de primer nivel serán denominadas como C-VLAN.

Las C-VLAN representan a un cliente puntualmente con una etiqueta. El proveedor de servicios sabrá cuando usar estas C-VLAN siempre y cuando estén en un dominio de S-VLAN compartido por el proveedor de servicios.

Para el caso de estar en una S-VLAN definida para clientes, el proveedor de servicios no podría tener injerencia en la utilización de las C-VLANs de sus clientes, a menos que la distribución de las C-VLANs sea de mutuo acuerdo.

### 3.3 Servicios Carrier Ethernet

En la presente sección se detalla los servicios definidos dentro de las redes Carrier Ethernet con las consideraciones respectivas. Las diferencias radican en el modo de operación del puerto de demarcación del CPE.

Como consideración general, los diagramas de conexión estarán acotados a alguno de los siguientes casos:

- Caso “A”: punto a punto o E-LINE, tráfico sin VLAN específica.
- Caso “B”: punto a punto o E-LINE, tráfico sin VLAN en un extremo, terminando en una VLAN en el otro extremo.
- Caso “C”: punto a punto o E-LINE, tráfico con VLAN en ambos extremos.
- Caso “D”: punto a multipunto o E-Tree, donde cada sucursal remota termina con tráfico sin VLAN específica, y el nodo concentrador o E-NNI, terminando en n-VLANs.
- Caso “E”: punto a multipunto o E-Tree, donde cada sucursal remota termina con tráfico en una VLAN específica, y en el nodo concentrador o E-NNI, terminando en n-VLANs correspondientes a las de cada terminal.
- Caso “F”: multipunto o E-LAN, donde cada sucursal termina en tráfico sin VLAN específica.
- Caso “G”: multipunto o E-LAN, donde cada sucursal termina en tráfico con VLAN específica.

Los detalles de configuración se detallan en los siguientes apartados:

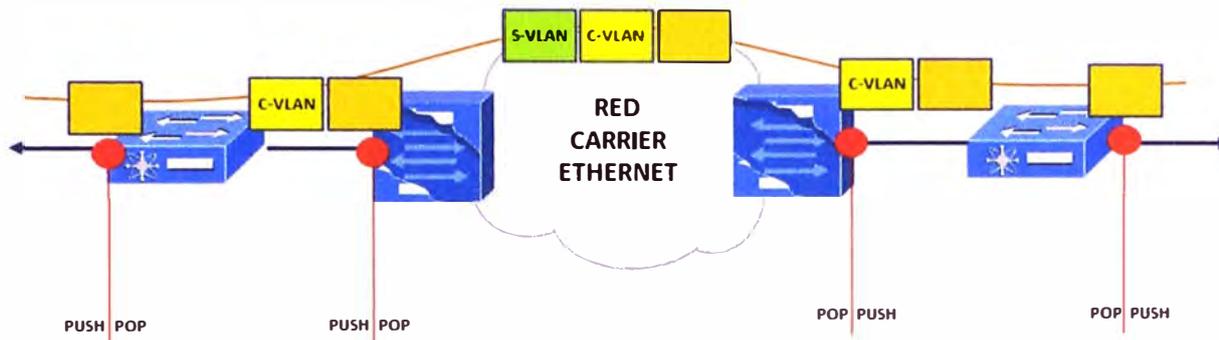
#### 3.3.1 Punto a Punto (E-Line)

El esquema punto a punto define la conexión entre dos UNIs de extremo a extremo. Tener en cuenta que para todos los casos, los servicios punto a punto, en términos de acuerdo de niveles de servicio, facturación y documentación, el proveedor de servicios debe de considerar el circuito como un servicio extremo a extremo, y que involucra a ambas sucursales. Las 2 sucursales no se deben considerar como 2 servicios, sino como un servicio independiente de dos terminales.

Los casos posibles son los A, B y C:

##### a). CASO A

En la figura 3.4 sobre los servicios punto a punto e-line, con tráfico sin VLAN específica.



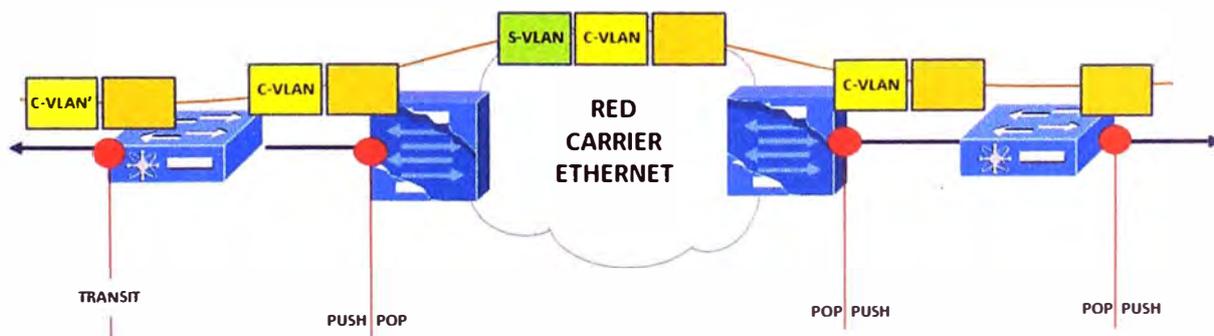
**Figura 3.4** Punto a punto o e-line, tráfico sin VLAN específica.

Las características de este caso son las siguientes:

- El tráfico del cliente no tiene un VLAN-ID, el tráfico untag (sin tag o etiqueta) será encapsulado en una Customer VLAN (C-VLAN o VLAN de cliente) y transportado en una Service VLAN (S-VLAN o VLAN de servicio). El puerto de entrada del equipo CPE hará un push (acto en la cual se le agrega una etiqueta a la trama Ethernet) del tráfico en una Customer VLAN para su transporte dentro de la red Carrier Ethernet. Al tráfico saliente se le efectuara un pop del VLAN-ID (C-VLAN) para entregarlo untag.
- El control de calidad estará basado en los valores IP de DSCP o TOS; los mismos serán convertidos a valores 802.1p en la C-VLAN.
- Se deberá dar un servicio por puerto. Para brindar más de un servicio por puerto, se tendrá que tratar como caso B ó C, y dar apertura de los mismos con un LAN Switch que soporte 802.1Q y 802.1p.

#### b). CASO B

En la figura 3.5 se muestra sobre los servicios punto a punto e-line, con tráfico sin VLAN en un extremo, terminando en una VLAN en el otro extremo.



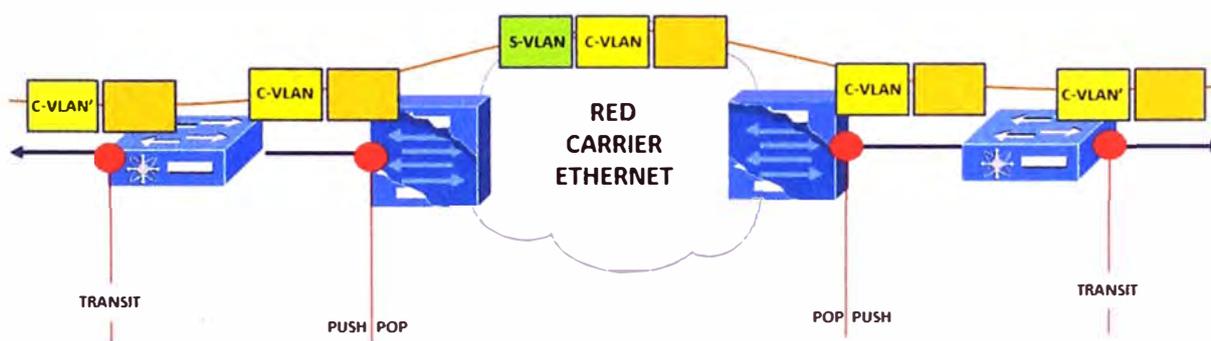
**Figura 3.5** Punto a punto o e-line, tráfico con VLAN en un extremo.

Las características de este caso son las siguientes:

- El tráfico del cliente en uno de los extremos tendrá un VLAN-ID definido, el cual deberá ser acordada entre el cliente y el proveedor de servicios. Todo tráfico fuera de este VLAN-ID será descartado. Si el VLAN-ID informado por el cliente entra en conflicto con el par C-VLAN/S-VLAN, se deberá realizar una VLAN Translation, es decir se reemplazara la VLAN del cliente por una C-VLAN haciendo un pop y se extraerá la VLAN en el extremo remoto haciendo un push.
- El control de calidad de servicio podrá ser basado en 802.1p en el extremo donde ingresa con una VLAN, en el otro extremo no podrá ser basado en 802.1p, en este caso el CPE deberá marcar el tráfico a nivel 2 (802.1p) tomando como referencia los valores IP de DSCP TOS.

### e). CASO C

A continuación se muestra la figura 3.6 sobre los servicios punto a punto e-line, con tráfico con VLAN en ambos extremos.



**Figura 3.6** Punto a punto o e-line, tráfico con VLAN en ambos extremos.

Las características de este caso son las siguientes:

- El tráfico del cliente tendrá una VLAN definida, la cual deberá ser acordada entre el cliente y el proveedor de servicios. Todo tráfico fuera de esta VLAN será descartado. Si la VLAN informada por el cliente entra en conflicto con el par C-VLAN/S-VLAN, se deberá realizar una VLAN Translation.
- El control de calidad de servicio podrá ser basado en 802.1p.

### 3.3.2 Punto a Multipunto (E-Tree)

Los servicios punto a Multipunto se dan cuando varios UNIs desean conectarse a un solo punto de interconexión, el cual es llamado como E-NNI. Esta conexión actúa como

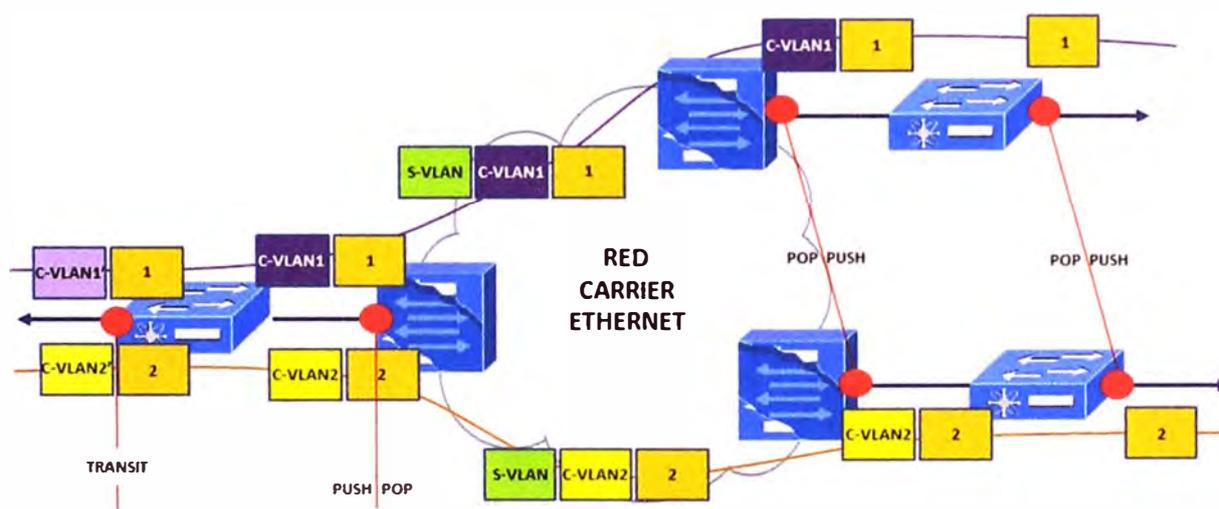
interface entre la red Carrier Ethernet y otra red fuera de su dominio, como el caso de la red IP/MPLS, o en su defecto una red de terceros, que brinda servicio Ethernet.

Tener en cuenta que para todos los casos, en términos de SLA, facturación y documentación, deberá considerarse como un servicio extremo a extremo, y que involucra a ambas sucursales. Las 2 sucursales no se deberán considerar como 2 servicios. Estos servicios punto a multipunto actúan como casos especiales de los servicios punto a punto.

Los casos posibles son los D y E:

#### a). CASO D

A continuación se muestra la figura 3.7 sobre los servicios punto a multipunto o E-Tree, donde cada sucursal remota termina con tráfico sin VLAN específica, y el nodo concentrador o E-NNI, terminando en n-VLANs.



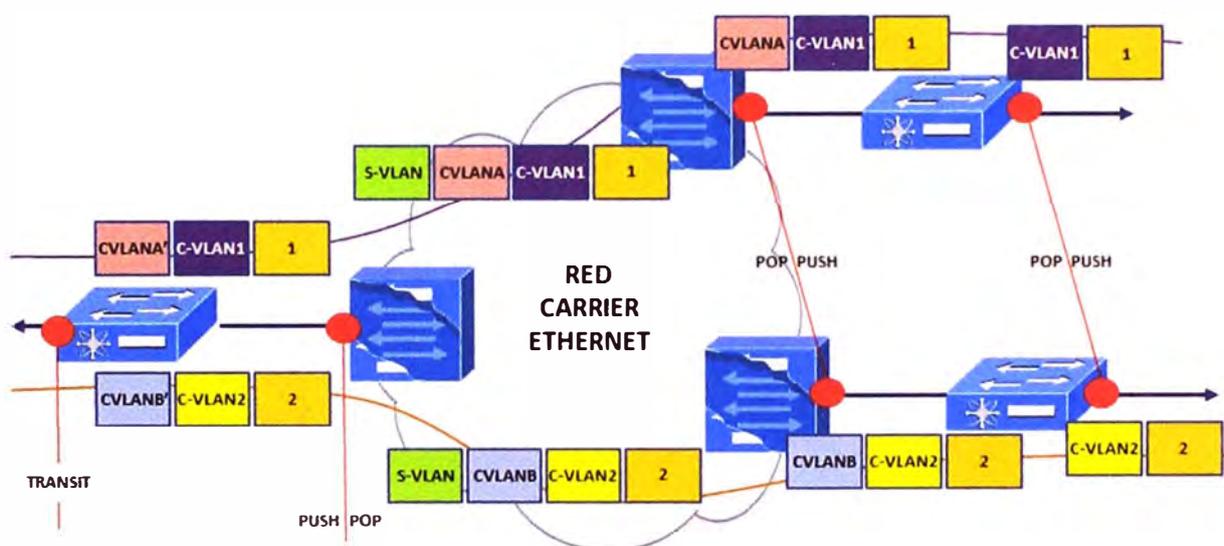
**Figura 3.7** Punto a multipunto o e-tree, tráfico sin VLAN en puertos UNI.

Las características de este caso son las siguientes:

- El tráfico del cliente en el extremo troncal, o del puerto E-NNI, tendrá una VLAN definida por cada servicio, la cual deberá ser acordada entre el cliente y el proveedor de servicios. Si la VLAN informada por el cliente entra en conflicto con el par C-VLAN/S-VLAN, se deberá realizar un VLAN Translation.
- El control de calidad de servicio podrá ser basado en 802.1p en el extremo donde ingresa con una VLAN, en el otro extremo no podrá ser basado en 802.1p, salvo que el cliente ya entregue el tráfico marcado con VLAN.
- En los extremos remotos, no podrá haber más de un servicio por puerto.
- La cantidad máxima de servicios soportados en el extremo troncal, estará dado por las siguientes características:

- El máximo tráfico agregado no deberá superar el ancho de banda máximo de la interfaz (IGE).
- La cantidad máxima de Políticas por puerto es de 16 (considerar 1 política por cada nivel de servicio vendido).

Una situación específica dentro del Caso D (requerido en general por algunos Carriers), es cuando el cliente define un par Inner/Outer VLAN para cada servicio (Inner: tráfico de entrada, Outer: tráfico de salida, ambos términos asociado al tráfico del Carrier). En este caso, el InnerTag es quién define finalmente el curso del tráfico, tal como se muestra en la figura 3.8:



**Figura 3.8** Punto a punto o e-tree. Carrier doble Tag.

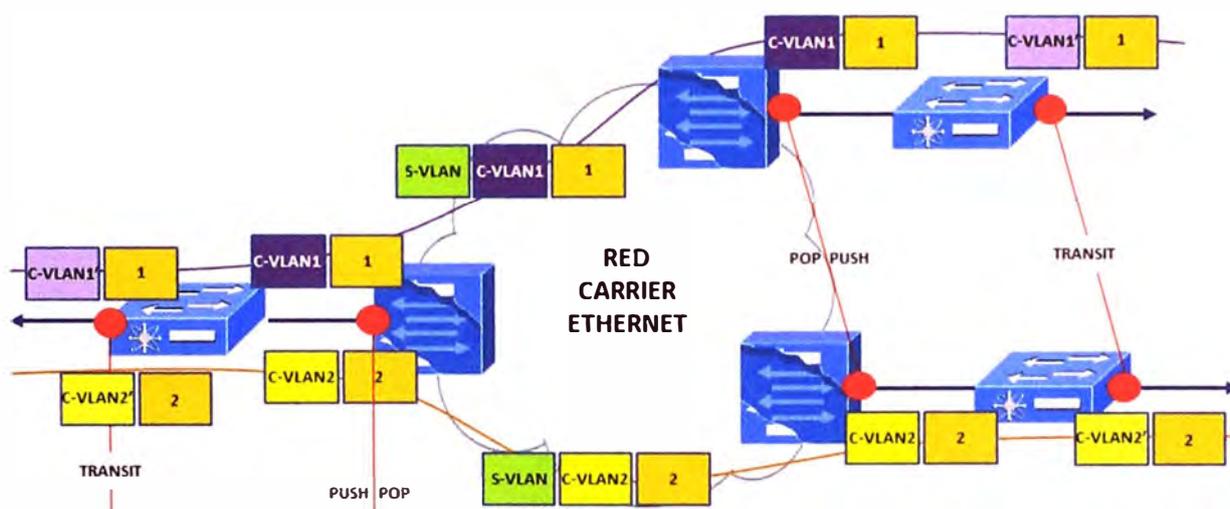
## b). CASO E

A continuación se muestra la figura 3.9 sobre los servicios punto a multipunto o E-Tree, donde cada sucursal remota termina con tráfico en una VLAN específica, y en el nodo concentrador o E-NNI, terminando en n-VLANs correspondientes a las de cada terminal.

Las características de este caso son las siguientes:

- El tráfico del cliente en los extremos tendrá una VLAN definida por cada servicio que será igual para tanto el extremo remoto como el extremo troncal, la cual deberá ser acordada entre el cliente y el proveedor de servicios. Si la VLAN informada por el cliente entra en conflicto con el par CVLAN/S-VLAN, se deberá realizar una VLAN Translation.

- El control de calidad de servicio podrá ser basado en 802.1p en el extremo donde ingresa con una VLAN, en el otro extremo no podrá ser basado en 802.1p, salvo que el cliente ya entregue el tráfico marcado con VLAN.
- En los extremos remotos, no podrá haber más de un servicio por puerto.
- La cantidad máxima de servicios soportados en el extremo remoto, estará dado por:
  - El máximo tráfico agregado no deberá superar el ancho de banda máximo de la interfaz (1GbE).
  - La cantidad máxima de Políticas por puerto es de 16 (considerar 1 política por cada nivel de servicio vendido).



**Figura 3.9** Punto a multipunto o e-tree, tráfico con VLAN en puertos UNI.

### 3.3.3 Multipunto a Multipunto (E-LAN)

Para este caso, el concepto de servicio es distinto al del servicio punto a punto. En este caso, se considera un servicio a cada EVC que se conecta desde la casa del cliente hacia la red. Por ejemplo, si un cliente tiene una VLAN específica que se conecta a 5 sucursales, el cliente va a disponer de 5 servicios. Los cálculos de SLA y mediciones también son distintos al caso punto a punto. Para este caso, los SLA se calculan desde el equipo de CPE hacia la red, pudiendo terminar en un Equipamiento Central como punto de marcación de la red.

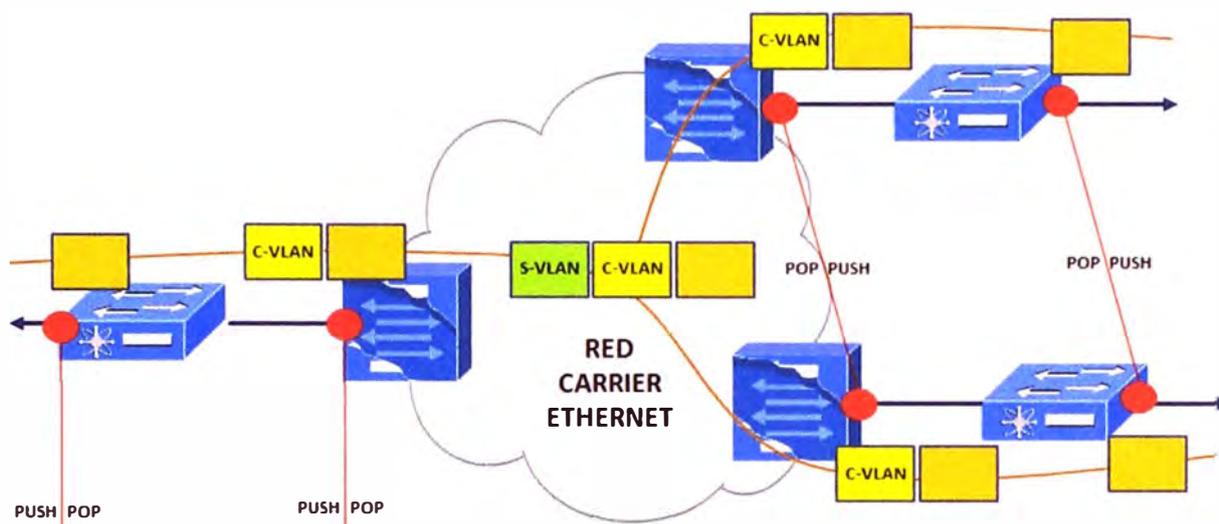
Los casos posibles en términos de manejo de tráfico y VLANs son F y G.

#### a). CASO F

A continuación se muestra la figura 3.10 sobre los servicios multipunto o E-LAN, donde cada sucursal termina en tráfico sin VLAN específica.

Las características de este caso son las siguientes:

- El tráfico del cliente podrá tener o no VLANs, pero todas ellas pasarán transparentemente y serán encapsuladas. El puerto de entrada del equipo CPE hará un push de una Customer VLAN respectiva para su transporte dentro de la red Carrier Ethernet.



**Figura 3.10** Multipunto a multipunto e-lan, tráfico sin VLAN en puertos UNI.

- El control de calidad de servicio no podrá ser basado en 802.1p, salvo que el cliente ya entregue el tráfico marcado con VLAN.
- Se deberá dar un servicio por puerto. Para brindar más de un servicio por puerto, se tendrá que tratar como caso G, y dar apertura de los mismos con un LAN Switch que soporte 802.1Q y 802.1p.

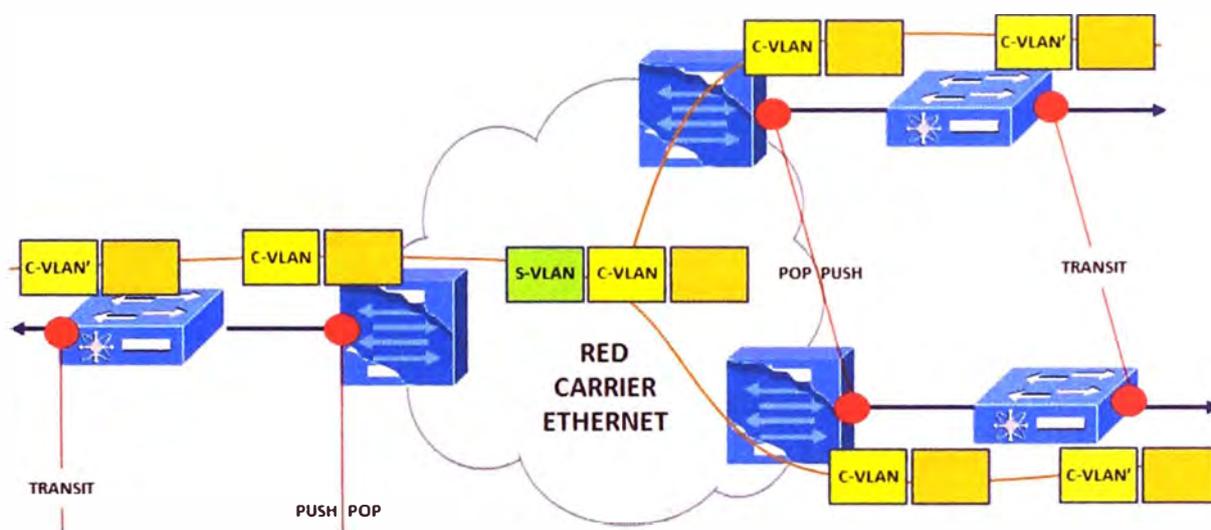
#### b). CASO G

A continuación se muestra la figura 3.11 sobre los servicios multipunto o E-LAN, donde cada sucursal termina en tráfico con VLAN específica.

Las características de este caso son las siguientes:

- El tráfico del cliente en uno de los extremos tendrá una VLAN definida, la cual deberá ser acordada entre el cliente y el proveedor.
- Todo tráfico fuera de esta VLAN será descartado. Si la VLAN informada por el cliente entra en conflicto con el par C-VLAN/S-VLAN, se deberá realizar una VLAN Translation.
- El control de calidad de servicio podrá ser basado en 802.1p en el extremo donde ingresa con una VLAN, en el otro extremo no podrá ser basado en 802.1p, salvo que el cliente ya entregue el tráfico marcado con VLAN.

- El servicio es full mesh, considerándose que existirá un servicio por cada uno de los puntos del cliente.
- Para este caso, no es usual que se brinde más de un servicio de este tipo por sitio. En caso que sea así, la cantidad máxima de servicios soportados por extremo remoto, estará dado por:
  - El máximo tráfico agregado no deberá superar el ancho de banda máximo de la interfaz (1GbE).
  - La cantidad máxima de Políticas por puerto es de 16 (considerar 1 política por cada nivel de servicio vendido).



**Figura 3.11** multipunto a multipunto e-lan, tráfico con VLAN en puertos UNI.

- El control de calidad de servicio podrá ser basado en 802.1p en el extremo donde ingresa con una VLAN, en el otro extremo no podrá ser basado en 802.1p, salvo que el cliente ya entregue el tráfico marcado con VLAN.
- El servicio es full mesh, considerándose que existirá un servicio por cada uno de los puntos del cliente.
- Para este caso, no es usual que se brinde más de un servicio de este tipo por sitio. En caso que sea así, la cantidad máxima de servicios soportados por extremo remoto, estará dado por:
  - El máximo tráfico agregado no deberá superar el ancho de banda máximo de la interfaz (1GbE).
  - La cantidad máxima de Políticas por puerto es de 16 (considerar 1 política por cada nivel de servicio vendido).

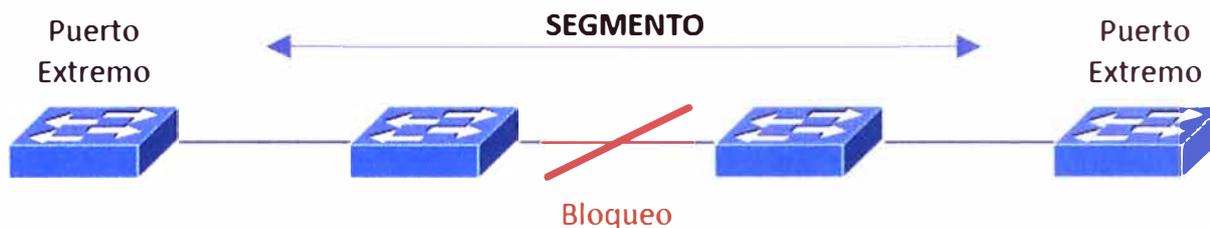
### 3.4 Protección en capa 2

La adopción de Carrier Ethernet es la causante de la creación de una diversidad de dominios en capa 2 que requieren una rápida y predecible convergencia. En particular, los proveedores de servicio requieren una rápida convergencia para soportar servicios de voz y video para implementaciones triple-play (telefonía, internet y televisión). Por otra parte, los mecanismos de protección deben de ser flexibles y deben de soportar complejas topologías de anillo. Estos mecanismos de protección también deben de soportar una rápida convergencia cuando el dominio de capa 2 una cierta cantidad de VLANs o direcciones MAC.

Con el propósito de cumplir los estándares adoptados para la función correcta de los servicios Carrier Ethernet, el protocolo a utilizarse debe de tener una convergencia de aproximadamente 50ms. Este tiempo de convergencia no debería de significar algún tipo de corte en casi todos los servicios suministrados, a excepción de algunas aplicaciones extremadamente sensibles de voz y video. En algunos escenarios, la convergencia de la red puede incrementarse hasta 250ms, pero aun así, este intervalo de tiempo es aceptable.

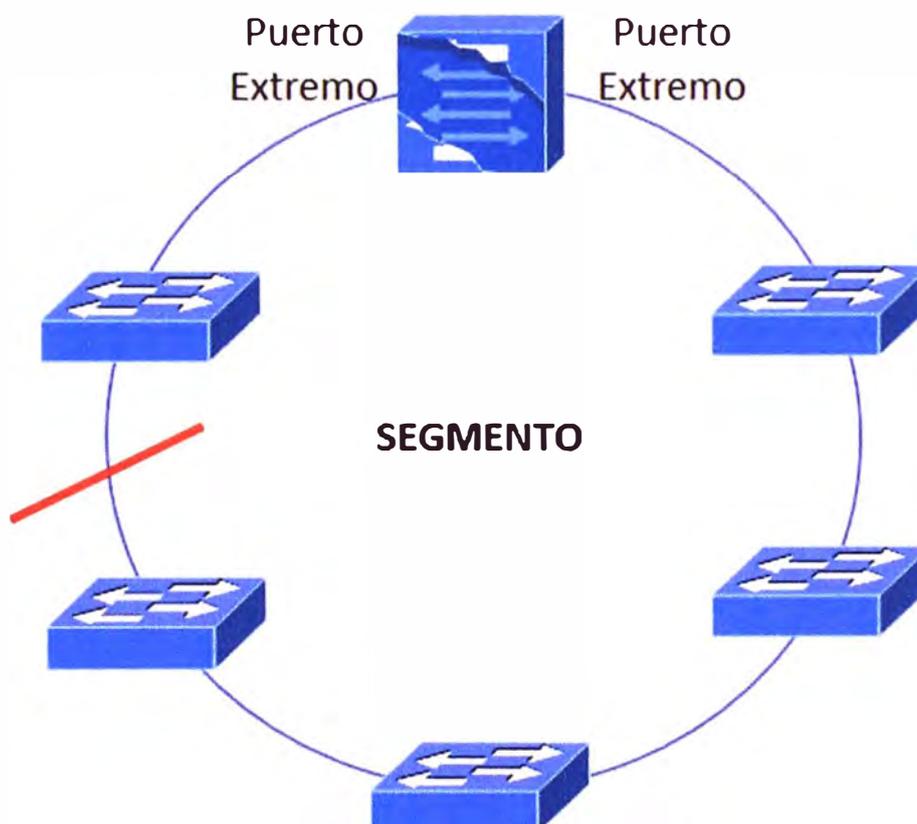
Aunque se sabe que existe un protocolo de protección en capa 2 que viene siendo usado por el proveedor de servicios, STP (Spanning Tree Protocol), este mecanismo de protección no es el adecuado para los anillos y segmentos de la red Carrier Ethernet. El protocolo de protección de capa 2 debe de centralizarse en la unión de anillos y segmentos solamente, donde se forman las troncales de la red. Esta nueva orientación del protocolo enfoca todos los esfuerzos en los anillos y no en toda la red como en una protección STP.

Por tal motivo, el protocolo de protección en capa 2 debe de trabajar en anillos y segmentos troncales. Cada uno de estos elementos se le va a denominar “segmentos”. Cada segmento debe ser un conjunto de puertos conectados uno con otro y configurados de manera similar. Estos segmentos deben de tener un inicio y un fin, el cual le vamos a llamar “puertos extremos”. Finalmente, para el funcionamiento correcto de estos segmentos, en algún tramo debe de bloquear el tráfico cuando el segmento se detecte cerrado, en caso el segmento se detecte abierto, todos los tramos del segmento deben de permitir el tráfico. En la figura 3.12 podemos ver el funcionamiento de los segmentos, se entiende que para que exista un bloqueo del segmento en algún tramo, los puertos extremos deben de detectar una segunda conexión por otro camino de la red; o como en una topología de anillo, sobre un mismo Switch.



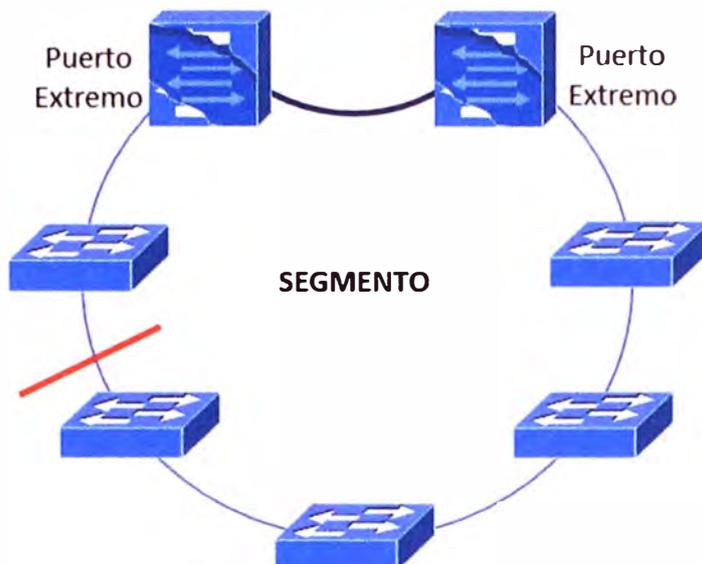
**Figura 3.12** Segmento del protocolo de protección en capa 2

En la figura 3.13, se muestra cómo el segmento está dispuesto en forma de anillo. Debemos de notar que cada nodo en el segmento tiene habilitado solo 2 puertos, tramo por tramo. Un tercer puerto no puede participar en el segmento, si deseamos hacer participar un tercer puerto en la protección, debemos de hacerlo sobre un segundo segmento.



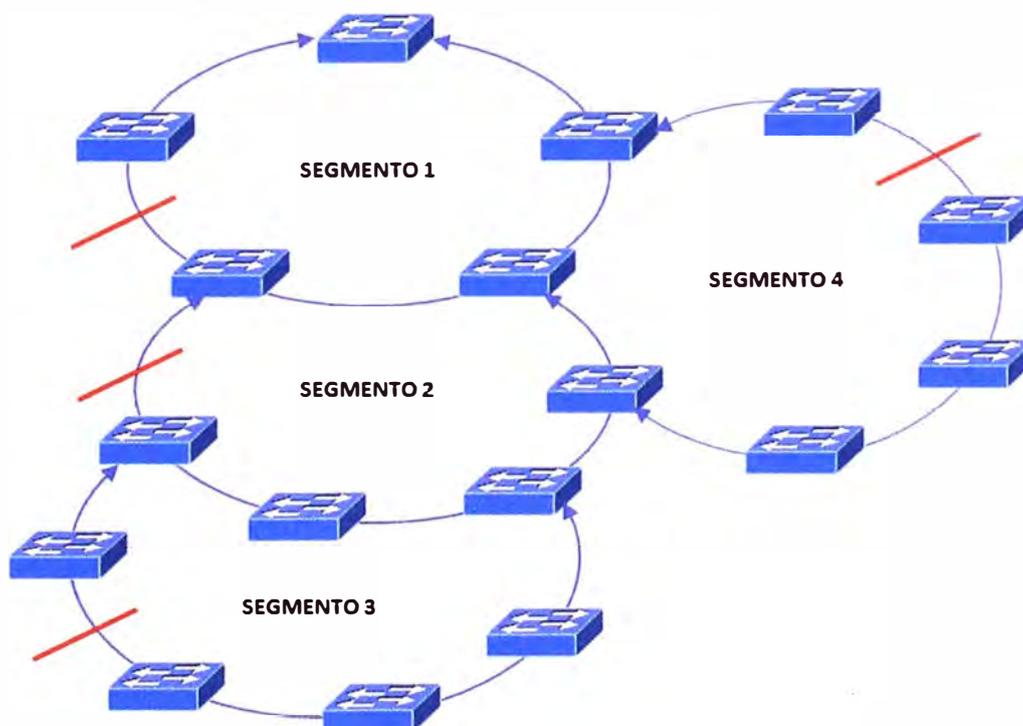
**Figura 3.13** Segmento de protección en anillo troncal

En la figura 3.14, se muestra cómo el segmento está dispuesto en forma de un segmento propiamente dicho, terminando en dos diferentes Switches. Estos tipos de arreglos topológicos de anillos y segmentos pueden facilitar mucho la composición de la red de una manera segura y de convergencia rápida.



**Figura 3.14** Segmento de protección en segmento troncal

Finalmente, la adopción de estos segmentos nos da la flexibilidad de poder crear topologías de red complejas bajo requerimiento del proveedor de servicios, pudiendo llegar de manera redundante a cualquier punto. La Figura 3.15 nos muestra un ejemplo de cómo se podrían armar estas redes.



**Figura 3.15** Topología formada por segmentos protegidos.

Al detectar diferentes caminos anidados, el segmento se cierra bloqueando un tramo. Bajo esta figura la red que es físicamente formada por anillos y segmentos, se vuelve lógicamente en forma de estrella, disminuyendo la posibilidad de riesgo. Las

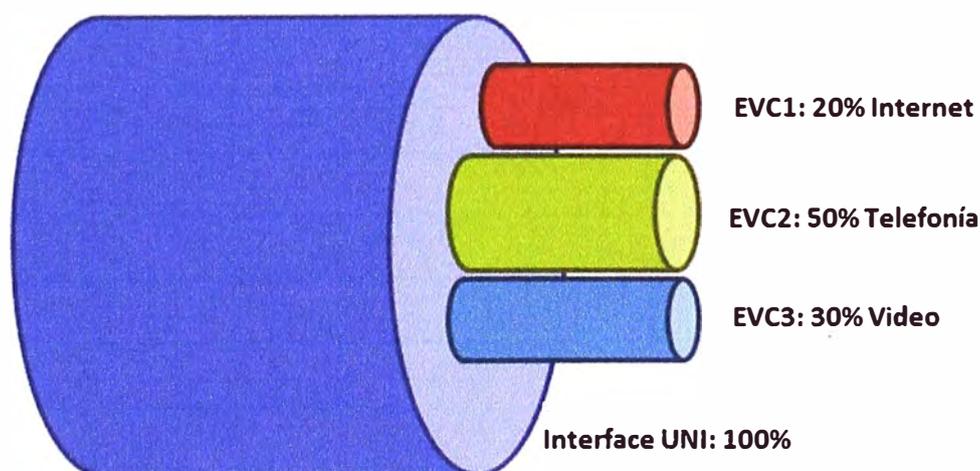
topologías de red en este sentido pueden ser validadas gracias a los mecanismos de protección habilitados. De esta manera, se pueden formar las siguientes topologías:

- Anillos (Segmento 1).
- Segmentos sobre anillos (Segmento 2).
- Segmentos sobre segmentos (Segmento 3).
- Segmentos sobre diferentes segmentos o anillos (Segmento 4).

### 3.5 Calidad de servicio

Una de las mejoras para el proveedor Carrier Ethernet, es la implementación de calidad de servicio en la red. A diferencia de una implementación de calidad de servicio que solo consiste en limitar el ancho de banda de salida y entrada en la interface UNI, ahora el trabajo consiste en implementar una calidad de servicio que dé prioridad al tipo de tráfico, dando importancia a tráficos de prioridad como es voz y video y limitando las variables no tan solo sobre los puertos UNI, sino principalmente sobre las EVC.

Esto último permite una mayor eficiencia en la implementación de clientes que cuentan con una diversidad de servicios, y los necesitan en una sola interface UNI. El servicio va más allá de compartir en la interface UNI un grupo de VLANs pasantes que diferencien el tipo de tráfico, sino que también la interface UNI tenga la capacidad de acotar el ancho de banda deseado por dominio. Por ejemplo, en la figura 3.16 se muestra cómo distribuye el proveedor de servicios el ancho de banda contratado de un cliente en una interface UNI, el 100% del ancho de banda contratado se distribuye en tres EVC que diferencian el tráfico, dando una mayor prioridad a los servicios de telefonía (50%), luego video (30%) y finalmente internet (20%).



**Figura 3.16** Calidad de servicio por EVC.

Adicionalmente a esta distinción, se define un modelo de implementación de calidad de servicio. Se usa el campo provisto por el estándar Ethernet IEEE 802.1p, para identificar seis tipos de calidad de servicio denominados etiquetas CoS. Esta identificación incluye un estándar por cada CoS y una variable de identificación que cumplan con los objetivos de rendimiento y requerimientos de soporte. Las etiquetas CoS se provisionan como una sub configuración de todas las calidades de servicio que el proveedor pueda tener.

Las calidades de servicio se marcan por medio de las reglas de filtrado L2. De acuerdo a la definición, se arma la tabla 3.1.

El beneficio de aplicar las etiquetas CoS permite al proveedor de servicios una interoperabilidad y consistencia con otros operadores, una etiqueta CoS común puede ser entendida y aplicada por los operadores aun teniendo diferentes reglas de configuración de calidad de servicio.

Esto es importante debido a que el proveedor de servicios puede especificar la calidad de servicio a aplicar en sus clientes, pero no puede especificar la calidad de servicios de otro proveedor; es aquí donde la interoperabilidad se vuelve un factor crítico en la convergencia de la solución.

**Tabla 3.1** Valores de P-Bit y nombre de las reglas.

<b>Nombre de Producto</b>	<b>P-BIT</b>
Básico	0
Básico PLUS	1
Mejorado	2
Mejorado PLUS	3
Premium	4
Premium PLUS	5, 6 y 7

### **3.6 Operación, Administración y Mantenimiento (OAM)**

Una opción indispensable para la implementación de las redes Carrier Ethernet que puede usar el proveedor de servicios es la adopción de Operación, Administración y Mantenimiento (OAM) para Ethernet.

Cuando se habla de OAM se habla de procesos, actividades, herramientas, normas, etc., involucradas en la operación, administración, gestión y mantenimiento de cualquier

sistema, que en este caso es el uso de Ethernet en las redes de área metropolitana. Está basado en una nueva subcapa opcional en la capa de enlace de datos del modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI).

El cumplimiento de este protocolo ofrece seguridad y capacidades de gestión sólidas necesarias para permitir el despliegue a gran escala en redes de Ethernet metropolitanas portadoras. Reduce al mínimo los gastos de operación (Operating Expenditures, OPEX) al disminuir los costos de mantenimiento asociados con las horas-hombre de mantenimiento y las visitas de servicio al sitio para diagnosticar problemas relacionados con equipos de establecimientos del cliente (Customer Premises Equipment, CPE).

OAM Aumenta al máximo las ganancias al optimizar y documentar el rendimiento de la red a fin de cumplir con los Contratos de nivel de servicio (Service Level Agreements, SLA) cuantificables. Permite nuevos ingresos prestando servicio a un mercado en crecimiento de negocios pequeños y medianos con acceso a Ethernet de ancho de banda elevado. Entre las funciones principales que encontramos al implementar OAM podemos mencionar las siguientes:

### **3.6.1 Descubrimiento**

La función de Descubrimiento es la primera fase de OAM, requiere que ambos socios de enlace hablen un mismo protocolo. El protocolo a utilizar debe de ser sin propietario y hablado por varios proveedores. La función de Descubrimiento es necesaria para que los socios de enlace comuniquen sus configuraciones y capacidades de OAM.

Podemos usar el protocolo IEEE 802.1ab: Descubrimiento de capa de enlace.

### **3.6.2 Supervisión de rendimiento de enlace**

Las herramientas de supervisión de enlace sirven para detectar y notificar fallas en el rendimiento (la calidad) del enlace. Como el rendimiento de datos de Ethernet puede deteriorarse lentamente antes de desestabilizar el servicio, OAM permite al usuario establecer el nivel de umbral que genera una notificación de eventos.

Se puede usar el protocolo ITU-T Y.1731: Gestión de fallas y seguimiento del desempeño.

### **3.6.3 Loopback remoto**

Un dispositivo con capacidad de OAM puede colocar a su socio de enlace remoto en el modo de Loopback utilizando un control de Loopback. Cada cuadro recibido es

transmitido nuevamente al mismo puerto para garantizar la calidad de los enlaces durante la instalación o la investigación de averías.

### 3.6.4 Detección de fallas

Un dispositivo capaz de cumplir con OAM puede transmitir eventos graves y condiciones de fallas a su socio de enlace de OAM. La función OAM detecta e indica las siguientes condiciones:

- Falla de enlace: Pérdida del enlace detectada por el receptor
- Último suspiro: Se envía una condición no recuperable como falla de la alimentación eléctrica al socio de enlace remoto
- Evento crítico: Falla importante o evento crítico específico de una organización.

Podemos usar el protocolo IEEE 802.1ag: Gestión de fallos de conectividad.

### 3.6.5 Recopilación de estadísticas de rendimiento

Una base de información de gestión (Management Information Base, MIB) es una base de datos de variables que se utiliza para medir el rendimiento de un enlace y el cumplimiento de Contratos de nivel de servicio (SLA).

Tomando como dato estas variables de información podemos utilizar diversas herramientas adicionales de monitoreo que nos pueden ayudar a entender de forma gráfica el estado de la red, como se muestra en la figura 3.17.



**Figura 3.17** Software de monitoreo de red.

Cada gráfica puede simbolizar el consumo de ancho de banda de una troncal, o el procesamiento de un determinado equipo. Estas herramientas pueden ayudar también

recopilando registros de los equipos sobre eventos y alarmas, tener un detalle completo del estado físico del equipamiento, entre muchas otras funciones provistas por OAM.

### 3.7 Protocolos de capa 2 tunelizados

Los protocolos de capa 2 tunelizados o L2TP (Layer 2 Tunneling Protocols) son protocolos de capa 2 que necesitan ser usados por los clientes en su red, pero al tener significancia local, no pueden ser transmitidos por el proveedor de servicios de forma nativa, ya que pueden generar conflictos en ambas redes.

Los clientes que tienen diferentes sitios conectados hacia la red del proveedor de servicios necesitan el uso de varios protocolos de capa 2 para integrar sus topologías en todos los sitios remotos, de la misma manera que se conectarían de forma directa. Cuando L2TP es habilitado, en la entrada del servicio los paquetes de capa 2 se encapsulan con una dirección MAC especial y son enviados a través de la red del proveedor de servicios. Los Switches principales de la red no procesan este tipo de paquetes como protocolos de capa 2, solo los transmiten como paquetes normales. En la salida, los paquetes de capa 2 son desencapsulados y entendidos como tal para el siguiente tramo.

A continuación se muestra la tabla 3.2, donde se listan los protocolos de capa 2 que el proveedor de servicios es capaz de tunelizar.

**Tabla 3.2** Protocolos de capa 2 tunelizados

transporte protocolos capa 2			
Protocolo	dirección MAC	A pedido se puede	Acción por defecto
MSTP, RSTP, STP, PVST	0180.c200.0000	tunelizar	bloquear
LACP	0180.c200.0001	tunelizar	bloquear
IEEE 802.3x pausar	0180.c200.0002	permitir	bloquear
802.1x seguridad de puerto	0180.c200.0003	permitir	bloquear
CDP	0100.0ccc.cccc	tunelizar	bloquear
DTP	0100.0ccc.cccc	tunelizar	bloquear
PAgP	0100.0ccc.cccc	tunelizar	bloquear
UDLD	0100.0ccc.cccc	tunelizar	bloquear
VTP	0100.0ccc.cccc	tunelizar	bloquear
PVST+	0100.0ccc.cccc	tunelizar	bloquear
L2TP	0100.0ccd.cdd0	bloquear	bloquear
HSRP	0100.0ccd.cdcd	permitir	bloquear

## **CAPITULO IV**

### **ARQUITECTURA DE LA SOLUCION**

#### **4.1 Introducción**

En este capítulo se definen definir la arquitectura que va a tener el proveedor de servicios en la red Carrier propuesta. Esta arquitectura tiene un diseño completamente diferente a la red Metro Ethernet actual, ya que en cuanto al nivel topológico, se centra en la utilización de anillos y segmentos de red, además de parámetros, procedimientos y buenas prácticas para la generación de las mismas. Estos diseños son definidos en base a una jerarquía de solución y diseño conceptual de solución.

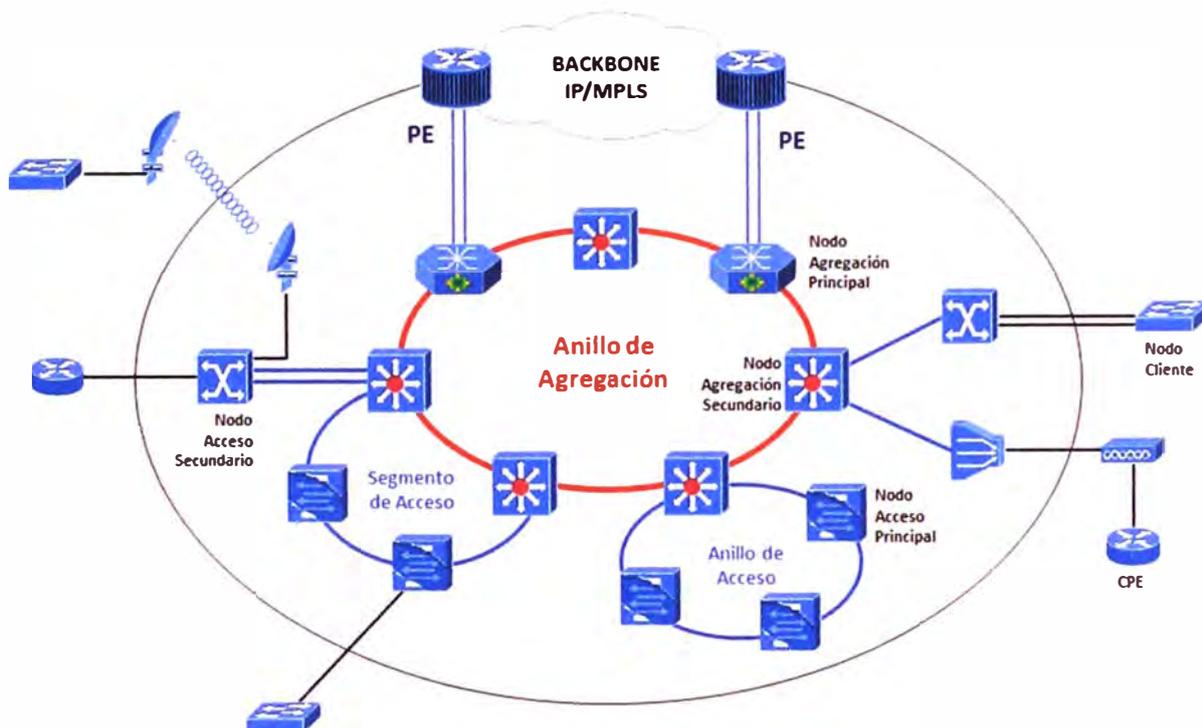
Complementando la arquitectura de solución topológica, también se especifica el diseño tecnológico de la red, analizando la red por tramos, desde la red de acceso hasta la red principal. En cada punto del diseño mostrado se especificarán sus elementos de red y características.

#### **4.2 Diseño Jerárquico de la Carrier Ethernet**

En esta sección se definen los niveles de una red Portadora o Carrier Ethernet. Una red Carrier Ethernet está compuesta básicamente por un conjunto de Switches que tienen una función específica, algunas con mayor protagonismo que otras; estos Switches están dispuestos en la red de una forma tal que cubren los requisitos de disponibilidad y confiabilidad propuestos por los estándares del MEF. Lo que se busca a continuación es definir cuál es la función de estos Switches dentro de la red, analizando también las topologías que se forman.

La estructura de la red Carrier Ethernet propuesta está dividida en dos niveles jerárquicos, uno de ellos será definido como el anillo principal o anillo de agregación, posicionada en el nivel superior de la jerarquía. El otro nivel está compuesto por anillos de acceso o segmentos de acceso, usados para llegar a las instalaciones de los clientes. Estos anillos y segmentos difieren principalmente en la capacidad de ancho de banda de las troncales y la disposición de planta externa con la que cuenta el proveedor de servicios, en base a estos recursos se definen nuevos anillos, segmentos.

Como se muestra en la Figura 4.1, adicionalmente a los niveles jerárquicos de la red compuestos por anillos y segmentos, la red Carrier Ethernet también está compuesta por diferentes tipos de nodos, los cuales cambian de función dependiendo del nivel de jerarquía del anillo o segmento al cual pertenecen. La estructura de esta red implica un orden tanto en la conexión de los nodos como en la provisión de los clientes, esto debido a las altas capacidades que pueden tener los Switches en los nodos principales, como la granularidad y diversificación de puertos en los nodos periféricos en cara a los clientes.



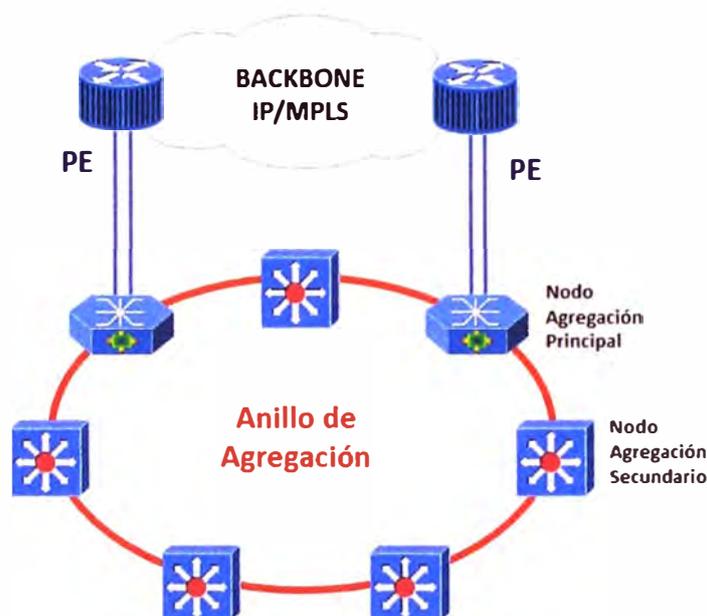
**Figura 4.1** Topología básica de la red Carrier Ethernet

#### 4.2.1 Anillo de Agregación

El anillo principal o anillo de agregación, es el anillo que cuenta con la mayor capacidad de ancho de banda en el dominio Carrier Ethernet. La topología principal de la red Carrier Ethernet debe ser siempre en forma de anillo, esto debido al respaldo que brindan las topologías anidadas y a la implementación de protocolos de conmutación de los fabricantes de equipos, que usan topologías de este tipo. El anillo de agregación puede estar compuesto de más de un anillo implementando políticas de agregación de puertos, incrementando la capacidad de ancho de banda. En el caso del proveedor, el anillo de agregación está compuesto por un solo anillo físico, de un ancho de banda de 10Gbps.

El uso de múltiples Routers de Backbone en la red IP/MPLS (definido como PE en la figura 4.1) permite al proveedor de servicios un balance en la cantidad de los servicios de clientes que pueden conectarse a la red IP. Esto significa que un grupo de clientes podrá

conectarse por un router PE y el resto de clientes al otro PE. Los servicios de capa 3 requieren un acceso de alta disponibilidad, teniendo la posibilidad de usar ambos Routers PE como principal y respaldo, levantando sesiones BGP entre los Routers PE y el router CPE del cliente. Es en estos casos es donde el anillo de agregación actúa, dando la versatilidad necesaria a la red Carrier Ethernet, conectando los nodos de agregación principal y secundaria a través de sí, diversificando la manera en que el proveedor de servicios conecta los circuitos del cliente.



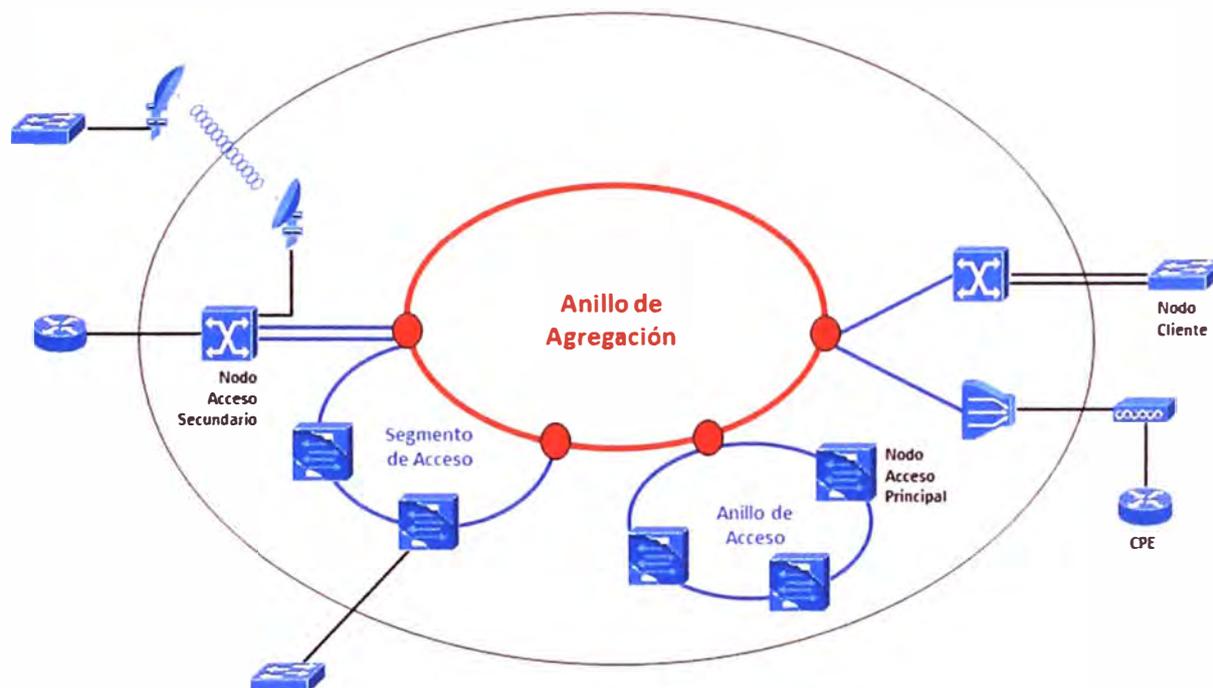
**Figura 4.2** Anillo Principal o anillo de agregación

Como se aprecia en la figura 4.2, el anillo de agregación está compuesto solo por las troncales anidadas de los nodos de agregación principal y secundario, estos nodos manejan Switches de altas capacidades, y solo se pueden conectar otras troncales hacia ellos. Si un cliente desea conectarse a esta red, deberá de conectarse a través de otro tipo de equipamiento, que tiene las funciones de acceso y conectividad hacia la red de agregación.

#### 4.2.2 Anillo de acceso

Los anillos o segmentos de acceso son usados para recolectar el tráfico de las instalaciones de los clientes a través de fibra óptica o cualquier otro tipo de tecnología de acceso permita por el proveedor de servicios. Las instalaciones de los clientes pueden ser interconectadas describiendo topologías de anillo cerradas en el mismo POP o en dos diferentes POPs, el último conocido como segmentos de acceso o Dual Home. Estos anillos de acceso tienen puntos terminales llamados “Edges”, que pueden converger en el mismo Switch del anillo de agregación o en diferentes Switches. Los anillos o segmentos de acceso solo están compuestos por nodos de acceso principales.

Estos anillos de acceso solo pueden contribuir con más del 30% de la capacidad del anillo principal o de agregación. Si ocurre lo contrario, se puede considerar a los elementos que contribuyen a esa capacidad dentro del anillo principal. Esto se define con el objetivo de no consumir los mismos recursos en ambos anillos. Los anillos y segmentos de acceso tendrán una capacidad de 1Gbps en casi todos los extremos, exceptuando casos en donde algún tramo del anillo o segmento sea de otro tipo de tecnología como radio o transmisiones.



**Figura 4.3** Anillos y segmentos de acceso

Como se puede ver en la figura 4.3, Adicionalmente a los nodos de acceso principal, también están los nodos de acceso secundario y los nodos de cliente, que no participan dentro de los anillos y segmento de acceso. Cada nodo tiene una función específica dentro de la arquitectura de acceso.

#### 4.3 Diseño Conceptual de la red Carrier Ethernet

Una vez descritos los niveles jerárquicos de la red portadora o Carrier Ethernet, se identifica a identificar ahora lo elementos de la red dentro del dominio. A grandes rasgos podemos identificar cinco tipos de nodos, los cuales son:

- Nodo de agregación principal.
- Nodo de agregación secundario.
- Nodo de acceso principal.
- Nodo de acceso secundario.

- Nodo cliente.

Se mencionó en la sección anterior a algunos de estos nodos, debido a que son parte de los niveles jerárquicos de la red Carrier Ethernet; ahora se procede a ver a detalle sus funciones y características:

#### **4.3.1 Nodo de agregación principal**

El nodo de agregación principal es el nodo más importante de la topología de red, debido a que interconecta a la red Carrier Ethernet con la red de backbone IP/MPLS. Esta interconexión la hace a través de Switches de alta capacidad que envían el tráfico directamente a los Routers PE por conexiones de fibra óptica de 1GE o 10GE. El tráfico que se envía por estas troncales formadas entre diferentes tipos de red son de servicios de capa 3, y servicios de capa 2 EoMPLS o VPLS. Los nodos de agregación principal deben ser usados para cerrar el anillo de agregación, teniendo injerencia en los protocolos de conmutación del anillo, guardando consistencia en la topología. Este nodo puede ser usado también para cerrar anillos de acceso por sí mismo (Single Home), o participando en un segmento de acceso (Dual Home).

Estos nodos pueden soportar más de un anillo de agregación del mismo dominio, formando topologías de red acorde a la necesidad del proveedor de servicios. Las conexiones en cascada o equipamiento en Stack están prohibidas, esto con el objetivo de no hacer participar al anillo principal dentro del nodo. Por lo general se usan conexiones en cascada o Stack con el fin de brindar redundancia de hardware, esto se compensa utilizando equipamiento que en una sola caja contiene toda la redundancia necesaria: procesadoras, fuentes, ventiladores, placas troncales, de distribución, etc.

Las fronteras eNNI (Ethernet NNI) son usadas para interconectar dos diferentes dominios Ethernet. Estas conexiones eNNI son usadas por el nodo de agregación principal para interconectarse con otros proveedores Ethernet u otras redes propias Ethernet. Un ejemplo de red propia Ethernet en un diferente dominio podría ser una red interprovincial Ethernet, que interconecta en capa dos redes que van más allá de una red Metropolitana. Estas interconexiones pueden ser con interfaces de 1GE, 2GE en agregación de enlace o 10GE.

Adicionalmente, se pueden usar nodos de acceso secundario para proveer puertos con un menor costo por cliente o por Mbps. Esto debido a que las interfaces de un nodo del mismo dominio, o en diferentes dominios de red.

#### **4.3.2 Nodo de agregación secundario**

El nodo de agregación secundario tiene las mismas capacidades de un nodo de agregación principal, La única diferencia es que el nodo de agregación secundario no puede interconectarse con un router PE de la red de Backbone IP/MPLS. Fuera de ello puede interconectarse con otros proveedores de servicio Ethernet o agregar a los clientes a través de un nodo de acceso secundario. Las conexiones en cascada también están prohibidas. A continuación se muestra la figura 4.4 con los nodos principal y secundario.

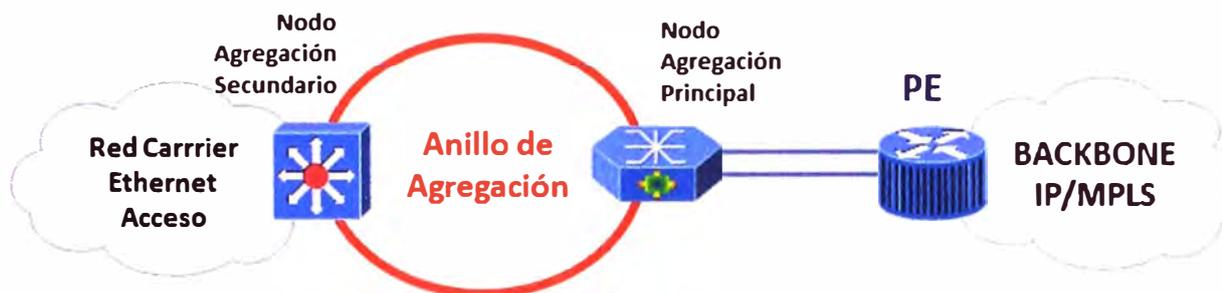


Figura 4.4 Nodo Agregación principal y secundario

### 4.3.3 Nodo de acceso principal

El nodo de acceso principal es usado para agregar los accesos de última milla de los clientes, proveyéndoles de una cantidad medida de ancho de banda. Estos nodos tienen interfaces de diversos tipos dependiendo de los requerimientos de ancho de banda: FE o en GE, o dependiendo del tipo de interface: eléctrica u óptica. El nodo de acceso principal también es usado para agregar los accesos de última milla de un nodo cliente, del cual hablaremos más adelante.

En este nodo se pueden agregar tecnologías de acceso del tipo radio Punto Multipunto, XDSL, GPON, o cualquier otro tipo de tecnología que concentre a más de un cliente mirando al nodo por una sola interface troncal. Estas tecnologías son parte fundamental para las redes de acceso ya reducen los costos de implementación de planta externa y los costos de equipamiento en planta interna.

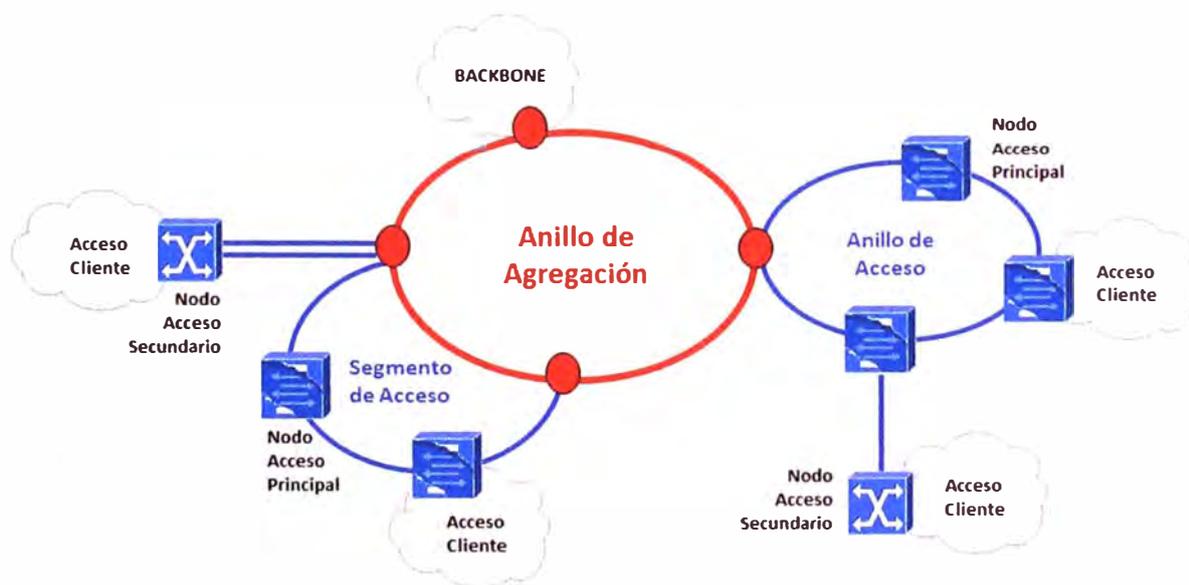
Una característica resaltante del nodo de agregación primario es que siempre está respaldado por un anillo o un segmento de acceso, dando redundancia a las troncales de los nodos.

### 4.3.4 Nodo de acceso secundario

El nodo de acceso secundario tiene la misma función de un nodo de acceso primario, en cuanto a la agregación de accesos de última milla de los clientes o anexando un nodo cliente a la red Carrier Ethernet, pero tiene tres puntos que lo diferencian:

- **No participa en ningún tipo de anillo o segmento de acceso.** Estos nodos tienen conexiones directas a los nodos de agregación o a los nodos de acceso primarios. Si este nodo con el tiempo cuenta con una ampliación de puertos de clientes considerable, o si se le provisiona un cliente importante, podría considerarse como un nodo de acceso primario, respaldando sus troncales hacia el segmento o anillo de acceso más cercano, o formando uno nuevo.
- **No cuenta con tecnologías de acceso punto multipunto.** La conexión de las tecnologías de acceso punto multipunto hacia la red Carrier Ethernet se pueden considerar como conexiones troncales, teniendo en cuenta este aspecto, el nodo de acceso secundario no está calificado para soportar estos esquemas de acceso.
- **Es auxiliar de los nodos de agregación principal y secundario.** Como lo mencionamos en la sección de los nodos de agregación, los nodos de acceso secundario proveen de puertos con un menor costo y capacidad de Mbps para recibir clientes en estos nodos principales, dando guarda de puertos de altas capacidades para conexiones troncales.

A continuación se muestra la figura 4.5 de los nodos de acceso.

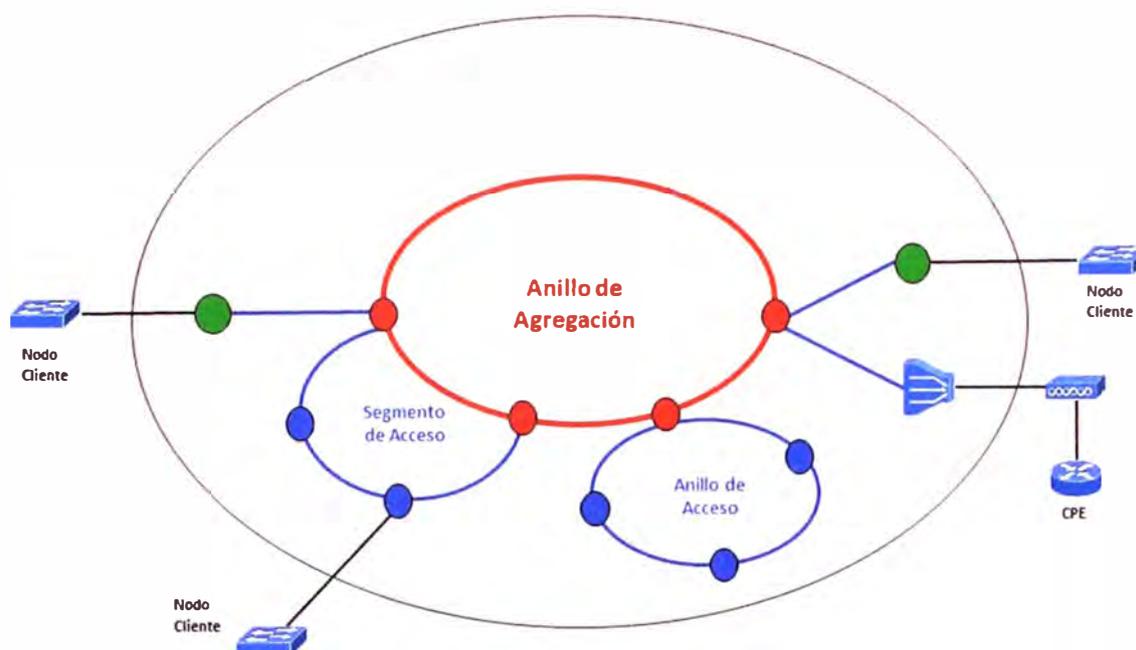


**Figura 4.5** Nodo de acceso principal y nodo de acceso secundario

#### 4.3.5 Nodo cliente

El nodo cliente es también conocido típicamente como nodo de capa 2 CPE. La función de este nodo es dar presencia a la red Carrier Ethernet en la casa del cliente o en alguna infraestructura en la cual no se tenga un alcance completo de la red de planta externa. Por lo general se ubican hacia los nodos de acceso principal y secundario, siendo

la excepción a la regla cuando la capacidad de la troncal del nodo supera el 30% del total. En este escenario se tiene que considerar mover la troncal del nodo cliente hacia un nodo de agregación principal o secundaria, dependiendo de la ubicación del nodo. A continuación se muestra la figura 4.6 del nodo cliente:



**Figura 4.6** Nodo cliente sobre nodos de acceso principal y secundario

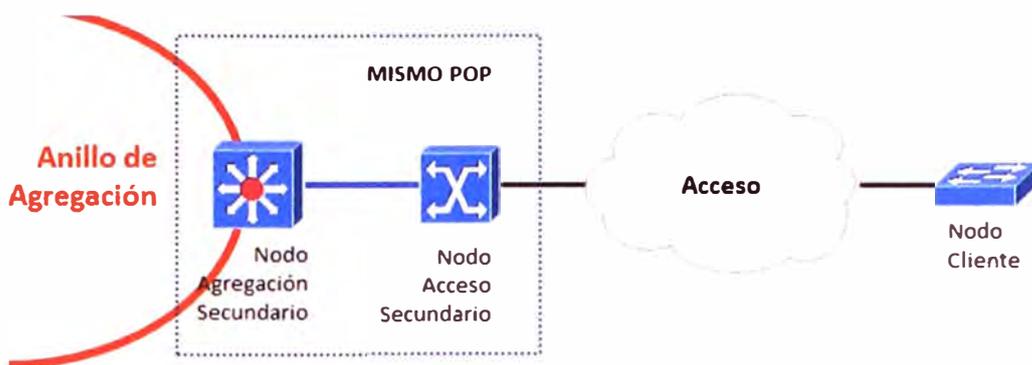
Si el nodo cliente tiene la necesidad de tener un ancho de banda por encima de las capacidades aceptadas por las troncales de la red Carrier Ethernet en todo el dominio, el proveedor de servicios debe de considerar otro tipo de solución diferente a la red Carrier Ethernet, como podría ser una solución SDH, DWDM, o en el último de los casos fibra óptica oscura de punta a punta (aunque esta solución es la menos deseable).

#### 4.3.6 Topologías soportadas

Esta sección muestra las diferentes topologías de acceso soportadas por la red del proveedor de servicios, definidos por una selección de hardware, protocolos de protección y estrategias de acceso formalizadas. Cualquier variación no está permitida.

##### a). Topología 1

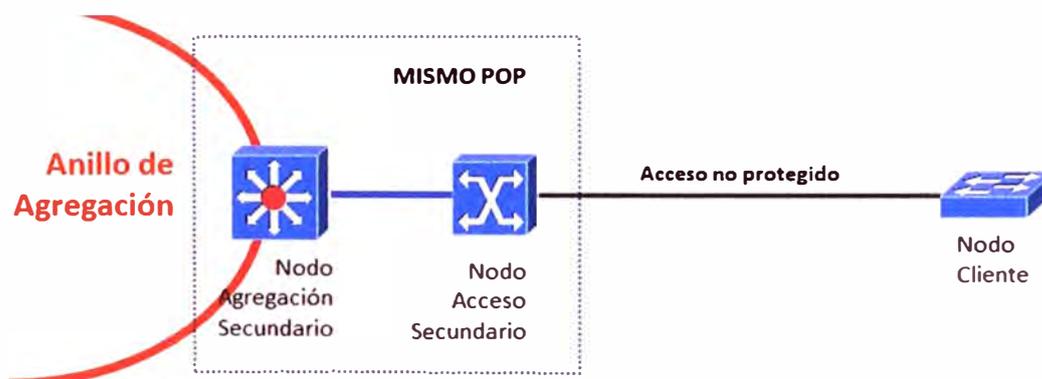
El nodo de cliente alcanzado a través de un sistema de acceso permitido debe de ser agregado a un nodo de acceso secundario, el cual debe estar conectado al anillo principal a través de un nodo de agregación secundario. Ambos nodos de agregación y de acceso deben de estar ubicados en un mismo POP. Múltiples nodos de acceso secundario pueden ser conectados a un mismo nodo de agregación secundario a través de una conexión directa, como se muestra en la figura 4.7:



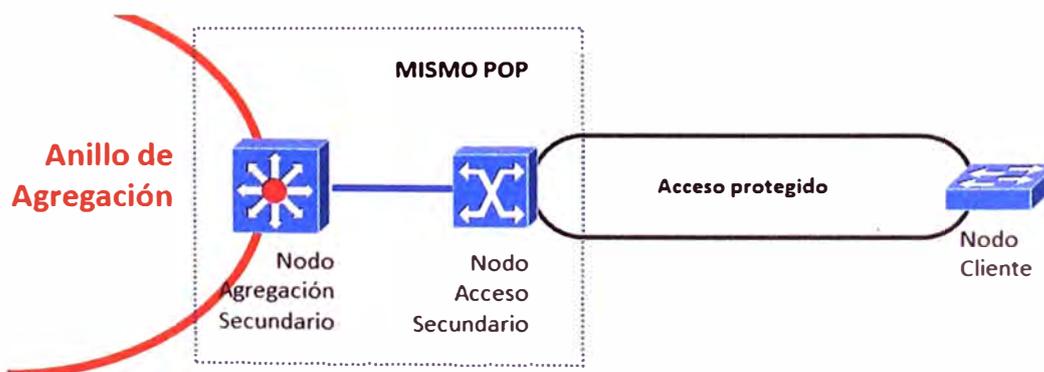
**Figura 4.7** Acceso a través del nodo de acceso secundario en un anillo de agregación.

Los nodos cliente pueden ser conectados directamente a nodos de acceso secundario mediante sistemas de acceso, cableado de cobre UTP categoría 5 o 6 (para accesos de Data Center), fibra óptica o radio.

Las topologías de acceso protegidas o no protegidas están permitidas y se muestran en la figura 4.8 y figura 4.9. Los accesos protegidos deben de estar soportados por un protocolo de protección ya sea STP o la que brinde el fabricante, estando acorde a los protocolos soportados por el equipamiento del nodo cliente.



**Figura 4.8** Nodo cliente con un acceso no protegido sobre un nodo de acceso secundario.



**Figura 4.9** Nodo cliente con un acceso protegido sobre un nodo de acceso secundario.

## b). Topología 2

El nodo de acceso secundario puede conectarse a un anillo de agregación en un diferente POP, como se muestra en la figura 4.10. Este nodo solo está permitido en un diferente POP cuando el acceso al nodo es no protegido.

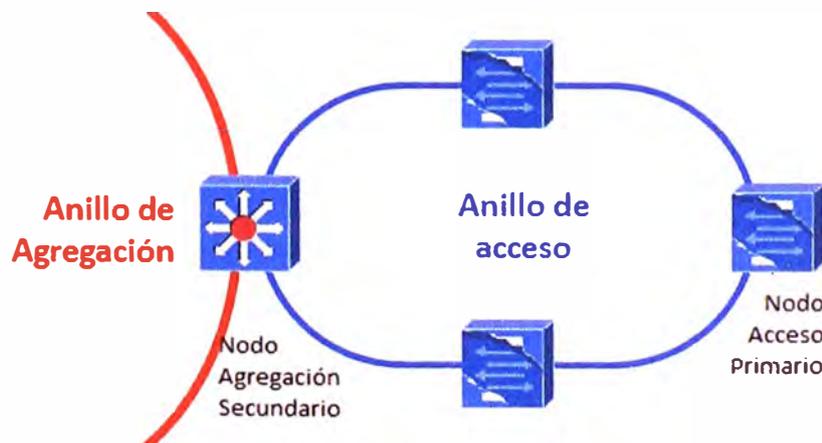


**Figura 4.10** Nodo de acceso secundario sobre un nodo de agregación secundario.

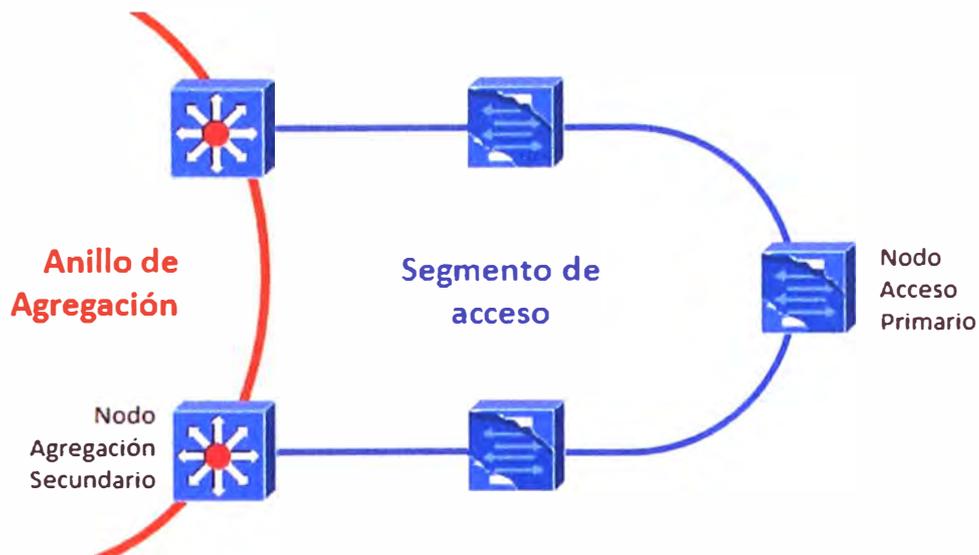
Como se muestra en las figura 4.11, figura 4.12 y figura 4.13. Los nodos de acceso primario pueden estar conectados al anillo de agregación usando solo estrategias de acceso protegido. Los nodos de agregación secundarios pueden agregar el tráfico de los clientes agregados en los nodos de acceso primario. Múltiples nodos de acceso primario pueden ser conectados sobre un mismo nodo de agregación.



**Figura 4.11** Nodo de acceso primario en un acceso protegido.



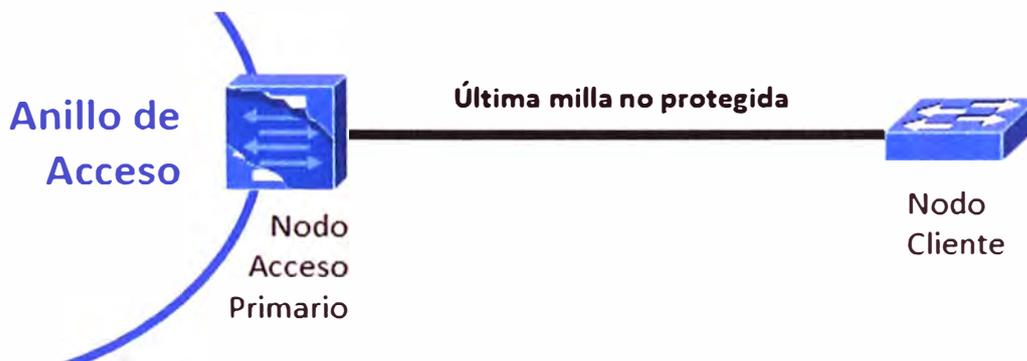
**Figura 4.12** Varios nodos de acceso primario en un anillo de acceso.



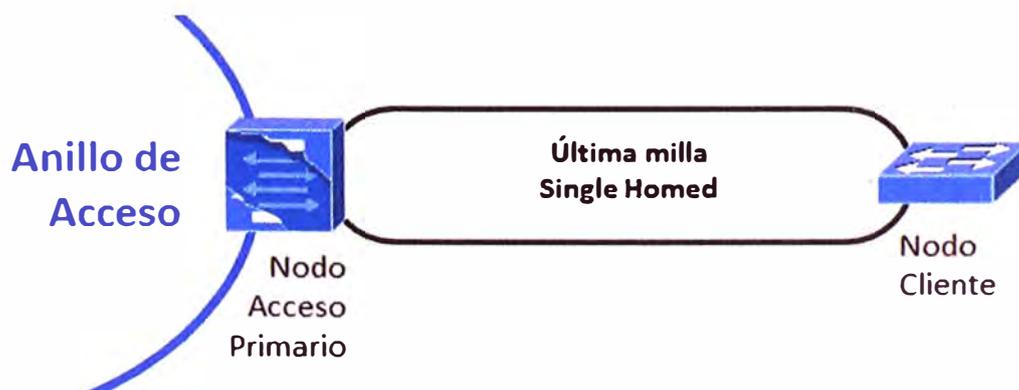
**Figura 4.13** Varios nodos de acceso primario en un segmento de acceso.

### c). Topología 3

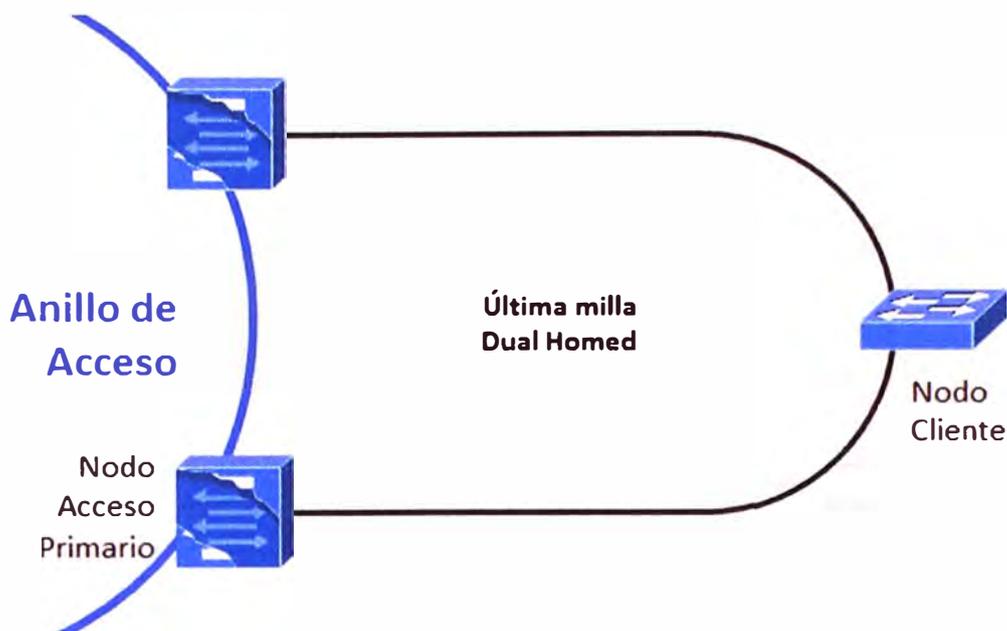
Como se mencionó en las secciones anteriores, los nodos de acceso primario pueden ser usados dentro de una topología de anillo cerrando sobre un mismo nodo de agregación o sobre dos diferentes nodos describiendo una topología de segmento. En las figura 4.14, figura 4.15 y figura 4.16 se muestra los tipos de topología permitidos para los nodos de acceso primario.



**Figura 4.14** Nodo cliente con última milla no protegida en nodo de acceso primario.



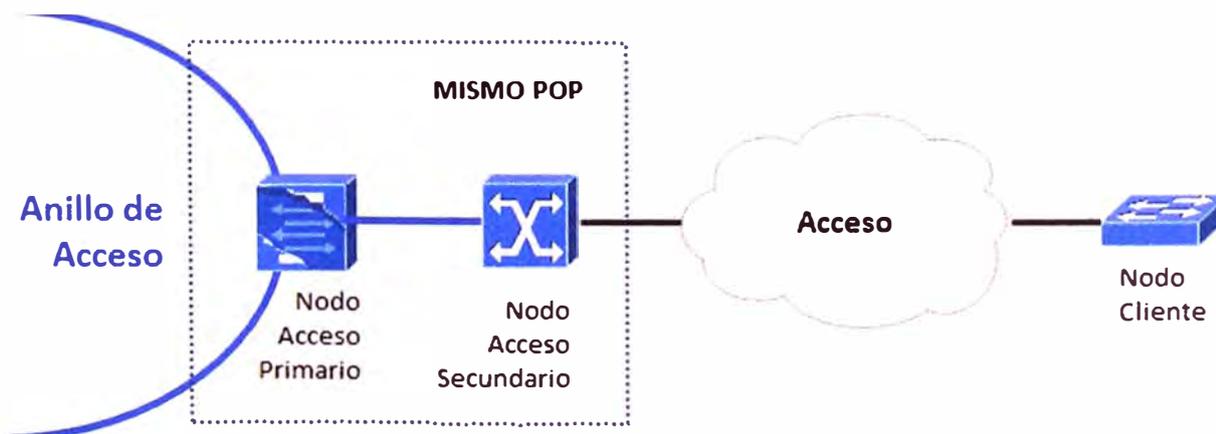
**Figura 4.15** Nodo cliente Single Homed



**Figura 4.16** Nodo cliente Dual Homed

#### d). Topología 4

Cuando estamos en la presencia de un anillo de acceso compuesto por nodos de acceso primarios que tienen pocos puertos disponibles o que solo tienen puertos de alta capacidad, podemos recurrir a los nodos de acceso secundarios para suplir la necesidad de conectar a los clientes hacia esos nodos, siempre en un mismo POP. También se puede dar este escenario cuando se requiere expandir una red Carrier Ethernet en una zona de pocos nodos y alta densidad de clientes. A continuación se muestra la figura 4.17 para tal objetivo.



**Figura 4.17** Nodo de acceso secundario en un Nodo de acceso primario

#### 4.3.7 Puntos de conexión de clientes

Basados en el tipo de acceso de la última milla y en la cantidad de ancho de banda que se le puede brindar al cliente, se define una tabla con los tipos de conexión permitidos en la red para los clientes. El objetivo principal de esta tabla es optimizar el costo de las

interfaces de los nodos de agregación y los nodos de acceso, como elementos de la red. Las topologías mostradas en la sección anterior representan y complementan la tabla 4.1.

**Tabla 4.1** Puntos de conexión de clientes en la red

Rango de Ancho de banda (Mbps)	Protección de última milla	Conexión a nodo
1 to (300xMCT) <sup>(1)</sup>	Single Home y Acceso protegido	Acceso principal
		Acceso secundario
	Dual Home	Acceso principal
301 to (1000xMCT) <sup>(2)</sup>	Single Home y Acceso protegido	Agregación principal
		Agregación secundario
		Acceso principal
	Dual Home	Agregación principal
Agregación secundario		

MCT es la Máxima Capacidad Troncal y representa el ancho de banda total disponible en las troncales cuando se usan los links de agregación para incrementar la capacidad del anillo o segmento. En la siguiente sección veremos más a detalle el crecimiento de capacidad troncal y como se calcula el MCT.

- (1) Si el cliente es conectado a un anillo o segmento de acceso, el MCT no debe ser mayor a 3Gbps, asegurando no proveer más del 30% del total del ancho de banda disponible al anillo de agregación, que es de 10Gbps.

Servicios con capacidades mayores a 1Gbps de ancho de banda, deben de ser analizados puntualmente.

### **Crecimiento de capacidad troncal**

Hay dos maneras de incrementar la capacidad troncal de los enlaces. Una manera es saltando a una interfaces con mayor capacidad; por ejemplo, si una interface 1GE es usada, el siguiente paso debería ser usar una interface de 10GE. La segunda manera es usando enlaces de agregación; esta opción para enlaces troncales de 1GE debería ser tomada solo si no es factible la posibilidad de hacer un upgrade de la interface a 10GE. Ya que para el proveedor de servicios vamos a usar un anillo de agregación de 10GE, el paso siguiente para hacer una upgrade al anillo sería usar interfaces de 40GE o 100GE (que implica un cambio en la tecnología propuesta), o usando un enlace de agregación adicional

de 10GE elevando el enlace a 20GE (no habría cambio de tecnología, solo la implementación de un enlace adicional).

En las secciones anteriores definimos algunas reglas de diseño de red basadas en las troncales de máxima capacidad relacionadas con el total de ancho de banda disponible en un anillo de agregación, anillo de acceso o segmento de acceso. El MCT (Máxima capacidad troncal) debe ser calculado basado en el uso de enlaces de agregación:

- Enlace de agregación no es usado:

$$MCT = TrBW$$

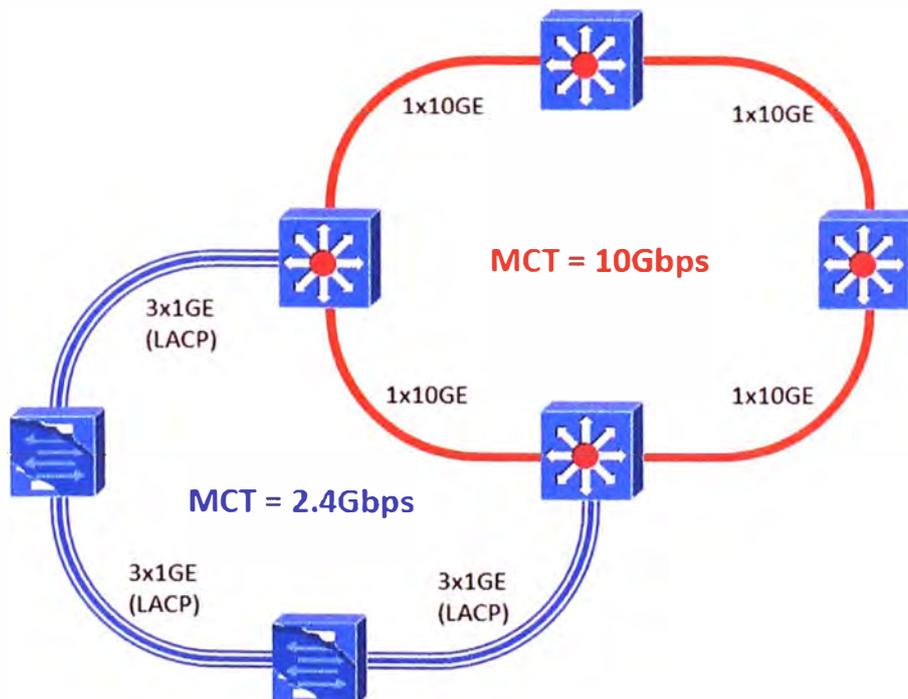
- Enlace de agregación es usado:

$$MCT = 0.8 \sum_{i=1}^n TrBW_{(i)}$$

Donde:

- MCT: Máxima Capacidad Troncal.
- TrBW: Máximo ancho de banda disponible en la troncal.
- n: Valor entero que representa el número de interfaces para el enlace de agregación.

En la figura 4.18 se muestra un ejemplo de cómo está definido el crecimiento de ancho de banda de un segmento de acceso, usando LACP en una interface de 1GE y el cálculo del MCT.



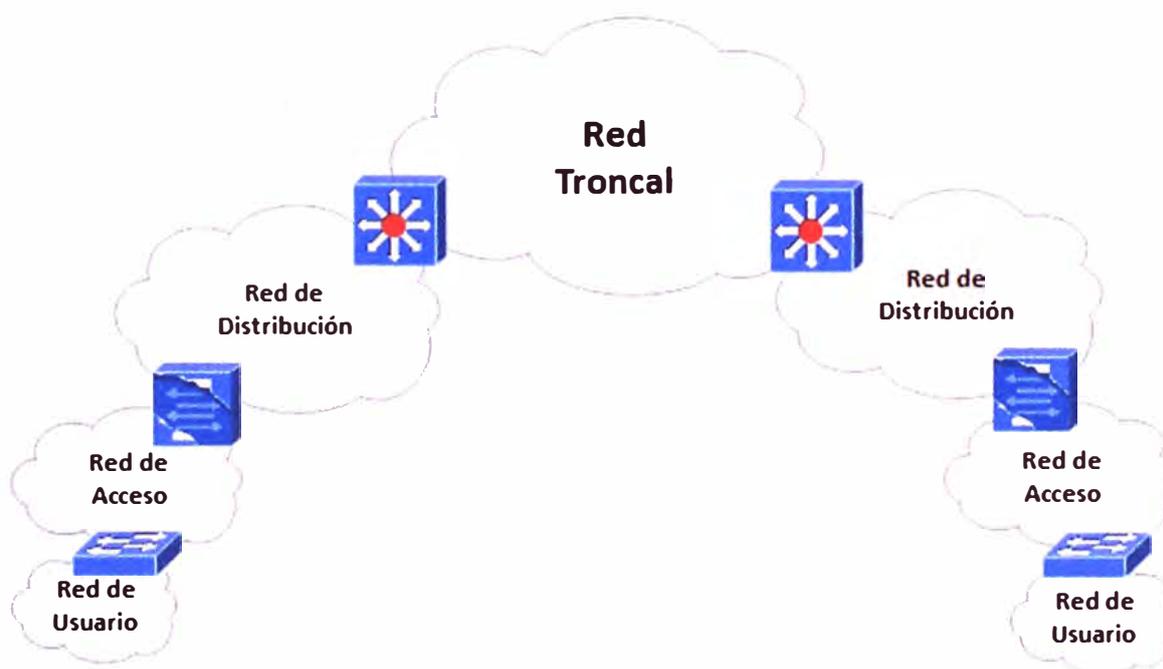
**Figura 4.18** Crecimiento de capacidad troncal

De la figura 4.18, se muestra que el MCT del anillo de agregación es de 10Gbps, esto debido a que existe un solo anillo con interfaces de 10GE formando el anillo de agregación; en cambio, el MCT del anillo de acceso es de 2.4Gbps, esto debido a que existen tres anillos con interfaces de 1GE, generando un enlace de agregación con LACP. De la fórmula propuesta para enlace de agregación, se multiplica la suma de los enlaces por un factor de 0.8, llegando al resultado mostrado.

#### 4.4 Diseño Tecnológico de la red Carrier Ethernet

El presente proyecto establece, la arquitectura de un Portador o Carrier Ethernet para un entorno multiproveedor y multiservicios. Los servicios ofertados pueden ser de dos o más niveles, siendo siempre accesibles a través de Ethernet debido a la naturaleza de las redes de acceso y transporte.

Las redes portadoras o Carrier Ethernet son generalmente sistemas conformados por zonas bien definidas (ver figura 4.19), con funciones y equipos específicos. Se consideran las siguientes áreas:



**Figura 4.19** Áreas de una red portadora

- **Red de Usuario:** Es la red ubicada en las instalaciones del cliente, generalmente en el cuarto de comunicaciones, conformada por Switches dispuestos para entregar servicios empresariales, o en el cuarto de máquinas de un edificio para los servicios residenciales. En aplicaciones residenciales FTTB, el Switch puede también estar localizado en cabinas centrales dentro del vecindario.

- **Red de Acceso:** La red de acceso es la encargada del transporte de datos en la primera milla entre la red de usuario (CPE) y el Nodo de Acceso (que se encuentra normalmente en la Central Office (CO) o Punto de Presencia (POP) del Proveedor); mediante esta red se recibe, concentra y dirige los datos desde y hacia las redes de distribución y troncales de alta velocidad del proveedor.

Dependiendo del tamaño de la red y su despliegue geográfico, el proveedor de servicios debe lograr la agregación en uno o más puntos de acceso.

- **Red de Distribución:** Es la red conformada típicamente por Puntos de Presencia del proveedor que colecta el tráfico de varios POPs para transferirlo a un servicio específico en el núcleo de la red del proveedor.
- **Red Troncal:** La red troncal o núcleo del proveedor suministra la interconexión principal entre los distintos POPs del proveedor, así como el acceso hacia redes públicas, Internet, y salidas internacionales.

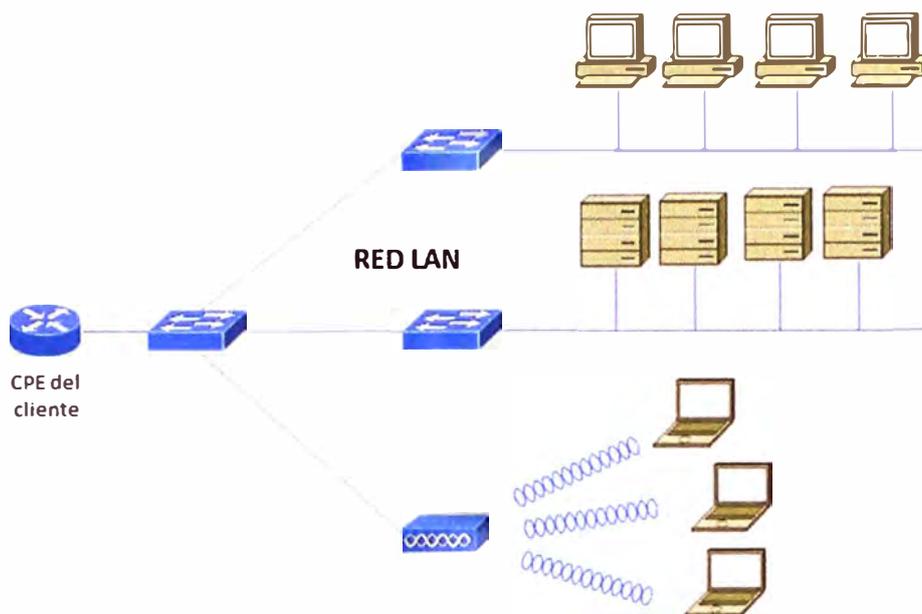
Si bien se habla de Ethernet como una única tecnología, en realidad se trata de un conjunto de estándares, todos ellos fácilmente interoperables, reafirmando a Ethernet como una buena opción en áreas metropolitanas, por su continua evolución y fácil compatibilidad con las redes existentes.

#### 4.4.1 Red de usuario

En el lado del abonado se considera un escenario de redes LAN Ethernet tradicionales. Todo este equipamiento de cliente es conocido como CPE (Customer Premise Equipment) que será a donde llegue la conexión de la red Carrier Ethernet a través del UNI. El CPE será por lo tanto un Router, Switch, etc. El UNI definido por Carrier Ethernet es el conocido puerto Ethernet RJ45 o puerto de fibra óptica. Es decir que el proveedor de red Carrier Ethernet llega hacia sus usuarios con un cable de red.

La tecnología base para acceder a servicios Ethernet multipunto, es IEEE 802.1Q para el tratamiento de redes virtuales, VLANs. Este estándar crea VLANs a través de la infraestructura LAN, permitiendo separar el tráfico de los distintos departamentos o grupos de trabajo del cliente. Dividiendo el tráfico difusivo por áreas contenidas y VLANs, se mejorará la administración, seguridad y disposición de la red del usuario. Cada VLAN es identificada por un Q-tag, conocido también como VLAN tag o VLAN ID, que diferencia el particionamiento lógico de la red para servir a diferentes comunidades de interés. Cada usuario tendrá la posibilidad manejar hasta 4096 diferentes VLANs en su red LAN.

A continuación se muestra la figura 4.20 de una red de usuarios:



**Figura 4.20** Red de usuario

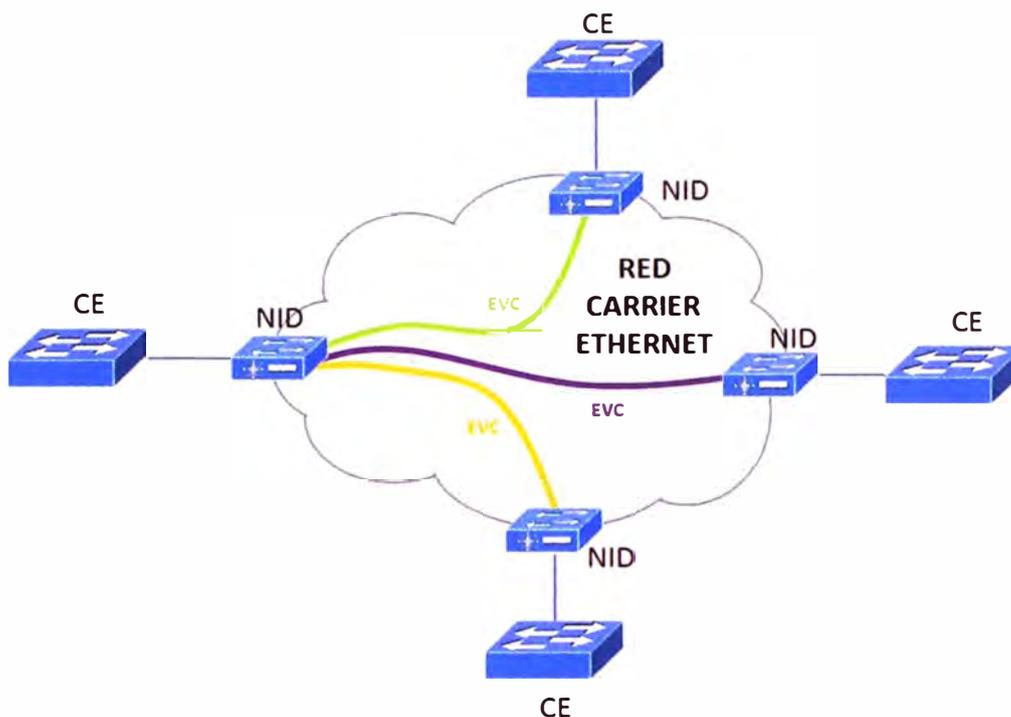
#### 4.4.2 Red de Acceso

Las redes de acceso juegan un papel destacado en el desarrollo de los nuevos servicios de conectividad y comunicación. Aunque no es el único condicionante, la red de acceso resulta determinante en la calidad de los nuevos servicios, pudiendo servir de instrumento catalizador o inhibidor del proceso global, en función de sus prestaciones.

Existe una gran variedad de tecnologías de redes de acceso, las cuales dependen principalmente del alcance del proveedor de servicios, en cuanto a su estrategia de negocios, despliegue de red, permisos, etc. Se consideran los siguientes tipos: Fibra óptica, cobre y radio.

Antes de empezar a definir cada tipo de acceso, es importante mencionar que las redes de acceso dependen primordialmente de cómo están llegando al cliente, es decir, dependen del CPE. El CPE es un punto de revisión y de demarcación en el cuál el proveedor de servicios puede constatar el estado de la red de acceso.

Los servicios que datos de internet que entrega el proveedor de servicios requieren de un CPE de cara al cliente, con propósitos de delimitación de ancho de banda, demarcación de calidad de servicios, Troubleshooting, monitoreo de tráfico, pruebas de calidad del enlace, entre otros. En este escenario, el CPE por excelencia es un router. Pero qué pasa en los servicios de capa 2, servicios EoMPLS, o servicios donde el CPE no pertenece al proveedor de servicios. En este escenario el CPE a utilizar es un Switch, o en una versión más económica y versátil se puede optar por un NID (Network Interface Device o equipo de demarcación de red).



**Figura 4.21** NID, equipo de demarcación de red

El NID es un elemento de red en las redes Carrier Ethernet que se pueden conectar directamente con el equipamiento del cliente (conocido como CE o Customer Equipment). Cuando se provee conectividad entre los CEs sobre la red Carrier Ethernet, los elementos de red que le proveen conectividad, incluido el NID, son responsabilidad del proveedor de servicios. Lo mismo sucede cuando con un router CPE de capa 3, la red del proveedor de servicios va desde el router CPE hasta la red de Backbone, ofreciendo conectividad de punta a punta.

Teniendo en cuenta ambas definiciones, se puede armar una tabla comparativa de los tipos de CPE a utilizar dependiendo de los servicios del proveedor:

**Tabla 4.2** CPE por tipo de servicio

CPE	TIPO DE SERVICIO
Router	*Servicios de capa 3 con CPE propio Datos Internet Telefonía
Switch o NID	*Servicios de capa 3 con CPE de cliente *Servicios de capa 2 Ethernet puro *Servicios de capa 2 EoMPLS o VPLS

La utilización de un NID o de un Switch depende del tipo de servicio a implementar. Por lo general se opta por un Switch cuando el servicio es de alta capacidad o necesita mayores prestaciones de configuración y soporte de hardware. En cambio, los NIDs suelen ser más económicos (500 dólares aproximadamente), y en muchos aspectos cuentan con las mismas características principalmente de configuración que un Switch.

Una vez definida la funcionalidad de los CPEs en las redes de acceso, se procede con la especificación de los tipos de acceso que usará el proveedor de servicios.

### a). Acceso de Fibra Óptica

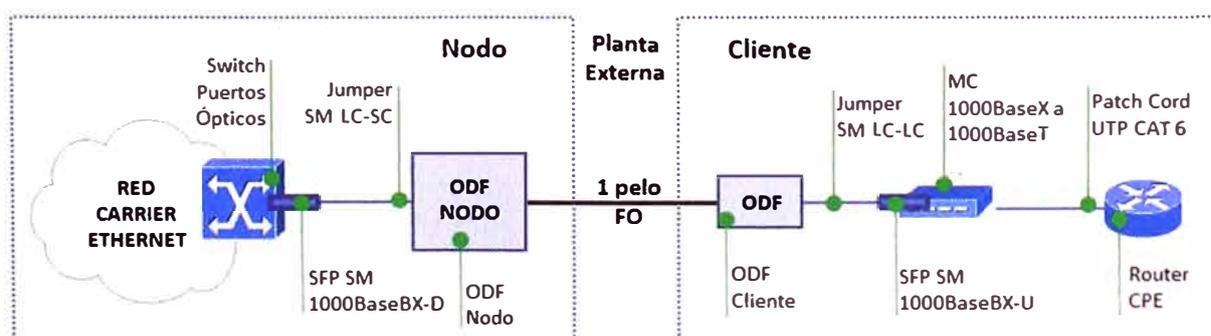
El medio físico por excelencia utilizado en las redes metropolitanas basadas en Ethernet y ahora en las nuevas redes de alta capacidad de transporte de información es la fibra óptica, su bajísima atenuación y bajo precio la han convertido en la solución por excelencia. Entre sus beneficios más destacados se encuentran:

- Inmune a interferencias electromagnéticas.
- Baja atenuación.
- Menos propensa a ser robada.
- Menor tamaño y peso.
- Mayor capacidad de ancho de banda.

Sin embargo, cabe recalcar que la instalación es costosa y debe ser hecha por personal capacitado, su mal manejo puede ocasionar cortes internos o degradación en ciertos tramos.

Adicionalmente a la fibra óptica, están todos los elementos de planta interna necesarios, que entre los más resaltantes para este diseño están: Conectores de fibra óptica, Jumpers (cableados pre-fabricados de fibra óptica), transceptores (SFP), ODFs, y Media Converters.

El primer esquema de un acceso de fibra óptica se muestra en la figura 4.22:

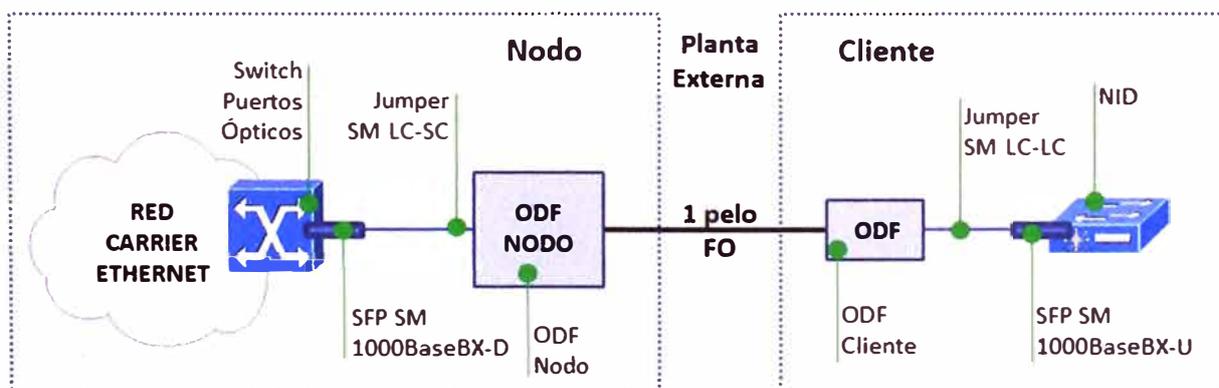


**Figura 4.22** Acceso de fibra óptica en un cliente de Capa 3

El acceso por fibra óptica empieza desde el nodo del proveedor de servicios. Por cada cliente se usará un puerto óptico de los Switches Carrier Ethernet; esto conlleva a que los Switches destinados a brindar servicios de fibra óptica deben de tener puertos ópticos para clientes, adicionales a los puertos ópticos destinados para troncales. Por lo general los Switches a utilizar son de una unidad de rack, con 24 puertos ópticos GE y dos puertos ópticos troncales GE o 10GE.

Pero Estos Switches no están completos sin los SFPs, estos SFPs deben de utilizar un Jumper de fibra óptica SM (Single Mode o monomodo), de conexión LC/UPC en el extremo que mira al SFP. El estándar Ethernet que utiliza un solo pelo de fibra óptica monomodo para la comunicación es el 1000BaseBX, que tiene las variantes tipo D y tipo U, dependiendo de la longitud de onda que utilizan. Como estándar se define que el SFP insertado en el Switch Carrier Ethernet es del tipo 1000BaseBX-D y el SFP insertado en el Media Converter o CPE del cliente es del tipo 1000BaseBX-U.

El otro extremo del Jumper del nodo usará conectores SC/UPC, esto debido a que en gran medida los ODFs utilizados por el proveedor de servicios tienen terminales del tipo SC/UPC. El ODF del nodo está conectado a las fibras ópticas de planta externa. Para llegar al cliente, se hacen una serie de acometidas y fusiones de fibra óptica que llegan hasta el ODF de cliente, que tendrá una toma para el Jumper del cliente en LC/UPC.



**Figura 4.23** Acceso de fibra óptica en un cliente de capa 2

Del lado del cliente, la instalación general consiste en un ODF conectado al SFP del tipo 1000BaseBX-U, a través de un Jumper de fibra óptica monomodo con conectores LC/UPC-LC/UPC. Este SFP debe ir insertado al puerto óptico del Media Converter.

Existen otras variantes de acceso de fibra óptica, como se muestra en la figura 4.23. Para clientes de capa 2 ya no usamos un Router sino un NID, en esta variante podemos optar por un NID que tenga puertos ópticos disponibles, con el objetivo de insertar el SFP

tipo 1000BaseBX-U directamente el NID, dejando de utilizar un Media Converter. Este arreglo implica un punto menos de falla y ahorro de costos en el equipamiento usado.

Estos accesos de fibra óptica varían dependiendo si el CPE a implementar cuenta con puertos ópticos, y principalmente si estos puertos ópticos soportan el estándar 100BaseBX o 1000BaseBX. A continuación se muestra la tabla 4.3 donde están todos los tipos de arreglo posibles para los accesos de fibra óptica:

**Tabla 4.3** Tipos de acceso de fibra óptica por tipo de CPE

CPE	Media Converter		SFP en CPE
	Puerto Eléctrico	Puerto Óptico	
Router puerto eléctrico FE	Sí. 100/full	SFP 100BaseBX-U	no aplica
Router puerto eléctrico GE	Sí. 1000/full	SFP 1000BaseBX-U	no aplica
Router puerto óptico GE	No aplica	No aplica	SFP 1000BaseBX-U
Switch puerto eléctrico FE	Sí. 100/full	SFP 100BaseBX-U	no aplica
Switch puerto eléctrico GE	Sí. 1000/full	SFP 1000BaseBX-U	no aplica
Switch puerto óptico GE	No aplica	No aplica	SFP 1000BaseBX-U
NID puerto óptico FE	No aplica	No aplica	SFP 100BaseBX-U
NID puerto óptico GE	No aplica	No aplica	SFP 1000BaseBX-U

De la tabla 4.3 se pueden sacar algunas conclusiones:

- Los SFPs a utilizar en el nodo y en el cliente, para soluciones FE son del estándar 1000BaseBX-D y 1000BaseBX-U respectivamente y para soluciones GE 100BaseBX-D y 100BaseBX-U respectivamente.
- Los NID aparte de tener las funcionalidades de CPE de capa 2, siempre se usan como Media Converter, tanto para las soluciones FE como soluciones GE. El NID que usa el proveedor de servicios tiene que ser compatible con ambos estándares, para no manejar stock diverso.
- Para las soluciones donde necesariamente se tiene que usar un Media Converter, el proveedor de servicios puede optar por usar un Media Converter de diferente tipo tanto para soluciones FE como para soluciones GE.

#### **b). Acceso de Radio**

Aunque el medio físico por excelencia para dar servicios a los clientes es la fibra óptica, por las ventajas que presenta principalmente en la disponibilidad de ancho de banda y baja atenuación, entre otras, el punto en contra es que el proveedor de servicios debe de tender una red muy extensa de planta externa para llegar con fibra óptica a las instalaciones

de los clientes. En muchos casos, la planta externa de fibra óptica no tiene la suficiente cobertura para llegar a los clientes que requieren servicio. Es en este escenario donde participa el acceso de radio, a través de radioenlaces que van del nodo del proveedor de servicios a las instalaciones del cliente.

En este sentido, las variables de implementación del servicio cambian; en ventaja, la cobertura del proveedor de servicios se extiende pasando los límites de planta externa de fibra óptica, volviéndose una solución flexible en cuanto a espacio territorial, ya que no existe una ruta definida para dirigir el enlace hacia las instalaciones del cliente, estas pueden estar en cualquier lado dentro del rango de cobertura del acceso de radio, siempre y cuando cumplan los requisitos de implementación, como es la línea de vista, niveles de atenuación aceptable, entre otros.

Como desventaja se puede mencionar que los requisitos para la implementación del servicio en las instalaciones del cliente son mayores que el de un acceso de fibra óptica, se tiene que considerar una infraestructura acorde al radioenlace: torre de transmisión, puesta a tierra, alimentación eléctrica del equipamiento en torre y gabinete, entre otros. Todas estas variables encarecen la solución de radio para prestaciones de servicio que son menores en comparación a un servicio de acceso de fibra óptica.

En definitiva, el proveedor de servicios usará el acceso de radio cuando no pueda llegar a las instalaciones del cliente por fibra óptica, siempre que el cliente este de acuerdo y tenga las capacidades técnicas para recibirlo.

- **Radioenlace**

Se denomina radio enlace a cualquier interconexión entre los terminales de telecomunicaciones efectuados por ondas electromagnéticas. Si los terminales son fijos, el servicio se lo denomina como tal y si algún terminal es móvil, se lo denomina dentro de los servicios de esas características.

Los enlaces se hacen básicamente entre puntos visibles, es decir, puntos altos de la topografía.

Cualquiera que sea la magnitud del sistema de microondas, para un correcto funcionamiento es necesario que los recorridos entre enlaces tengan una altura libre adecuada para la propagación en toda época del año, tomando en cuenta las variaciones de las condiciones atmosféricas de la región.

Para poder calcular las alturas libres debe conocerse la topografía del terreno, así como la altura y ubicación de los obstáculos que puedan existir en el trayecto.

- **Conceptos de Diseño:**

Los radioenlaces se realizan sólo si existe una vista del receptor (LOS, Line Of Sight o línea de vista), proveen conectividad de una manera sencilla y práctica entre dos o más sitios. La línea de vista (LOS) implica que la antena en un extremo del radio enlace debe poder "ver" la antena del otro extremo.

El diseño de un radioenlace de microondas LOS involucra cuatro pasos básicos:

- Elección del sitio de instalación.
- Relevamiento del perfil del terreno y cálculo de la altura del mástil o torre para la antena.
- Cálculo completo del radioenlace, estudio de la trayectoria del mismo y los efectos a los que se encuentra expuesto.
- Prueba posterior a la instalación del radioenlace, y su posterior puesta en servicio con tráfico real.

- **Tipos de radioenlace**

Una vez obtenido el concepto y el diseño de un radioenlace simple, se puede definir los tipos de radioenlace a implementar, siendo los más importantes;

- **Radioenlace punto a punto.** El radioenlace punto a punto es una conexión directa entre el nodo del proveedor de servicios y las instalaciones del cliente.

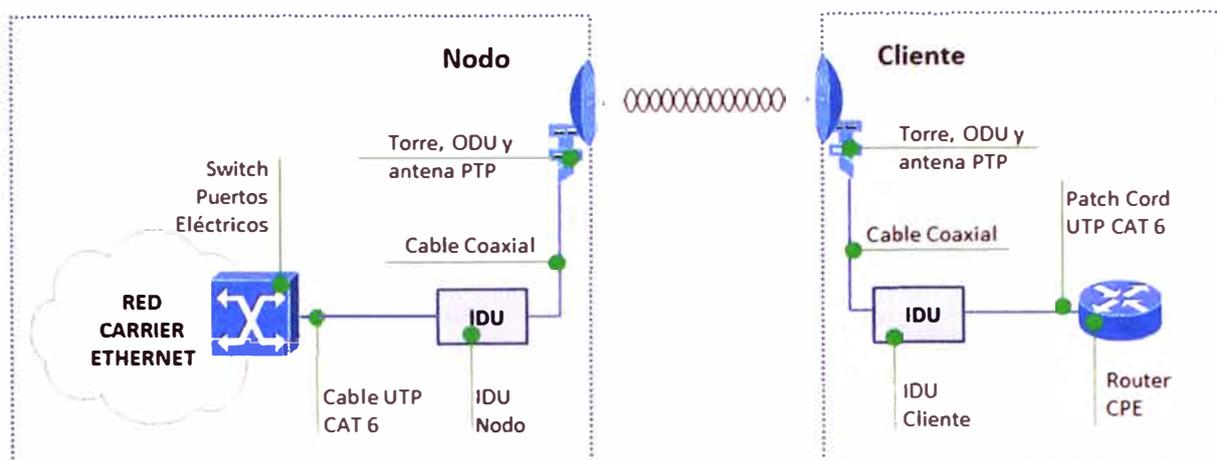
Por cada servicio se tiene que instalar una antena en la torre del nodo apuntando al cliente, y toda una implementación de radio (antena, torre, aterramiento, etc.) en las instalaciones del cliente, si es que no la tuvieron. El ancho de banda del acceso punto a punto es dedicado para el cliente.

Las variables que influyen en el medio de transmisión solo afectan al cliente, como es el caso de interferencia o superposición de frecuencias.

En la figura 4.24 se muestra el modelo a optar por el proveedor de servicios para accesos punto a punto.

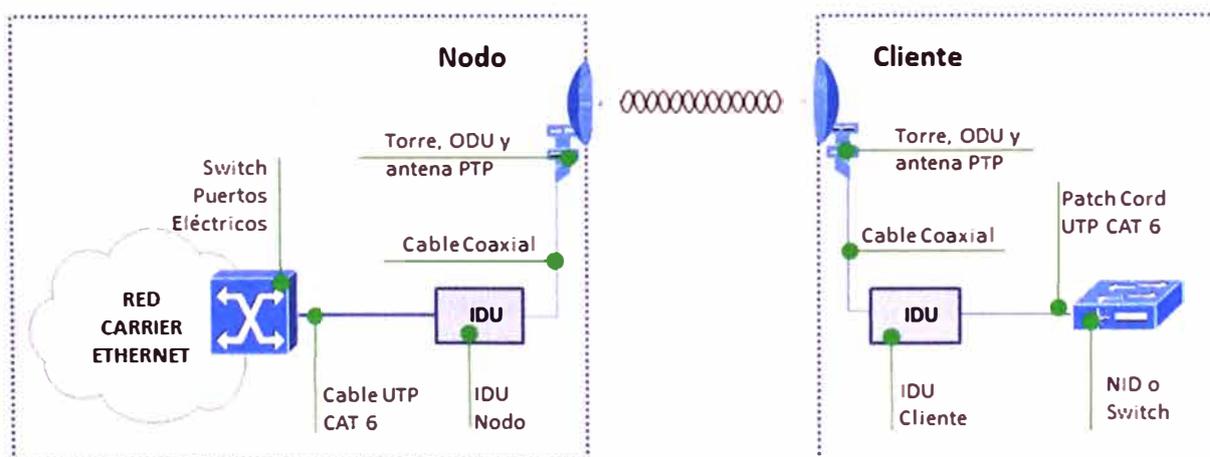
Se aprecia que el modelo de Switch Carrier Ethernet cambia, ya que para este tipo de implementación punto a punto solo usamos Switches con puertos eléctricos para clientes.

Podríamos usar un Switch con 24 puertos GE y 2 puertos ópticos GE o 10GE para el uso de troncales. También se puede apreciar que del lado del cliente usamos un Router CPE, que se usa como punto de demarcación para los servicios de capa 3.



**Figura 4.24** Acceso de radio Punto a Punto

Algo que hay que resaltar, es que también se pueden brindar soluciones de capa 2 Ethernet o EoMPLS sobre el acceso de radio. Esto solo está permitido para los accesos de radio Punto a Punto, debido a que los recursos de capa 2 como MACs y VLANs no son compartidas por otros medios. En la figura 4.25 se muestra como debe ser el acceso de radio punto a punto para capa 2.

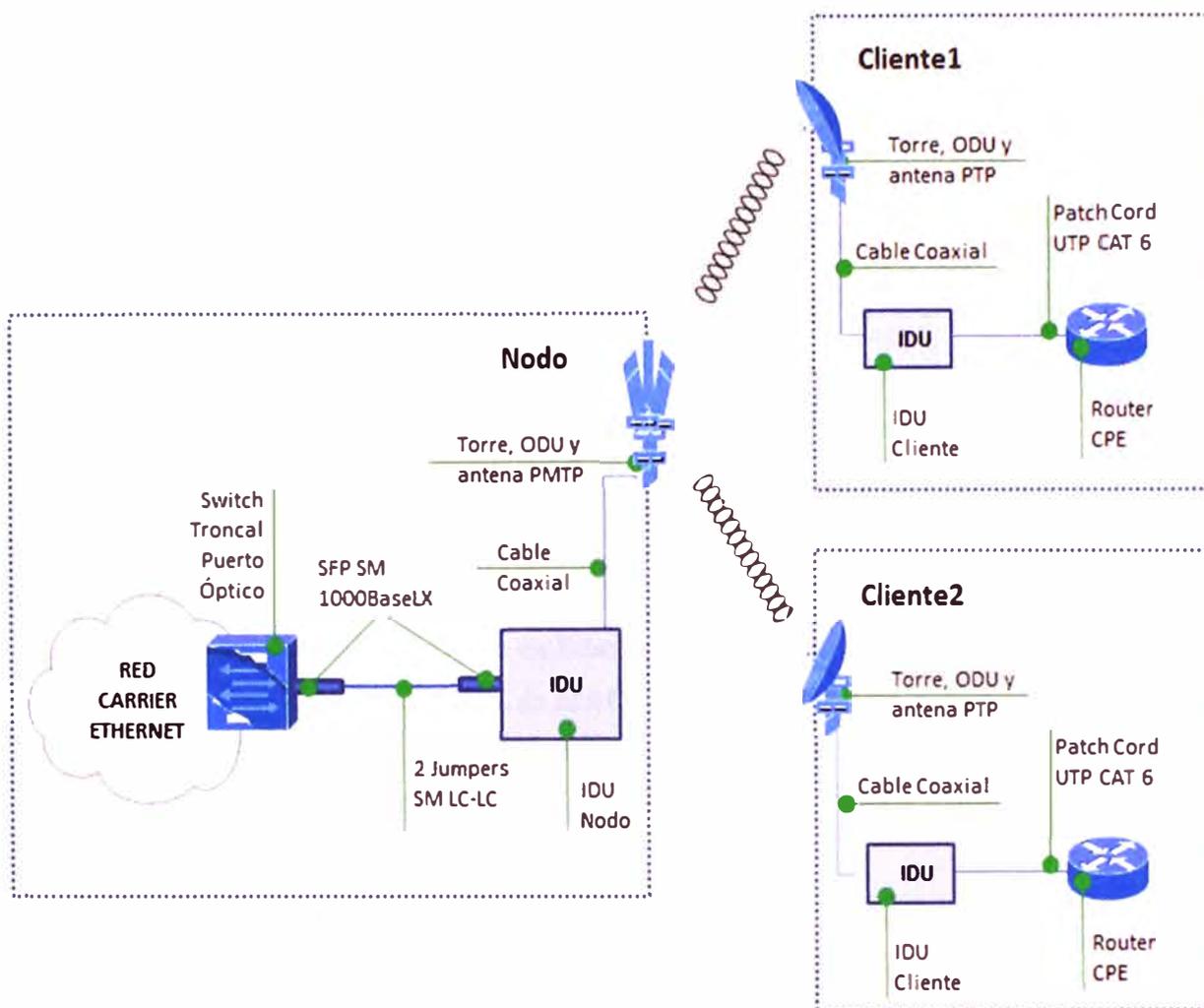


**Figura 4.25** Acceso de radio Punto a Punto para enlaces de capa 2

- **Radioenlace punto a multipunto.** El radioenlace punto a multipunto es una conexión compartida del proveedor de servicios hacia los clientes que estén dentro de su rango de cobertura.

En este esquema, el proveedor de servicios ya cuenta con una infraestructura definida en el nodo, con antenas de transmisión que irradian una zona de cobertura extensa, que dependiendo de los sectores instalados pueden cubrir un ángulo de 360° desde el nodo. El ancho de banda de este medio es compartido y las variables del medio afectan a todos los clientes que tributen de este tipo de radioenlace.

A continuación se muestra la figura 4.26 punto a multipunto.



**Figura 4.26** Acceso de radio Punto a Multipunto

En la figura 4.26 se muestra el modelo a optar por el proveedor de servicios para accesos punto a multipunto.

Como se puede apreciar, la implementación en el nodo cambia considerablemente, ya que el Switch Carrier Ethernet a utilizar no es el de puertos eléctricos para los enlaces de radio, sino es un Switch de acceso que recibe enlaces troncales a través de puertos ópticos.

La base del nodo debe contar con una IDU que tenga puertos ópticos con capacidad de soportar un transceptor SFP de estándar 1000BaseLX, que utiliza dos Jumpers de fibra óptica monomodo con conectores LC/UPC, en ambos extremos.

Del lado de los clientes la topología no cambia, lo único que cambia es el tipo de radio a utilizar y la modulación de frecuencia, ya que va a recibir la señal de una base expandida y no de manera puntual, como sucedía en las soluciones punto a punto.

A continuación se muestran unas tablas con las ventajas y desventajas de tener con este tipo de soluciones, dando información técnica adicional de cada tipo:

**Tabla 4.4** Ventajas de los Radioenlaces P2P y P2MP

TIPO	VENTAJAS
PUNTO A PUNTO (PTP)	<p>Prácticamente ha disponibilidad de soluciones hasta 300Mbps, solo cambiando el IDU y/o liberando la licencia de velocidad (desde que la distancia lo permita, y que el troncal soporte el incremento de ancho de banda).</p> <p>El enlace PTP es como un "cable" totalmente transparente, pero en inalámbrico.</p>
PUNTO A MULTI PUNTO (PMTP)	<p>Solo una IDU y antena en el Nodo. Menos costos de espacio e energia en Torre y Nodo.</p> <p>Flexibilidad en ancho de banda.</p> <p>Salida solo en Ethernet</p> <p>Limitación de MAC-Addresses y VLAN</p> <p>Podemos subscribir 1:4. En la grande mayoria de los casos, el punto central soporta hasta 75Mbps, aunque nominalmente soportaria 150Mbps. En subscribir 1:4 podriamos tener 300Mbps.</p>

**Tabla 4.5** Desventajas de los Radioenlaces PTP y PTMP

TIPO	DESVENTAJAS
PUNTO A PUNTO (PTP)	<p>Alto Costo: CAPEX, OPEX de utilización de la licencia para cada uno de los enlaces, OPEX de utilización de espacio en torre, en Nodo, y utilización de energia.</p>
PUNTO A MULTI PUNTO (PMTP)	<p>Hay limitación de ancho de banda. Si el ancho de banda es muy largo, es mejor tener PTP.</p> <p>Hay que tener masa critica para salir de una solución PTP para PMP.</p> <p>Solo maneja servicios de capa 3, con un router CPE. Un servicio de capa 2 debe darse solo con acceso PTP.</p> <p>En subscribir 1:4 podriamos tener 300Mbps, pero es necesario que el proveedor de servicios sea conciente que no es un enlace transparente ni un enlace de capa 2. Además de tener un control adecuado del ancho de banda.</p>

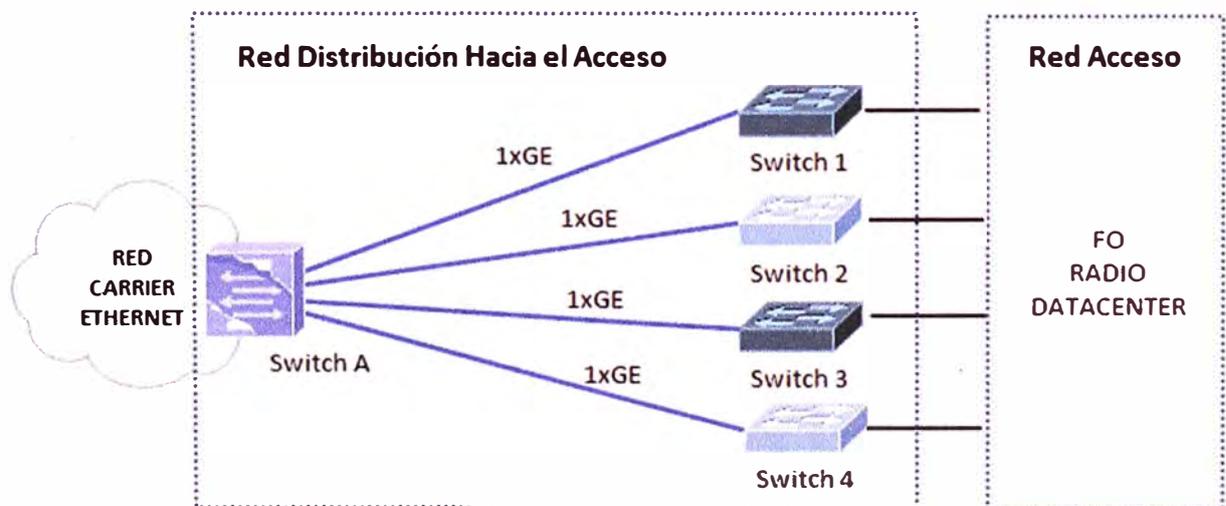
### 4.4.3 Red de Distribución

La función de la red de distribución es establecer la conectividad entre el usuario que llega por la red de acceso y el backbone o red troncal. Está compuesta por una serie de topologías protegidas y no protegidas donde los nodos de acceso se unen a los nodos de agregación de la red troncal. Aunque ya hablamos bastante de esto cuando vimos el diseño jerárquico y el diseño conceptual de las redes Carrier Ethernet, esta sección se encargará de ver los elementos tecnológicos necesarios para la implementación de una red de distribución.

Como la red de distribución es la que más se extiende sobre la red Carrier Ethernet, debe de contar un orden de implementación tanto de planta interna como de planta externa. El orden correcto de esta red es vital para tener una mayor eficiencia de recursos de espacio y recursos lógicos troncales de todos los tipos de red que participan.

#### a). Planta Interna

La conectividad de las redes de acceso hacia la red portadora es brindada a través de Switches, que pueden tener puertos de clientes eléctricos u ópticos, dependiendo de la necesidad de los clientes. Los Switches de acceso deben de estar distribuidos en los gabinetes del nodo de una forma tal que haya un ahorro de espacio considerable. Por ello, un correcto diseño sugiere que en nodos donde haya despliegue de fibra óptica se agrupen todos los Switches ópticos, lo mismo para las otras tecnologías, los Switches deben de agruparse dependiendo del tipo. Sea cual sea el modelo físico de implementación, los Switches destinados al acceso de clientes deben de estar conectados como se muestra en la figura 4.27.



**Figura 4.27** Disposición de Switches de acceso en la red de distribución

Físicamente, la instalación de los Switches se debe de agrupar dependiendo del tipo de Switches a usar, en un gabinete irán los Switches que tengan puertos ópticos (para accesos de fibra óptica) y en otro los que tengan puertos eléctricos (acceso de radio y Datacenter). En la figura 4.28 y figura 4.29 se muestra la disposición de los gabinetes:

GABINETE 1	
1UR	Switch A - 24xGE + 2x10GE ópticos
1UR	Ordenador
1UR	Switch 1 - 24xGE óptico + 2x1GE óptico
1UR	Ordenador
1UR	Switch 2 - 24xGE óptico + 2x1GE óptico
1UR	Ordenador
1UR	Switch 3 - 24xGE óptico + 2x1GE óptico
1UR	Ordenador
1UR	Switch 4 - 24xGE óptico + 2x1GE óptico
1UR	Ordenador
1UR	...

**Figura 4.28** Disposición física de Switches ópticos

GABINETE 2	
1UR	Switch A - 24xGE + 2x10GE ópticos
1UR	Ordenador
1UR	Switch 1 - 24xGE eléctrico + 2x1GE óptico
1UR	Ordenador
1UR	Patch Panel 24xGE eléctrico
1UR	Ordenador
1UR	Switch 2 - 24xGE eléctrico + 2x1GE óptico
1UR	Ordenador
1UR	Patch Panel 24xGE eléctrico
1UR	Ordenador
1UR	Switch 3 - 24xGE eléctrico + 2x1GE óptico
1UR	Ordenador
1UR	Patch Panel 24xGE eléctrico
1UR	Ordenador
1UR	...

**Figura 4.29** Disposición física de Switches eléctricos

La figura del ordenador y del Patch Panel en los gabinetes cumple una función importante en el orden de los cableados de los clientes y en los cableados de los Jumpers troncales. Adicionalmente a ello, se debe de cumplir un correcto etiquetado en cada cableado para identificar la posición del acceso de los clientes y la ubicación de los equipos troncales.

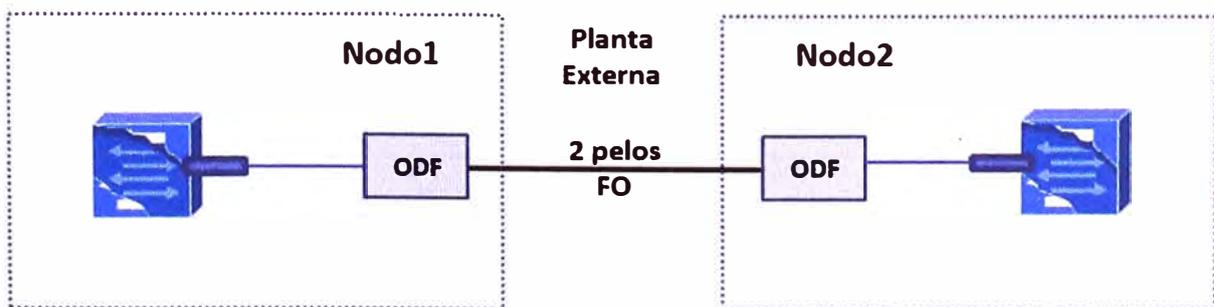
Finalmente, comprendida la ubicación y la importancia de los Switches en los nodos, podemos definir los tipos de Switches a utilizar, dependiendo principalmente de los puertos físicos:

- Switch de 24 puertos GE ópticos y 2 puertos 10xGE ópticos
- Switch de 24 puertos GE ópticos y 2 puertos 1xGE ópticos
- Switch de 24 puertos FE ópticos y 2 puertos 1xGE ópticos
- Switch de 24 puertos GE eléctricos y 2 puertos 1xGE ópticos
- Switch de 24 puertos FE eléctricos y 2 puertos 1xGE ópticos

Todos estos Switches deben ser de 1 unidad de rack (UR), con fuentes redundantes modulares, dependiendo del tipo de energía eléctrica que presente el nodo, continua o alterna. Se escogen Switches solo de 24 puertos debido a que si el Switch falla solo se van a afectar 24 clientes, en comparación con Switches que son de 48 puertos o Switches con placas de acceso modulares; si se agotan los puertos de un Switch de 24 puertos, se procederá a instalar otro Switch en base al esquema propuesto. Las capacidades de rendimiento y capilaridad de acceso dependerán de la concentración de clientes a soportar en el nodo.

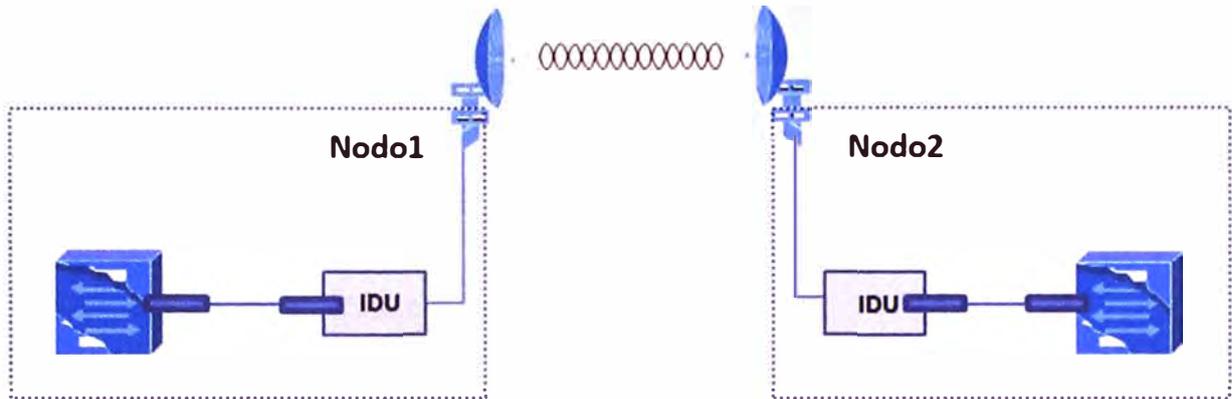
#### b). Planta externa

En esta parte vamos a ver cómo es la interconexión entre los nodos de la red de distribución. El acceso favorito para estas interconexiones es el acceso por fibra óptica, a través de la planta externa de fibra óptica destinada solo para accesos troncales con las que cuenta el proveedor de servicios.



**Figura 4.30** Troncal entre dos nodos de distribución por fibra óptica

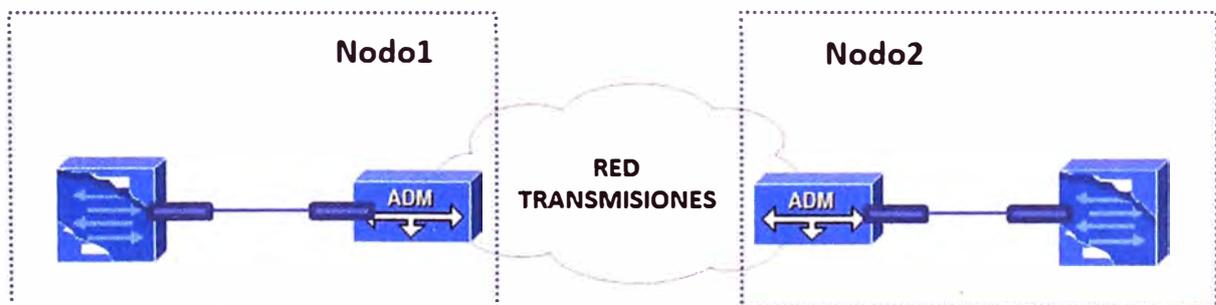
Las prestaciones de tener los nodos conectados directamente por fibra óptica son las mejores en todos los aspectos, pero la red de planta externa del proveedor es limitada en muchas áreas de la red metropolitana. Esto nos obliga a buscar otras opciones de ampliación de la red Carrier Ethernet, como accesos de radio o accesos por la red de transmisiones del proveedor. A continuación se muestra en la figura 4.31 y figura 4.32 cómo son los accesos por otros tipos de tecnologías.



**Figura 4.31** Conexión troncal por radioenlace punto a punto

La disponibilidad de un enlace troncal de este tipo está sujeta a las variaciones atmosféricas del medio ambiente, y a la factibilidad de línea de vista en el medio. El proveedor de servicios usará este enlace troncal cuando no sea factible llegar por la planta externa de fibra óptica, o cuando se requiera un enlace de respaldo de la troncal entre los nodos. EL ancho de banda que nos suministra esta troncal es por lo general de unos 150Mbps a unos 300Mbps, dependiendo de las licencias adquiridas para el radioenlace.

Es bueno mencionar también que la tecnología de radio a utilizar debe de soportar puertos ópticos del estándar 1000BaseLX en las IDUs de las radios. Esto con el objetivo de homogeneizar las troncales del proveedor de servicio en la red de distribución.



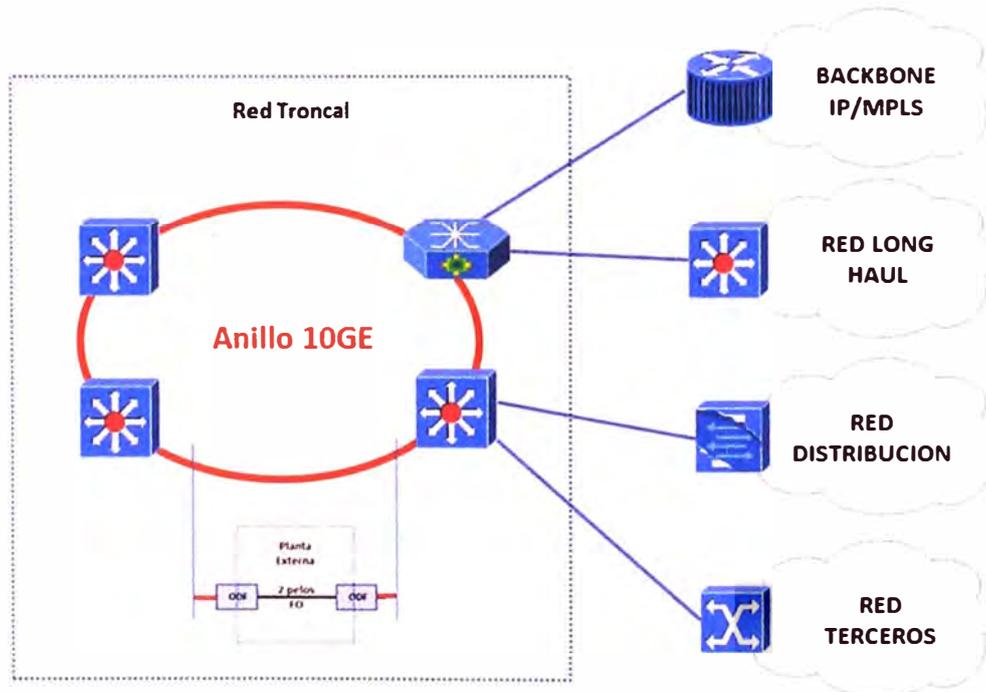
**Figura 4.32** Conexión troncal por la red de transmisiones

La figura 4.32 nos muestra otro tipo de acceso troncal para la red de distribución. Esta se usa cuando solo existe entre los nodos un solo medio de comunicación el cuál es una red de transmisión SDH. Lo que hace la red de transmisión es entregarnos un canal en

capa 1, a través de crossconexiones que se enlazan simulando un enlace transparente de 1Gbps. El estándar de conexión entre los equipos Carrier Ethernet y los equipos SDH es el Ethernet 1000BaseLX. Los equipos ADM transportan las tramas Ethernet sobre la red SDH haciendo el proceso de encapsulación y desencapsulación de tramas, esto se le conoce como Ethernet sobre SDH o EoSDH.

#### 4.4.4 Red Troncal

La red troncal o red de Backbone es aquella en la cual se concentra toda la capacidad de conmutación de la red Carrier Ethernet. Está formada principalmente por anillos de 10GE, usando solo conexiones de fibra óptica del proveedor de servicio. La red troncal concentra y transporta todo el tráfico agregado de la red de distribución, destinadas a la red IP/MPLS para servicios de capa 3 o servicios de capa 2 EoMPLS, o pasante solo para servicios de capa 2 Ethernet puro.



**Figura 4.33** Red Troncal

Adicionalmente, también asume la conexión de las troncales hacia otro tipo de redes como puede ser la red IP/MPLS, la red Long Haul (red interprovincial de acceso Ethernet), o redes de terceros formando interconexiones a través de puertos E-NNI, como se muestra en la figura 4.33. Todas estas interconexiones se hacen a través de interfaces ópticas y solo están permitidas conexiones en 1GE y 10GE, de manera independiente o en enlaces de agregación, considerando las recomendaciones de máxima capacidad troncal de los enlaces.

El equipamiento que soporta la red troncal deben ser los de mayor capacidad de conmutación del mercado, adoptando tecnologías de redundancia a todo nivel. Este equipamiento será descrito en la siguiente sección, con las características más resaltantes.

De manera lógica, la red troncal puede trabajar con Ethernet puro o con VPLS, para nuestro caso solo vamos a considerar un red troncal formada por anillos que usan Ethernet puro, Las definiciones de VPLS no están descritas en el presente informe de suficiencia.

#### 4.5 Requerimientos técnicos de equipos para nodos de red

De acuerdo a la función que desempeñaría cada nodo en la red, se detallarán en las tablas 4.6, 4.7 y 4.8 los requisitos mínimos que deberán cumplir los equipos a ser utilizados en los mismos.

**Tabla 4.6** Requisitos técnicos para equipos de Nodos de Acceso

Nodos de Acceso	
<b>1. Requerimientos de Acceso</b>	
Soporte de Tecnologías:	*IEEE 802.3ah: EFM Cobre, EFM Fibra, EFM PON, FTTH, FTTC, FTTB, DWDM *XDSL (EoVDSL, ADSL), ISDN, RS232
Estándares:	*10Base2, 100BaseFX, 1000BaseT, 1000BaseSX, 1000BaseLX, 1000BaseBX
<b>2. Requerimientos de Conmutación</b>	
Protocolos:	*Ethernet IEEE 802.3 *IEEE 802.1D – 2004 Spanning Tree Protocol (STP and RSTP) *IEEE 802.1w – 2001 Rapid Reconfiguration for STP, RSTP *IEEE 802.3ad Static load sharing configuration and LACP based dynamic configuration *IEEE 802.1Q VLAN Tagging *IEEE 802.1ad Q-in-Q Tagging *Protocol-based VLAN *Port-based VLAN *Multiple STP domains per VLAN
<b>3. Calidad de Servicio</b>	
Estándares:	*IEEE 802.1D – 1998 (802.1p) Packet Priority *RFC 2474 DiffServ Precedence, including 8 queues/port *RFC 2598 DiffServ Expedited Forwarding (EF) *RFC 2597 DiffServ Assured Forwarding (AF)
<b>4. Requerimientos de Administración y Mantenimiento</b>	

**Tabla 4.6** Requisitos técnicos para equipos de Nodos de Acceso. Continuación.

Protocolos:	<ul style="list-style-type: none"> <li>*IEEE 802.1ag Connectivity Fault Management</li> <li>*E-LMI/ MEF-16</li> <li>*IEEE 802.3ah OAM</li> <li>*SNMP V1,V2,V3</li> <li>*RFC 854 Telnet client and server</li> <li>*RFC 783 TFTP Protocol (revision 2)</li> <li>*RFC 951, 1542 BootP</li> <li>*RFC 2131 BOOTP/DHCP relay agent and DHCP server</li> <li>*RFC 1591 DNS (client operation)</li> <li>*RFC 1212, RFC 1213, RFC 1215 MIB-II, Ethernet-Like MIB &amp; TRAPs</li> </ul>
<b>5. Seguridad</b>	
Soporte de Tecnologías:	<ul style="list-style-type: none"> <li>*SFTP client/server with encryption/authentication (requires export controlled encryption module)</li> <li>*SNMPv3 user based security, with encryption/authentication</li> <li>*RFC 1492 TACACS+</li> <li>*RFC 2138 RADIUS Authentication</li> <li>*RFC 2139 RADIUS Accounting</li> <li>*RFC 3579 RADIUS EAP support for 802.1x</li> <li>*Access Profiles on All Routing Protocols</li> <li>*Access Policies for Telnet/SSH-2/SCP-2</li> <li>*Network Login – 802.1x, web and MAC-based mechanisms</li> <li>*IEEE 802.1x – 2001 Port-Based Network Access Control for Network Login</li> <li>*Guest VLAN for 802.1x</li> <li>*RFC 1866 HTML – Usado para web-based Network Login</li> <li>*SSL/TLS transport – Usado para web-based Network Login</li> <li>*VPNs</li> <li>*Layer 2/3/4 Access Control Lists (ACLs)</li> </ul>

**Tabla 4.7** Requisitos técnicos para equipos de Nodos de Concentración

Nodos de Concentración	
1. Requerimientos de Acceso	
Estándares:	*100BaseFX, 1000BaseT, 1000BaseSX, 1000BaseLX, 1000BaseBX, 10GBASE-X, 10GBASE-LR
2. Requerimientos de Conmutación	

**Tabla 4.7** Requisitos técnicos para equipos de Nodos de Concentración. Continuación.

Protocolos:	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Ethernet IEEE 802.3</li> <li>*IEEE 802.1D – 2004 Spanning Tree Protocol (STP and RSTP)</li> <li>*IEEE 802.1w – 2001 Rapid Reconfiguration for STP, RSTP</li> <li>*IEEE 802.3ad Static load sharing configuration and LACP based dynamic configuration</li> <li>*IEEE 802.1Q VLAN Tagging</li> <li>*IEEE 802.1ad Q-in-Q Tagging</li> <li>*Multiple STP domains per VLAN</li> </ul>
<b>3. Requerimientos de Administración y Mantenimiento</b>	
Protocolos:	<ul style="list-style-type: none"> <li>*IEEE 802.1ag Connectivity Fault Management</li> <li>*SNMP V1, V2, V3</li> <li>*RFC 854 Telnet client and server</li> <li>*RFC 783 TFTP Protocol (revision 2)</li> <li>*RFC 951, 1542 BootP</li> <li>*RFC 2131 BOOTP/DHCP relay agent and DHCP server</li> <li>*RFC 1591 DNS (client operation)</li> <li>*RFC 1212, RFC 1213, RFC 1215 MIB-II, Ethernet-Like MIB &amp; TRAPs</li> </ul>
<b>4. Calidad de Servicio</b>	
Estándares:	<ul style="list-style-type: none"> <li>*IEEE 802.1D – 1998 (802.1p) Packet Priority</li> <li>*RFC 2474 DiffServ Precedence, including 8 queues/port</li> <li>*RFC 2598 DiffServ Expedited Forwarding (EF)</li> <li>*RFC 2597 DiffServ Assured Forwarding (AF)</li> </ul>
<b>5. Seguridad</b>	
Soporte de Tecnologías:	<ul style="list-style-type: none"> <li>*SFTP client/server with encryption/authentication (requires export controlled encryption module)</li> <li>*SNMPv3 user based security, with encryption/authentication</li> <li>*RFC 1492 TACACS+</li> <li>*RFC 2138 RADIUS Authentication</li> <li>*RFC 2139 RADIUS Accounting</li> <li>*RFC 3579 RADIUS EAP support for 802.1x</li> <li>*Access Profiles on All Routing Protocols</li> <li>*Access Policies for Telnet/SSH-2/SCP-2</li> <li>*Network Login – 802.1x, web and MAC-based mechanisms</li> <li>*IEEE 802.1x – 2001 Port-Based Network Access Control for Network Login</li> </ul>

**Tabla 4.7** Requisitos técnicos para equipos de Nodos de Concentración. Continuación.

Soporte de Tecnologías:	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Guest VLAN for 802.1x</li> <li>*RFC 1866 HTML – Usado para web-based Network Login</li> <li>*SSL/TLS transport – Usado para web-based Network Login</li> <li>*VPNs</li> <li>*Layer 2/3/4 Access Control Lists (ACLs)</li> </ul>
-------------------------	---

**Tabla 4.8** Requisitos técnicos para equipos de Nodos de Núcleo

Nodos de Núcleo	
<b>1. Requerimientos de Interfaces</b>	
Soporte de Tecnologías:	*ETHERNET, SDH, PDH, DWDM
Estándares:	*100BaseFX, 1000BaseT, 1000BaseSX, 1000BaseLX, 1000BaseBX, 10GBASE-X, 10GBASE-LR
<b>2. Calidad de Servicio</b>	
Estándares:	<ul style="list-style-type: none"> <li>*IEEE 802.1D – 1998 (802.1p) Packet Priority</li> <li>*RFC 2474 DiffServ Precedence, including 8 queues/port</li> <li>*RFC 2598 DiffServ Expedited Forwarding (EF)</li> <li>*RFC 2597 DiffServ Assured Forwarding (AF)</li> </ul>
<b>3. Requerimientos de Conmutación</b>	
Protocolos:	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Ethernet IEEE 802.3</li> <li>*IEEE 802.1Q VLAN Tagging</li> <li>*IEEE 802.1ad Q-in-Q Tagging</li> <li>*IEEE 802.1ah MAC-in-MAC / Provider Backbone Bridge</li> <li>*IEEE 802.1Qay / Provider Backbone Bridge-Traffic Engineering (PBB-TE)</li> <li>*IEEE 802.1D – 2004 Spanning Tree Protocol (STP and RSTP)</li> <li>*IEEE 802.1w – 2001 Rapid Reconfiguration for STP, RSTP</li> </ul>
<b>4. Requerimientos de Administración y Mantenimiento</b>	
Protocolos:	<ul style="list-style-type: none"> <li>*IEEE 802.1ag Connectivity Fault Management</li> <li>*SNMP V1, V2, V3</li> <li>*RFC 854 Telnet client and server</li> <li>*RFC 783 TFTP Protocol (revision 2)</li> <li>*RFC 951, 1542 BootP</li> <li>*RFC 2131 BOOTP/DHCP relay agent and DHCP server</li> <li>*RFC 1591 DNS (client operation)</li> <li>*RFC 1212, RFC 1213, RFC 1215 MIB-II, Ethernet-Like MIB &amp; TRAPs</li> </ul>

**Tabla 4.8** Requisitos técnicos para equipos de Nodos de Núcleo. Continuación.

5. Seguridad	
Soporte de Tecnologías:	<ul style="list-style-type: none"> <li>*SFTP client/server with encryption/authentication (requires export controlled encryption module)</li> <li>*SNMPv3 user based security, with encryption/authentication</li> <li>*RFC 1492 TACACS+</li> <li>*RFC 2138 RADIUS Authentication</li> <li>*RFC 2139 RADIUS Accounting</li> <li>*RFC 3579 RADIUS EAP support for 802.1x</li> <li>*Access Profiles on All Routing Protocols</li> <li>*Access Policies for Telnet/SSH-2/SCP-2</li> <li>*Network Login – 802.1x, web and MAC-based mechanisms</li> <li>*IEEE 802.1x – 2001 Port-Based Network Access Control for Network Login</li> <li>*Guest VLAN for 802.1x</li> <li>*RFC 1866 HTML – Usado para web-based Network Login</li> <li>*SSL/TLS transport – Usado para web-based Network Login</li> <li>*VPNs</li> <li>*Layer 2/3/4 Access Control Lists (ACLs)</li> </ul>

#### 4.6 Dimensionamiento de la red

4.6 La implementación final de la repotenciación de la red del proveedor de servicios a un nivel Carrier Ethernet requiere de algunas consideraciones, principalmente en el estimado actual de clientes y el consumo de ancho de banda que efectúan. Un factor clave a considerar en la provisión de servicios es el uso de la sobre subscripción de las troncales para el tráfico generado.

##### 4.6.1 Sobre Subscripción

4.6 Herramienta clave a la hora de diseñar una red, su mal dimensionamiento es la causa de congestionamiento y cuellos de botella, obviamente una de las causas principales de pérdida de paquetes. El cálculo, como en la mayoría de los casos, dependerá del ambiente en el cual se desarrollen las aplicaciones, granja de servidores, aplicaciones de Backbone, entre otros. En resumen los diferentes puntos de la red tienen únicas razones de sobre subscripción, concluyendo que el requerimiento de un host no es igual a la de un servidor.

4.6

4.6

4.

La razón está definida por la división del requerimiento potencial de ancho de banda sobre el actual ancho de banda, es decir, una razón mayor a 1:0 es considerada sobre suscrita, esto no quiere decir que la congestión va a darse, por lo general la red no está haciendo el uso de toda la capacidad las 24 horas del día.

Por ejemplo: Un Switch de 24 puertos 10/100 Mbps tiene un total de 2.4Gbps de ancho de banda potencial (4.8 en Full Dúplex), esta capacidad es requerida para acceder al Backbone de la red, sin embargo, la mayoría de Switches poseen un puerto GE (2 Gbps en Full Dúplex), esto resultaría en una razón sobre suscrita de 2.4:1.

#### 4.6.2 Dimensionamiento promedio

En esta sección se muestra en números la red del proveedor repotenciada a un nivel Carrier Ethernet, para ello se tiene las siguientes consideraciones:

**Tabla 4.9** Dimensionamiento de la red troncal

Nodos de Agregación	Tipo	BW Troncal Anillo o Segmento (Gbps)	Troncales de Acceso 1GE	Troncales de Acceso 10GE	BW Troncal a red IP/MPLS (Gbps)
Nodo A	Secundario	20	8	0	-
Nodo B	Principal	20	4	1	10
Nodo C	Principal	20	7	1	20
Nodo D	Principal	20	6	4	20

- La red troncal consta de un anillo de agregación, formado por 4 nodos de agregación: 3 nodos principales y un nodo secundario. El anillo de agregación tiene una capacidad de 20Gbps formado por dos troncales de 10GE unidos por el protocolo de agregación de enlaces.
- La red de distribución consta de 5 anillos de acceso y 6 segmentos de acceso, conectando 17 nodos de acceso entre principales y secundarios. Según la demanda del anillo o segmento, las troncales pueden ser de 1Gbps (1GE), 2Gbps (2GE en agregación de enlace) y de 10Gbps (10GE).
- En el nodo de acceso, un Switch principal de 24 puertos GE y troncales de 1GE o 10GE agregan a los Switches de acceso con 24 puertos FE o GE y troncales de 1GE. Los nodos de acceso tienen como mínimo 3 Switches de acceso y como máximo 10, siendo el promedio de 6 Switches por nodo.
- El consumo promedio máximo por cliente varía entre 2Mbps a 7Mbps.

A continuación se muestra la tabla 4.10 donde figura el cálculo total:

**Tabla 4.10** Dimensionamiento de la red de distribución

Nodos de Acceso	BW Troncal Anillo o Segmento (Gbps)	Cantidad Actual de Switches de Acceso	Cantidad Puertos por Switch	Cantidad Actual de Clientes	Consumo Promedio máximo Por Cliente (Mbps)	Consumo Promedio máximo Por Switch (Mbps)	Consumo Promedio máximo Por Troncal (Mbps)
Nodo 1	1	3	24	72	2	48	144
Nodo 2	1	4	24	96	2	48	192
Nodo 3	1	4	24	96	3	72	288
Nodo 4	1	4	24	96	3	72	288
Nodo 5	1	4	24	96	4	96	384
Nodo 6	1	5	24	120	4	96	480
Nodo 7	1	5	24	120	4	96	480
Nodo 8	2	6	24	144	4	96	576
Nodo 9	2	6	24	144	5	120	720
Nodo 10	2	7	24	168	5	120	840
Nodo 11	2	7	24	168	5	120	840
Nodo 12	2	7	24	168	6	144	1008
Nodo 13	2	8	24	192	6	144	1152
Nodo 14	2	8	24	192	7	168	1344
Nodo 15	10	9	24	216	7	168	1512
Nodo 16	10	9	24	216	7	168	1512
Nodo 17	10	10	24	240	7	168	1680
<b>Total</b>		106	408	2544	-	-	13440
<b>Promedio</b>		6	24	150	4.8	114.4	790.6

En base a lo mostrado, la red Carrier Ethernet repotenciada puede atender a 2544 clientes, consumiendo un ancho de banda total de 13.44Gbps. Cabe resaltar que este cálculo es un estimado de la red repotenciada a corto plazo y en una primera implementación.

#### 4.6.3 Fabricante de equipamiento

En la sección 4.5 se menciona las especificaciones técnicas que necesitan los equipos por tipo de red, siendo esta de manera genérica, es decir, que se puede utilizar el equipamiento de cualquier fabricante siempre y cuando cumpla con los requisitos estipulados en la sección 4.5.

Para tener un mayor detalle sobre el equipamiento a utilizar por tipo de red y los costos referenciales, se debe de definir el equipamiento de un fabricante específico. Siendo Cisco Systems (en adelante Cisco) el fabricante elegido. Cisco cuenta con el equipamiento

requerido para poner en marcha la implementación de la red Carrier Ethernet del proveedor de servicios.

La familia de Switches que se van a utilizar son los siguientes:

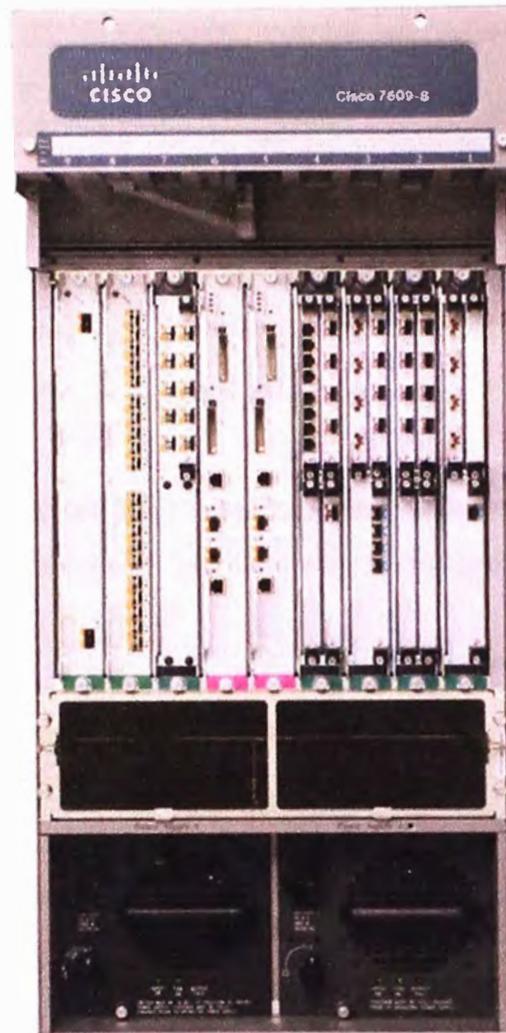
- Cisco ME 3400E.
- Cisco ME 3600X.
- Cisco ME 3800X.
- Cisco 7600-S.

En la tabla 4.11 se muestra una breve descripción de los Switches Cisco considerados:

**Tabla 4.11.** Switches Cisco en red Carrier Ethernet

Switch Cisco	Descripción
7609-S	Switch con un chasis de 9 tarjetas de capacidad, con dos procesadoras redundantes, 2 fuentes redundantes, 2 ventiladores redundantes, el tipo de puertos de distribución depende de las tarjetas del chasis. Las tarjetas de distribución pueden ser: *7600-ES+2TG3CXL: 2 puertos XFP de 10GE. *7600-ES+20G3CXL: 20 puertos SFP de 1GE.
ME-3800X-24FS-M	Switch de 24 puertos SFP GE de bajada y dos puertos SFP+ (1GE o 10GE) de subida, con 2 fuentes redundantes (ventilador incluido en fuente).
ME-3600X-24FS-M	Switch de 24 puertos SFP GE de bajada y dos puertos SFP+ (1GE o 10GE) de subida, con 2 fuentes redundantes. El Switch ME-3600X se diferencia del ME-3800X por tener menor capacidad de procesamiento y tráfico de red.
ME-3600X-24TS-M	Switch de 24 puertos eléctricos GE de bajada y dos puertos SFP+ (1GE o 10GE) de subida, con 2 fuentes redundantes.
ME-3400EG-12CS-M	Switch de 12 puertos eléctricos u ópticos SFP de 1GE de bajada y 4 puertos SFP de 1 GE de subida, con 2 fuentes redundantes.
ME-3400E-24TS-M	Switch de 24 puertos eléctricos FE de bajada y dos puertos eléctricos u ópticos SFP de 1GE de subida, con 2 fuentes redundantes.

A continuación se muestran las figuras 4.34, 4.35, 4.36 y 4.37, donde se muestra los tipos de Switches:



**Figura 4.34.** Switch Cisco 7609-S



**Figura 4.35.** Switches Cisco ME-3800X



**Figura 4.36.** Switches Cisco ME-3600X



**Figura 4.37.** Switches Cisco ME-3400E

Para un mayor análisis del equipamiento a usar, se sugiere revisar la información adjunta en la bibliografía sobre las hojas de datos de los Switches. Equipamiento adicional mostrado, como fuentes o SFPs, figuran en la hoja de datos

#### 4.6.4 Costos promedio

Con el dimensionamiento de red analizado en la sección 4.6.2, y la identificación de un fabricante para el equipamiento a usar hecha en la sección 4.6.3, se procede a armar la tabla 4.12:

**Tabla 4.12.** Costos del proyecto

Item	Precio de Lista (\$)	Descuento (60%)	Cantidad	Precio FOB (\$)	Precio DDP (\$) 10%
Cisco 7609-S	200,000.00	80,000.00	3.00	240,000.00	264,000.00
ME-3800X-24FS-M	20,000.00	8,000.00	1.00	8,000.00	8,800.00
ME-3600X-24TS-M	15,000.00	6,000.00	40.00	240,000.00	264,000.00
ME-3600X-24FS-M	15,000.00	6,000.00	50.00	300,000.00	330,000.00
ME-3400E-24TS-M	6,000.00	2,400.00	10.00	24,000.00	26,400.00
ME-3400EG-12CS-M	10,000.00	4,000.00	6.00	24,000.00	26,400.00
SFP-GE-L	1,000.00	400.00	135.00	54,000.00	59,400.00
SFP-10G-LR	3,000.00	1,200.00	56.00	67,200.00	73,920.00
XFP-10GLR-OC192SR	4,000.00	1,600.00	20.00	32,000.00	35,200.00
<b>TOTAL</b>				<b>989,200.00</b>	<b>1,088,120.00</b>

Para entender la tabla, se requiere definir algunos términos:

- **Precio de lista:** Es La cantidad que se cotiza en el catálogo de una empresa. El precio que se recomienda vender un producto antes de dar cualquier descuento. Todo el equipamiento Cisco mostrado en la sección 4.6.3 tiene un precio de lista, al cual se le tiene que aplicar un descuento que varía dependiendo del nivel de negociación entre el fabricante y el cliente.
- **Descuento:** Es un valor porcentual al precio de lista, una vez aplicado el descuento, se tiene los costos definidos a pagar al fabricante. Para el caso del proveedor se va a considerar un descuento del 60% en todo tipo de equipamiento.
- **FOB (Free on Board o franco a bordo):** Es el costo que se le paga al vendedor por el equipamiento comprado y el traslado del mismo hasta un punto de embarque,

que puede ser marítimo o aéreo, costos adicionales de aduanas y traslado son asumidos por el comprador.

- **DDP (Delivered Duty Paid o Entrega con Derechos Pagos):** Es el costo real del equipamiento, incluidos todos los gastos de transporte e impuestos. Aunque el valor final de equipamiento es relativo, porque siempre los costos de transporte y aduanas son diferentes para cada tipo de compra, se considera un valor porcentual al FOB. En este caso se considera un porcentaje del 10%.

Con los valores mostrados en la tabla 4.12, se puede mencionar que para una primera implementación de la red Carrier Ethernet, se requiere una inversión mínima de \$1,088,120.00 solo en equipamiento. Costos adicionales no están contemplados en el presente trabajo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La solución Carrier Ethernet implementada incrementa la cantidad de clientes con alta capacidad y alta disponibilidad de servicio.
2. La utilización del modelo y servicios Carrier Ethernet planteados proveen de una variedad de formas mediante las cuales se pueden provisionar los servicios a los clientes, como por ejemplo, los tipos de conexiones E-LINE, E-TREE e E-LAN.
3. Las limitaciones encontradas se resolvieron manejando nuevos protocolos con OAM, L2TP, Protocolos de protección en capa 2 de alta convergencia y políticas de calidad de servicio definidas para conexiones UNI, NNI y ENNI.
4. El diseño Carrier Ethernet propuesto brinda una serie de beneficios en cuanto a capacidad de crecimiento y confiabilidad de la red, por la utilización del respaldo de troncales y equipamiento, disponibilidad de ancho de banda, agregación de nuevo equipamiento y conexión de usuarios a la red.
5. En el presente trabajo se planificó la red Carrier Ethernet de un proveedor de servicios en particular para la ciudad de Lima, pero la tecnología Carrier Ethernet tiene toda la capacidad necesaria para interconectar varias ciudades. Se recomienda analizar estos casos y verificar que Ethernet y todos los desarrollos realizados sobre el mismo podrán extenderse para redes WAN.
6. Aunque la base del presente informe de suficiencia está centrada en las recomendaciones del MEF y del IEEE, solo considera las principales especificaciones que arman la estructura fundamental de la red Carrier Ethernet. Se recomienda hacer una revisión de las otras especificaciones que tocan temas puntuales de implementación en los diferentes escenarios de Carrier Ethernet.
7. Se recomienda plantear panoramas con varios proveedores de servicio bajo una misma red portadora Carrier Ethernet y analizar las funcionalidades que OAM Ethernet presenta para la operación y mantenimiento de dichos escenarios, donde cada red se considerará un dominio independiente.

8. Para una implementación Carrier Ethernet acorde al diseño propuesto en el presente informe, se recomienda tener las condiciones de planta externa, planta interna y de infraestructura adecuadas, que vayan de la mano con las topologías redundantes propuestas, capilaridad de nuevos servicios, características de los equipos utilizados, etc. Se recomienda una cuantificación y redistribución de los recursos físicos y lógicos de la Red Carrier Ethernet luego de la repotenciación de la misma, con el objetivo de un crecimiento uniforme y una correcta provisión de servicios.

**ANEXO A**  
**ACRÓNIMOS**

AF	Envío asegurado (assured forwarding)
ATM	Modo de Transferencia Asíncrona (Asynchronous Transfer Mode)
BGP	Protocolo de Ruteo de borde (Border Gateway Protocol)
BPDU	Unidad de datos de protocolo de conmutación (Bridge Protocol Data Unit)
bps	Bits por segundo
CBS	Tamaño de Ráfaga Comprometida (Committed Burst Size)
CDP	Protocolo de Descubrimiento de Cisco (Cisco Discovery Protocol)
CE	Equipo del Cliente (Customer Equipment)
CFI	Bandera de Formato Canónico (Canonical Format Indicator)
CIR	Tasa Comprometida de Información (Committed Information Rate)
CO	Oficina Central (Central Office)
CoS	Clase de servicio (Class of Service)
CPE	Equipo Local del Cliente (Customer Premise Equipment)
C-VLAN	VLAN del cliente (Customer VLAN)
DA	Dirección de Destino (Destination Address)
DDP	Entrega con Derechos Pagos (Delivered Duty Paid)
DHCP	Protocolo de configuración dinámica de host (Dynamic Host Configuration Protocol)
DNS	Sistema de Nombres de Dominio (Domain Name System)
DSCP	Punto de Código de servicios diferenciados (Differentiated Services Code Point)
DSL	Línea Digital de Abonado (Digital Subscriber Line)
DTP	Protocolo de Troncal Dinámica (Dynamic Trunking Protocol)
DWDM	Multiplexación por división en longitudes de onda densas (Dense Wavelength Division Multiplexing)
EBS	Tamaño Máximo de Ráfaga (Excess Burst Size)
EF	Reenvío Acelerado (Expedited Forwarding)
EFM	Ethernet en la Primera Milla (Ethernet First Mile)
EFMC	EFM sobre par de Cobre (EFM Copper)
EFMF	EFM sobre fibra Punto a Punto (EFM Fiber)
EFMP	EFM sobre fibra punto a multipunto (EFM PON)
EIR	Tasa de Información Pico (Excess Information Rate)
E-NNI	Interface Red a Red Externa (External Network to Network Interface)

EoMPLS	Ethernet sobre MPLS (Ethernet over MPLS)
EoSDH	Ethernet sobreSDH (Ethernet over SDH)
EVC	Conexión Virtual Ethernet (Ethernet Virtual Connection)
FCS	Secuencia de Verificación de Trama (Frame Check Sequence)
FE	Fast Ethernet
FO	Fibra Óptica
FOB	Franco a bordo (Free on Board)
FTTB	Fibra al Edificio (Fiber to the Building)
FTTC	Fibra al Gabinete (Fiber to the Cabinet)
FTTH	Fibra al Hogar (Fiber to the Home)
Gbps	Giga Bits por Segundo
GE	Gigabit Ethernet
GPON	Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (Gigabit-capable Passive Optical Network)
HSRP	Protocolo de conmutación de Routers (Hot Standby Router Protocol)
IDU	Unidad de Interior (Indoor Unit)
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
IP	Protocolo de Internet (Internet Protocol)
IP/MPLS	Red del proveedor que usa los protocolos IP y MPLS
IPTV	Protocolo de Internet y Televisión (Internet Protocol Television)
ITU-T	Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (Telecommunication Standardization Sector of the International Telecommunication Union)
Kbps	Kilo Bits por Segundo
L2TP	Protocolo de Tunelización de Capa 2 (Layer 2 Tunneling Protocol)
LACP	Protocolo de Agregación de Enlaces (Link Aggregation Control Protocol)
LAN	Red de Área Local (Local Area Network)
LOS	Línea de Vista (Line of Sight)
MAC	Identificador de capa 2 de equipos que conversan Ethernet (Media Access Control)
MAN	Red de Área Metropolitana (Metropolitan Area Network)
Mbps	Mega Bits por Segundo

MC	Conversor de Medios (Media Converter)
MCT	Máxima Capacidad Troncal
MEF	Foro Metro Ethernet (Metro Ethernet Forum)
MEN	Red Ethernet Metropolitana (Metropolitan Ethernet Network)
MIB	Base de Información de Gestión (Management Information Base)
MP2MP	Multi Punto a Multi Punto (Multi Point to Multi Point)
MPLS	Conmutación de etiquetas multiprotocolo (Multiprotocol Label Switching)
MSTP	Protocolo de Multiple STP (Multiple Spanning Tree)
MTTR	Tiempo medio de Restauración (Mean time to repair)
MTU	Unidad Máxima de Transferencia (Maximum Transfer Unit)
NGN	Red de Nueva Generación (Next Generation Network)
NID	Equipo de Demarcación de Red (Network Interface Device)
OAM	Operación, Administración y Mantenimiento (Operations, Administration and Maintenance)
ODF	Bastidor de Distribución óptico (Optical Distribution Frame)
ODU	Unidad de Exterior (Outdoor Unit)
OLT	Terminación de Línea óptica (Optical Line Termination)
ONU	Unidad de Red óptica (Optical Network Unit)
OPEX	Gastos Operacionales (Operational expenditure)
OSI	Modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (Open System Interconnection)
P2MP	Punto a Multi Punto (Point to Multi Point)
P2P	Punto a Punto (Point to Point)
PAgP	Protocolo de Agregación de Puertos (Port Aggregation Protocol)
PDU	Unidad de Datos de Protocolo (Protocol Data Unit)
PE	Equipo del proveedor (Provider Equipment)
PON	Red Óptica Pasiva (Passive Optical Network)
POP	Punto de Presencia (Point of Presence)
PVC	Circuito Virtual Permanente (Permanent Virtual Circuit)
PVST	Protocolo STP por VLAN (Per Vlan Spanning Tree)
QoS	Calidad de Servicio (Quality of Service)
RFC	Solicitud de Comentarios (Requests for Comments)
RSTP	(Rapid Spanning Tree)

SA	(Source Address)
SAN	Red de Área de Almacenamiento (Storage Area Network)
SFP	Transceptor de Factor de Forma Pequeño Conectable (Small Form-Factor Pluggable Transceptor)
SLA	Acuerdo de Nivel de Servicio (Service Level Agreement)
SM	Monomodo (Single Mode)
SNA	Arquitectura de Sistema de Red (System Network Architecture)
SNMP	Protocolo Simple de Administración de Red (Simple Network Management Protocol)
SONET	Red Óptica Síncrona (Synchronous Optical Network)
STP	Protocolo de Conmutación de Capa 2 (Spanning Tree Protocol)
S-VLAN	VLAN de Servicios (Service VLAN)
TFTP	Protocolo de Transferencia de Archivos Simple (Trivial File Transfer Protocol)
ToS	Tipo de Servicio (Type of Service)
UDLD	Detección de Enlace Unidireccional (Unidirectional Link Detection)
UETS	Servicio Universal de telecomunicaciones en Ethernet (Universal Ethernet Telecommunications Service)
UNI	Interface de red de Usuario (User Network Interface)
UR	Unidad de Rack
UTP	Cable de Par Trenzado (Unshielded Twisted Pair)
VID	Identificador de VLAN (VLAN Identifier)
VLAN	Red de área Local Virtual (Virtual Local Area Network)
VoIP	Voz sobre IP (Voice over IP)
VPLS	Servicio de LAN privada Virtual (Virtual Private LAN Service)
VPN	Red Privada Virtual (Virtual Private Network)
VTP	Protocolo de VLAN Troncal (Virtual Trunking Protocol)
WAN	Red de área Mundial (World Area Network)
XDSL	Tecnologías de Línea de Abonado Digital (DSL Technologies)

**ANEXO B**  
**GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**TDM:** Multiplexación por división de tiempo. Método para transmitir y enviar señales espaciado por un intervalo de tiempo.

**Frame Relay:** técnica de comunicación mediante retransmisión de tramas para redes de circuito virtual. Consiste en una forma simplificada de tecnología de conmutación de paquetes que transmite una variedad de tamaños de tramas.

**ATM:** El Modo de Transferencia Asíncrona o Asynchronous Transfer Mode (ATM) es una tecnología de telecomunicación desarrollada para hacer frente a la gran demanda de capacidad de transmisión para servicios y aplicaciones.

**Carrier Class:** Categoría portador.

**E-LAN:** Ethernet sobre redes LAN.

**E-MAN:** Ethernet sobre redes MAN.

**E-WAN:** Ethernet sobre redes WAN.

**TCP/IP:** Familia de protocolos de Internet. El nombre se debe a los dos protocolos más importantes que la componen: Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y Protocolo de Internet (IP).

**SDH:** La Jerarquía Digital Síncrona (SDH) (Synchronous Digital Hierarchy) es un conjunto de protocolos de transmisión de datos.

**Switch:** Conmutador.

**Router:** Enrutador.

**IETF:** Internet Engineering Task Force (IETF) (en español Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet) es una organización internacional abierta de normalización, que tiene como objetivos el contribuir a la ingeniería de Internet, actuando en diversas áreas, como transporte, encaminamiento, seguridad.

**Loopback:** Interface lógica de los conmutadores y enrutadores.

**Duplex:** término utilizado para definir a un sistema que es capaz de mantener una comunicación bidireccional, enviando y recibiendo mensajes de forma simultánea.

**Full Duplex:** Comunicación Bidireccional.

**Half Duplex:** Comunicación unidireccional.

**Unicast:** es el envío de información desde un único emisor a un único receptor.

**Broadcast:** Transmisión de datos que serán recibidos por todos los dispositivos en una red. Envía información a todos los dispositivos que se encuentren conectados en la misma red.

**ANEXO C**  
**METRO ETHERNET FORUM**

## 1. Especificaciones Técnicas del MEF

Hasta ahora el MEF ha aprobado 40 especificaciones técnicas, las cuales se listan en la tabla 1.1, estas especificaciones se modifican y crean constantemente en base a los nuevos requerimientos existentes.

**Tabla 1.1** Especificaciones del MEF

Estandar	Descripción
2	Requirements and Framework for Ethernet Service Protection
3	Circuit Emulation Service Definitions, Framework and Requirements in Metro Ethernet Networks
4	Metro Ethernet Network Architecture Framework Part 1: Generic Framework
6.1	Metro Ethernet Services Definitions Phase 2
6.1.1	Layer 2 Control Protocol Handling Amendment to MEF 6.1
7.2	Carrier Ethernet Management Information Model
8	Implementation Agreement for the Emulation of PDH Circuits over Metro Ethernet Networks
9	Abstract Test Suite for Ethernet Services at the UNI
10.2	MEF 10.2 Ethernet Services Attributes Phase 2
10.2.1	Performance Attributes Amendment to MEF 10.2
11	User Network Interface (UNI) Requirements and Framework
12.1	Carrier Ethernet Network Architecture Framework Part 2: Ethernet Services Layer - Basic Elements
12.1.1	Network Architecture Framework Part 2: External Interface Extensions
13	User Network Interface (UNI) Type 1 Implementation Agreement
14	Abstract Test Suite for Traffic Management Phase 1
15	Requirements for Management of Metro Ethernet Phase 1 Network Elements
16	Ethernet Local Management Interface
17	Service OAM Framework and Requirements
18	Abstract Test Suite for Circuit Emulation Services
19	Abstract Test Suite for UNI Type 1
20	UNI Type 2 Implementation Agreement
21	Abstract Test Suite for UNI Type 2 Part 1 Link OAM
22.1	Mobile Backhaul Phase 2 Implementation Agreement
23.1	Class of Service Phase 2 Implementation Agreement
24	Abstract Test Suite for UNI Type 2 Part 2 E-LMI
25	Abstract Test Suite for UNI Type 2 Part 3 Service OAM
26.1	External Network Network Interface (ENNI)–Phase 2
27	Abstract Test Suite For UNI Type 2 Part 5: Enhanced UNI Attributes & Part 6: L2CP Handling

**Tabla 1.1** Especificaciones del MEF. Continuación.

28	External Network Network Interface (ENNI) Support for UNI Tunnel Access and Virtual UNI
29	Ethernet Services Constructs
30.1	Service OAM Fault Management Implementation Agreement Phase 2
31	Service OAM Fault Management Definition of Managed Objects
31.0.1	Amendment to Service OAM SNMP MIB for Fault Management
32	Requirements for Service Protection Across External Interfaces
33	Ethernet Access Services Definition
34	ATS for Ethernet Access Services
35	Service OAM Performance Monitoring Implementation Agreement
36	Service OAM SNMP MIB for Performance Monitoring
37	Abstract Test Suite for ENNI
38	Service OAM Fault Management YANG Modules
39	Service OAM Performance Monitoring YANG Module
40	UNI and EVC Definition of Managed Objects

Dentro del Comité Técnico del MEF se han definido cuatro Grupos de Trabajo específicos para cada área a tratarse en una red Metro Ethernet y son:

- Área de Servicios / Service Area
- Área de Arquitectura / Architecture Area
- Área de Gestión / Management Area
- Área de Pruebas y Mediciones / Test and Measurement Area

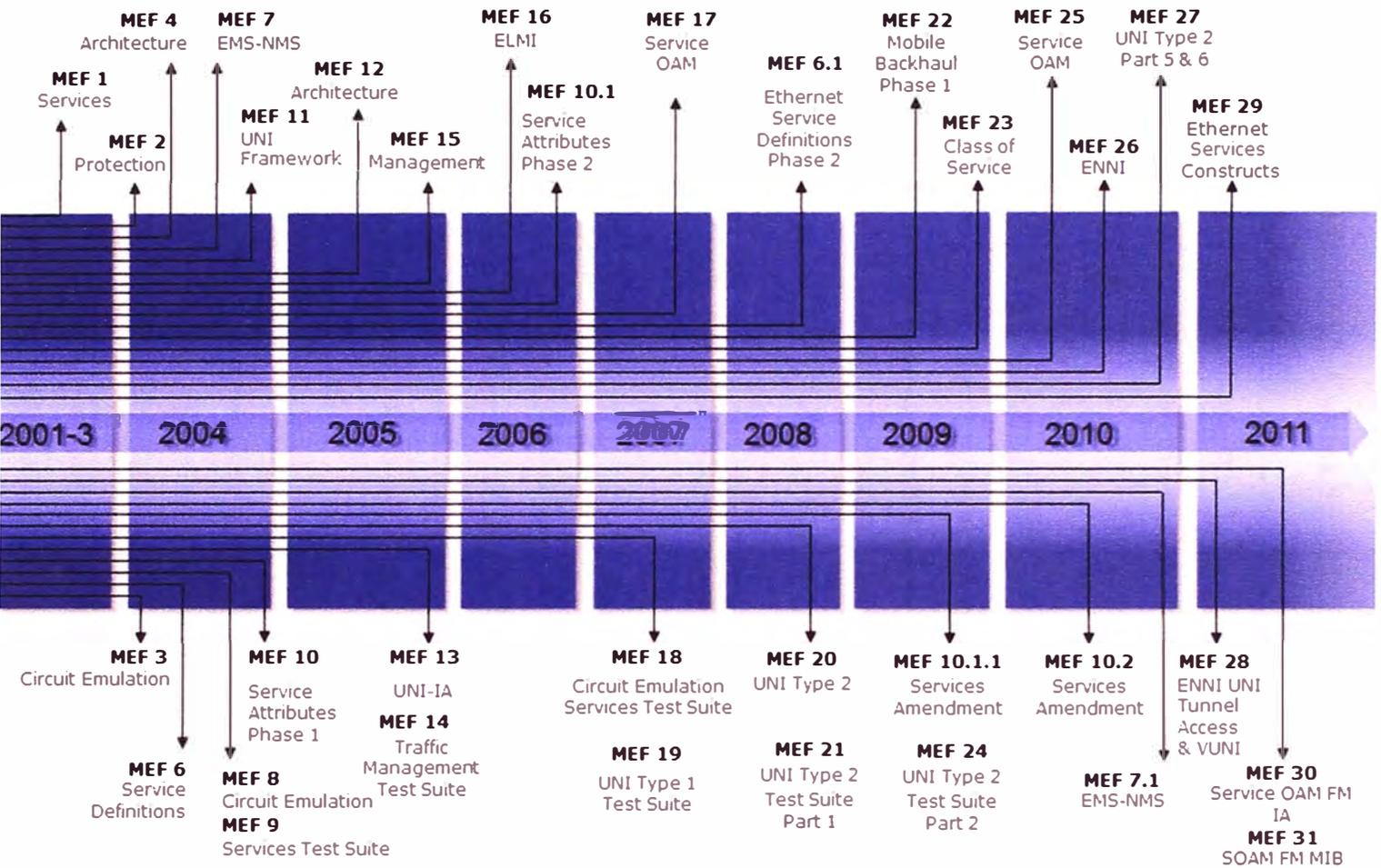
Estas áreas realizan un análisis del comportamiento de las redes Metro y Carrier Ethernet, resumiendo lo obtenido en las especificaciones técnicas propuestas. En caso de no haber alguna se crea.

En la figura 1.1 se puede ver en una escala de tiempo cómo ha ido surgiendo la estandarización de dichas normas.

## **2. Atributos y Parámetros de Servicios Metro Ethernet**

El MEF ha desarrollado un marco de servicios Ethernet que ayudará a los suscriptores y proveedores manejar una nomenclatura común cuando hablen de los diversos servicios Ethernet y sus respectivos atributos.

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.



**Figura 1.1** Evolución de las especificaciones del MEF

El MEF ha definido los siguientes atributos de servicio y sus correspondientes

parámetros que definen las capacidades de un tipo de servicio determinado:

- Atributos de la Interfaz Física Ethernet
- Atributos de Entrega de Trama de servicio

- Atributos de Perfil de Ancho de Banda y Parámetros de Tráfico
- Atributos de Identificación de Clase de Servicio
- Atributos de Rendimiento
- Atributos de Soporte de Etiquetamiento VLAN
- Atributos de Multiplexación de Servicios
- Atributos de Agrupación
- Atributos de Filtros de Seguridad

#### **a). Atributos de la Interfaz Física Ethernet**

Para los puntos de acceso UNI se aplican los siguientes parámetros:

- Medio físico: definen los medios especificados en el estándar 802.3. Por ejemplo se incluye 10Base-T, 100Base-T, 1000 Base-SX.
- Velocidad: definen las velocidades utilizadas por Ethernet: 10Mbps, 100Mbps, 1Gbps y 10Gbps.
- Modo: define si el enlace es Full Dúplex o Half Dúplex o si los puertos soportan auto negociación.
- Capa MAC: define qué capa MAC es soportada por el estándar IEEE 802.3.

#### **b). Atributos de Entrega de Tramas de Servicio**

Debido a que la red Metro Ethernet se comporta como una red de conmutación LAN, se debe diferenciar claramente cuáles tramas necesitan inundarse a través de la red y cuáles no. En una típica red LAN, las tramas que atraviesan la red de datos pueden ser de datos o de control.

Algunos servicios Ethernet soportan todos los tipos de unidades de datos de protocolo Ethernet (Protocol Data Units -PDUs), pero otros no. Para garantizar la plena funcionalidad de la red del cliente, es importante que el abonado y proveedor hayan acordado qué tipo de tramas se permitirá transportar.

El atributo de servicio EVC puede definir si una trama en particular debe ser descartada, entregada incondicionalmente, o si su entrega es condicional para cada par ordenado de UNI.

##### ○ **Tramas de Servicio de Datos**

Las diferentes posibilidades de tramas de datos Ethernet son:

##### ○ **Tramas Unicast**

Son tramas que tienen una dirección MAC destino específico. Si la dirección MAC destino es conocida por la red, la trama se entrega en el destino exacto. Si la

dirección MAC es desconocida, el proceder de la LAN es inundarla dentro de una VLAN particular.

- **Tramas Multicast**

Son tramas que se transmiten a un grupo selecto de destinos. Para ello toda trama tendrá marcado el bit menos significativo, de la dirección de destino en 1, a excepción de las tramas Broadcast que tienen todos los bits de su dirección MAC destino establecido en 1.

- **Tramas Broadcast**

La IEEE 802.3 define la dirección de difusión con una MAC destino FF-FF-FF-FF-FF-FF.

- **Tramas de Servicio de Protocolos de Control de Capa 2**

Los paquetes de control de procesamiento de capa 2 son diferentes a los paquetes control de protocolos de ciertas aplicaciones específicas. Por ejemplo, los paquetes BPDU (Bridge PDU) se necesitan para STP (Spanning Tree Protocol). El proveedor de servicios puede decidir transmitir o descartar esos paquetes a través del EVC, en función de su prestación. Estas tramas tienen direcciones MAC destino específicas; algunos protocolos de control de capa 2 comparten dichas direcciones.

La siguiente es una lista de protocolos capa 2 normalizados que pueden fluir a través de una EVC:

- Tramas de control MAC IEEE 802.3x: IEEE 802.3x es un mecanismo XON / XOFF de control de flujo que permite a una interfaz Ethernet enviar tramas de PAUSA cuando hay congestión en la salida del switch Ethernet. Las tramas de control 802.3x tienen la dirección MAC destino 01-80-C2-00-00-01.
- Link Aggregation Control Protocol (LACP): Este protocolo permite la agrupación dinámica de múltiples interfaces Ethernet entre dos switches para formar un túnel más grande. La dirección MAC de destino para controlar estas tramas es 01-80-C2-00-00-02.
- Autenticación de puerto IEEE 802.1x: Este protocolo permite a un usuario (un puerto Ethernet) ser autenticado en la red a través de un servidor externo, tal como un RADIUS. La dirección MAC destino es 01-80-C2-00-00-03.
- STP: La dirección MAC de destino es 01-80-C2-00-00-00.
- All-bridge multicast: La dirección MAC destino es 01-80-C2-00-00-10.

### c). Atributos de Perfil de Ancho de Banda y Parámetros de Tráfico

El MEF ha definido un grupo de perfiles de ancho de banda que pueden ser aplicados en el UNI o en el EVC. Un perfil de ancho de banda es un límite de la velocidad en la que las tramas Ethernet pueden atravesar un UNI o EVC. El administrar estos perfiles de ancho de banda puede resultar complicado. Para las conexiones P2P, donde existe un solo EVC entre dos sitios, será muy fácil calcular el ancho de banda entrante y saliente del túnel. Sin embargo, para los casos de servicios multipunto, donde pueden existir múltiples EVCs en una misma interfaz física, será difícil determinar el perfil de ancho de banda de un EVC. En estos casos el perfil de ancho de banda puede resultar más práctico limitarlo por UNI.

Los atributos de perfil de ancho de banda que caracterizan a un servicio son los siguientes:

- Ancho de banda de Entrada y Salida del UNI
- Ancho de banda de Entrada y Salida del EVC
- Ancho de banda de Entrada y Salida por Identificador CoS
- Ancho de banda de Entrada por UNI destino de cada EVC
- Ancho de banda de Salida por UNI fuente de cada EVC

Los perfiles de ancho de banda de un servicio, son determinados por los siguientes parámetros:

- **CIR (Committed Information Rate – Tasa Comprometida de Información):**

Es la velocidad de transmisión promedio garantizada que la red debe entregar a un servicio bajo las condiciones de operación normal. Es una cantidad promedio de información que se ha transmitido, teniendo en cuenta latencia, pérdidas, etc.

Se puede determinar un determinado CIR por VLAN en la interfaz UNI; de igual forma, la suma de todos los CIRs no debe exceder la velocidad física del puerto. Se expresa en bits por segundo y debe ser mayor que 0.

$$\text{CIR} \geq 0$$

El CIR tiene un parámetro adicional asociado, denominado Committed Burst Size (CBS) o Tamaño de Ráfaga Comprometida.

El CBS es el tamaño máximo de ráfaga de tráfico que se puede transmitir sobre el CIR sin ser descartado o distribuido. Las tramas que están dentro de un perfil adecuado son aquellas que cumplen los parámetros del CIR y CBS (debe ser especificado en bytes).

Cuando el CIR > 0, el CBS debe ser mayor o igual al tamaño del mayor MTU (Maximum Transmission Unit) de entre todos los EVCs que aplican a un determinado perfil de ancho de banda.

- **EIR (Excess Information Rate – Tasa de Información Pico):**

El EIR especifica la tasa de tráfico por encima del CIR, que se permite transmitir en la red si ésta no está congestionada, es decir sin ningún compromiso de desempeño definido. Se expresa en bits por segundo y debe ser mayor que 0.

$$\text{EIR} \geq 0$$

El EIR tiene un parámetro asociado adicional, llamado Excess Burst Size (EBS) o tamaño máximo de Ráfaga. El EBS es el tamaño máximo del tráfico a ráfagas que se admite sin ser descartado para cumplir el EIR. El EBS puede ser especificado en bytes.

**d). Atributos de Identificación de Clase de Servicio (CoS)**

El desempeño obtenido en la entrega de cada servicio se determinará por la instancia de Clase de Servicio definida en las tramas transportadas por el respectivo EVC. La instancia de Clase de Servicio se especifica en cada trama con un Identificador de Clase de Servicio, definido en uno o más campos de dichas tramas.

Se tienen diversos identificadores de CoS, entre los que constan:

- **Puerto Físico**

Es la forma más sencilla de aplicar QoS al puerto UNI de la conexión. Todo el tráfico que entra y sale del puerto recibe la misma CoS. No existe una diferenciación de tráfico por EVC.

- **Origen / destino de direcciones MAC**

Este tipo de clasificación se utiliza para dar diferentes tipos de servicios, basándose en las combinaciones de direcciones MAC origen y destino. Si bien este modelo es muy flexible, según el tipo de servicio puede ser muy difícil de administrar.

Si el equipo del cliente (CPE) en los extremos de las conexiones son Switches capa 2 que forman parte un servicio LAN-to-LAN, cientos o miles de direcciones MAC tendrían que ser supervisadas.

- **VLAN ID**

Es una forma muy práctica de asignación de CoS si el cliente tiene diferentes servicios en el puerto físico; cada servicio se define por una VLAN ID (estas VLANs podrían ser asignadas por el Carrier o definidas bajo mutuo acuerdo entre el cliente y el proveedor de servicios).

- **El campo 802.1p**

El campo 802.1p permite al portador asignar hasta ocho diferentes niveles de prioridad para el tráfico de clientes. Éste es un método que puede utilizarse para diferenciar entre el tráfico de VoIP (Voz sobre IP) y el tráfico regular o diferenciar entre tráfico de alta prioridad y el de best effort (mejor esfuerzo).

En la práctica, los proveedores de servicios es probable que no excedan de dos o tres niveles de prioridad, en aras de la capacidad de administración.

- **Diffserv / IP ToS (Type of Service)**

El Diffserv / IP ToS es un campo de 3 bits que está en el interior del paquete IP y se utiliza para proporcionar ocho diferentes clases de servicio conocida como precedencia IP. Este campo es similar al campo 802.1p que se utiliza también para establecer prioridades básicas, pero se diferencian de éste en que se encuentra en el interior de la Cabecera IP en lugar de ser parte de la etiqueta 802.1Q de Ethernet. Diffserv ha definido además un esquema de CoS mucho más sofisticado que la simple transmisión de prioridad definida por el ToS. Diffserv permite 64 valores diferentes de CoS llamado Diffserv Codepoints (DSCPs).

#### **e). Atributos de Rendimiento**

Los atributos de rendimiento indican la calidad del servicio experimentada por el suscriptor. El MEF ha definido cuatro tipos de atributos de rendimiento: Disponibilidad, Latencia o retardos, Jitter o variación de latencia y Pérdidas.

- **Disponibilidad**

La Disponibilidad es especificada por los siguientes parámetros de servicio:

- **Tiempo de activación de servicios de una UNI**

Especifica el tiempo desde que un servicio, nuevo o modificado, ha sido ordenado hasta que esté activo y utilizable. Hay que recalcar que una de las principales propuestas de valor de servicio Ethernet es la capacidad de reducir el Tiempo de activación de un servicio a pocas horas con respecto a las semanas y meses que requería el modelo tradicional de telecomunicaciones.

- **Tiempo medio de Restauración (MTTR) de UNI - UNI**

Especifica el tiempo que le toma a la UNI de pasar de estado no disponible hasta restablecerse. La indisponibilidad puede ser causada por una falla, como por ejemplo una fibra cortada.

- **Tiempo de activación de servicios de un EVC**

Especifica el tiempo desde que un servicio, nuevo o modificado, ha sido ordenado hasta que esté activo y utilizable. El tiempo de activación de un servicio en el EVC se inicia cuando se activan todas las UNIs. Para una EVC multipunto, por ejemplo, el servicio se considera activo cuando todas las UNIs están activas y en funcionamiento.

- **Disponibilidad de un EVC**

Especifica la frecuencia con la que el EVC de un abonado cumple o supera las latencias, pérdidas, y jitter en el desempeño de sus servicios. Si un EVC no cumple los criterios de rendimiento, se considera fuera de servicio.

- **Tiempo medio de Restauración (MTTR) de EVC – EVC**

Especifica el tiempo que le toma al EVC pasar de estado no disponible hasta restablecerse nuevamente. Muchos de los mecanismos de restauración pueden ser realizados en la Capa física (L1), capa MAC (L2), o capa de red (L3).

- **Latencia**

Latencia es un parámetro crítico que impacta de forma significativa la calidad de servicio (QoS) en las aplicaciones de tiempo real. La latencia tradicionalmente se especifica en una dirección como retardo en un solo sentido o retardo extremo a extremo.

La latencia entre dos puntos de una red metro es la acumulación de latencias, a partir del UNI en un extremo, pasando por la red metropolitana, hasta el UNI del extremo final.

La latencia en la UNI se ve afectada por la velocidad de la línea de conexión de la UNI y por el tamaño de la trama Ethernet soportada. Por ejemplo, la conexión de una UNI con 10 Mbps y tamaño de trama de 1518 bytes causaría 1,2 milisegundos, de retardo en la transmisión ( $1518 \cdot 8 / 106$ ).

La red Metro Ethernet por sí misma introduce latencias adicionales basadas en la velocidad del backbone y del nivel de congestión que presente.

La latencia influirá además en los siguientes atributos:

- Perfil de ancho de banda de entrada y salida por cada identificador de CoS (éste es un atributo de servicio de UNI).
- Identificador de clase de servicio (éste es un atributo de servicio EVC).

- **Jitter**

El Jitter es otro atributo que afecta a la calidad de un servicio. Es conocido también como Variación de Latencia. Tiene un efecto adverso en las aplicaciones de tiempo real como telefonía IP.

El Jitter se relaciona con los siguientes atributos de servicio:

- Perfil de ancho de banda de entrada y salida por cada identificador de CoS.
- Identificador de Clase de servicio.
- **Pérdidas**

La Pérdida indica el porcentaje de tramas Ethernet que se encuentran registradas y que no han sido entregados entre 2 UNIs durante un intervalo de tiempo dado. En un EVC P2P, por ejemplo, si 100 tramas han sido enviadas desde una UNI, y 90 de éstas son recibidas por la UNI del otro extremo, la pérdida sería  $(100 - 90) / 100 = 10\%$ .

La pérdida puede tener efectos negativos, dependiendo del tipo de aplicación. Las aplicaciones como correo electrónico y navegación WEB pueden tolerar más pérdidas que aplicaciones de VoIP, por ejemplo.

La tasa de pérdidas influirá en los siguientes atributos:

- Perfil de ancho de banda de entrada y salida por cada identificador de CoS.
- Identificador de Clase de servicio.

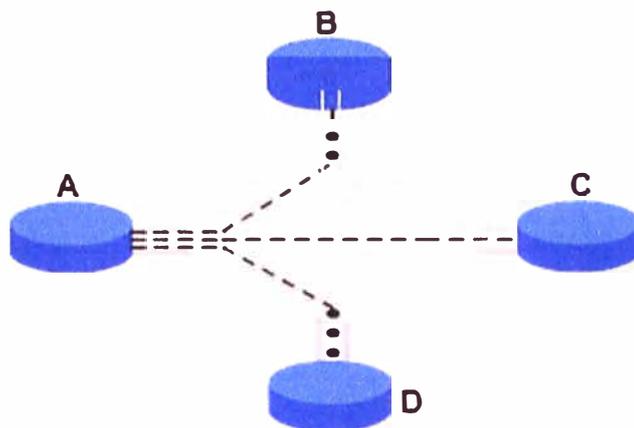
#### **f). Atributo de Soporte de Etiquetas de VLAN**

El etiquetamiento VLAN proporciona otro conjunto de capacidades que son verdaderamente importantes para los servicios portadores. Las etiquetas VLAN dentro de una organización son indicativos de diferentes dominios lógicos de difusión, como son los distintos grupos de trabajo.

Metro Ethernet crea otro entorno en el que la red Ethernet soporta múltiples redes empresariales que comparten la misma infraestructura, y en la que cada empresa puede mantener su propio esquema de segmentación. Es por eso que el soportar diferentes niveles de VLANs y la capacidad para manipular sus etiquetas VLAN se ha convertido en un tema muy importante.

#### **g). Atributos de Multiplexación de Servicios**

La Multiplexación de servicios es usada para soportar múltiples instancias de EVCs en una misma conexión física, permitiendo que un mismo cliente pueda acceder a diferentes servicios por el mismo enlace Ethernet (ver figura 1.2).

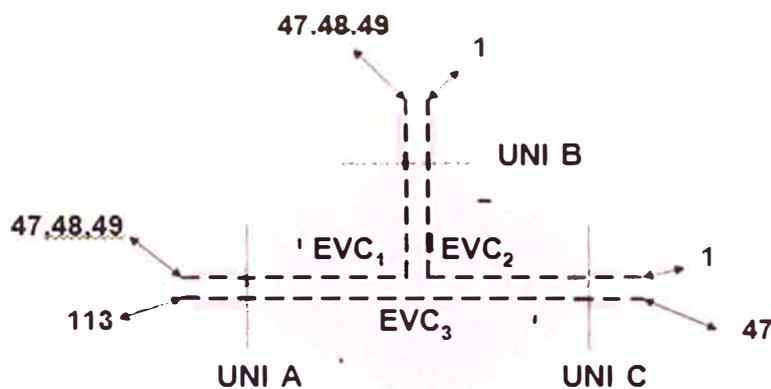


**Figura 1.2** Ejemplo de Multiplexación de Servicios en el UNI A

#### h). Atributo de Agregación

Este atributo permite que dos o más VLAN IDs puedan ser mapeadas por un mismo EVC de la UNI (ver figura 1.3).

UNI A		UNI B		UNI C	
CE-VLANID	EVC	CE-VLANID	EVC	CE-VLANID	EVC
47,48,49	EVC <sub>1</sub>	47,48,49	EVC <sub>1</sub>	1	EVC <sub>2</sub>
113	EVC <sub>3</sub>	1	EVC <sub>2</sub>	47	EVC <sub>3</sub>



**Figura 1.3** Ejemplo de Agregación

#### i). Atributos de Filtros de Seguridad

Los filtros de seguridad son las listas de control de acceso MAC que la red portadora puede usar para bloquear a que ciertas direcciones no sean parte del EVC. Es una alternativa de protección por dirección MAC, en las que se pueden basar para permitir o denegar tráfico.

Otro de los logros de MEF es la creación de un estándar de operación, administración y gestión (OAM) que permita la globalidad de la red a nivel de operador,

así como la definición de una interfaz red a red que optimice la gestión del tráfico y garantice al cliente un determinado ancho de banda y un mismo nivel de servicio de extremo a extremo cuando deba ser cubierto por dos operadores diferentes.

**ANEXO D**  
**ESTANDARES IEEE**

## 1. Estandar IEEE 802.3ah (Ethernet First Mile)

El grupo de trabajo IEEE 802.3 de Ethernet creó a fines del 2001 un grupo de trabajo que se encargó de desarrollar el estándar IEEE 802.3ah Ethernet First Mile, Ethernet en la primera milla; el objetivo de esta norma es poder utilizar Ethernet no sólo para las conexiones en la red de área local, sino también para conexiones de acceso a redes portadoras metropolitanas.

Con su estandarización se ha conseguido:

- Interoperabilidad.
- Menor costo en la primera milla.
- Diversas aplicaciones, residenciales y corporativas.
- Diversos tipos de medios: fibra, cobre, etc.

Uso de tecnologías en evolución, tales como DSL (Digital Subscriber Line o Línea digital de abonado), FTTH (Fiber to the Home - fibra al hogar) y PON (Passive Optical Network o Red Óptica Pasiva).

La norma 802.3ah define:

- La topología de acceso del abonado.
- Las especificaciones de la capa física – definición de la PHY (capa física), los protocolos y la PMD (capa dependiente del medio físico) de la conexión.
- Las OAM (operaciones, administración y mantenimiento) comunes de la EFM.

Como tecnología de acceso Ethernet, EFM define tres topologías de red:

- EFM Copper (sobre par de cobre)
- EFM Fiber (sobre fibra punto a punto)
- EFM PON (sobre fibra punto a multipunto, conocida como EPON)

### a). EFM sobre par de cobre (EFMC)

El EFM Copper (EFMC) se plantea como solución para las infraestructuras existentes de cobre (Cat3), permitiendo velocidades de 10 Mbps en ambas direcciones. Es una de las alternativas más viables para los operadores de telecomunicaciones, que disponen de una amplia infraestructura de cobre en su red de acceso. El objetivo de EFM sobre cobre es transportar Ethernet sobre un único par de cobre del tipo voice grade (par de cobre actual categoría 3) a una velocidad máxima de al menos 10 Mbps bidireccional y con un bucle de longitud máxima alcanzable de al menos 750 metros. Resumiendo lo que dice la norma se tiene:

- Capacidad mayor o igual a 10 Mbps full dúplex

- Longitud de bucle de cobre entre 300 y 1500 m.
- La estructura es OLT - cobre - ONU. Los sistemas activos se conforman en orden descendente desde la central por una OLT (Optical Line Termination) que es parte del nodo de acceso, un Curb Switch o Hub como nodo intermedio en la red óptica del operador y en el extremo final una ONU (Optical Network Unit) que establece la interfaz entre la red terminal del operador y la red del usuario.

**b). EFM sobre fibra punto a punto (EFMF)**

El EFM Fiber (EFMF) plantea una especificación punto a punto sobre fibra como capa física a velocidades desde 100 Mbps hasta 10 Gbps (10 Km).

La norma propone:

- Estructura OLT - fibra - ONU
- Capacidad de banda entre 100 Mbps y 1 Gbps
- Distancia hasta 10 Km
- La capa física puede ser una de las siguientes:
  - 10GBaseLX: 10 Gbps, 2 a 10 Km, fibra monomodo
  - 1000Base-LX: 1 Gbps, 5 Km, dos fibras
  - 100 Base LX: 100 Mbps, 10 Km, dos fibras

**c). EFM sobre fibra punto a multipunto (EFMP)**

El EFM PON (EFMP), conocida como EPON presenta topología punto a multipunto sobre fibra con velocidades de 1 Gbps (20 Km). Para ello hace uso de la tecnología PON (Passive Optical Network), que es una única fibra que hace uso de splitters ópticos (baratos) para dividir la fibra en diferentes hilos que lleguen a cada abonado.

EPON (Ethernet over Passive Optical Network) propone una solución para transportar tramas Ethernet con una topología en estrella desde un splitter óptico pasivo que tiene una cobertura de aproximadamente 16 clientes. La conexión entre el splitter pasivo y el nodo central (OLT) se realiza con una única fibra a una velocidad de 1000 Mbps, y la distancia máxima alcanzable entre el cliente (ONU) y el nodo central (OLT) es de aproximadamente 10 Km.

Dependiendo de la estructura de la red de acceso, además de soportar una estructura en estrella, la red de acceso EPON puede soportar topologías en anillo y bus. En el caso de topologías anillo y bus se requiere un acople óptico 1:2. En el caso de estrella o árbol se requiere un splitter óptico 1:N (siendo N: número de usuarios).

El acceso al medio para las redes EPON es un tanto distinto a los accesos compartidos de Ethernet. En EPON el acceso al medio se desarrolla de la siguiente manera:

- Las EPON en downstream implementan un medio compartido y se realiza en modo broadcast. Desde la OLT hacia las ONUs, las tramas Ethernet pasan por el splitter óptico 1:N en modo broadcast, de modo que los clientes (ONU) filtran localmente las tramas basadas en su dirección MAC.
- Las EPON en upstream implementan un punto a punto mediante técnicas de multiplexado que precautelan las colisiones por el medio compartido. Para esta técnica debe haber un total sincronismo entre las ONUs y la OLT, esta última arbitra dinámicamente el acceso al medio mediante la asignación de time slots para cada ONU. Las ONU almacenan las tramas en buffers y las descargan en ráfagas durante su TS. Si el TS no se llena con las tramas emitidas por la ONU que tiene la autorización de envío, esta última es llenada con tramas IDLE. Los TS son arbitrados dinámicamente por la OLT mediante mensajes de petición (request) de parte de la ONU y de otorgamiento (grant) por parte de la OLT. El algoritmo de adjudicación de ancho de banda dependerá del SLA y del modelo de tarificación.

Otras consideraciones del estándar 802.3ah respecto a las redes EPON son las siguientes:

- La OLT es el nodo central del proveedor, en general es un switch. La ONU está en el sitio del suscriptor (FTTH o FTTB) o cerca de éste (FTTC Fiber to the Cabinet). La ONU presenta una interfaz WAN 802.3ah hacia la red y una interfaz LAN 802.3 hacia el suscriptor.
- El punto-multipunto se implementa mediante un splitter óptico. Se utiliza la misma fibra para datos de subida y de bajada, de manera que la transmisión full dúplex se realiza mediante multiplexación DWDM, la bajada (1.490 nm.) y la subida (1.310 nm.).
- La separación de los datos de los suscriptores hacia la OLT se realiza mediante multiplexación en el tiempo (TDMA) con control central desde la OLT.
- Las tramas de la OLT hacia los suscriptores les llega a todos los usuarios a la vez (medio compartido Ethernet); antes, en la OLT se agrega al encabezado 802.3 dos bytes que identifica al suscriptor (LLID - Logical Link Identifier) y que es usado por las ONU para capturar la trama en función de este identificador (trama

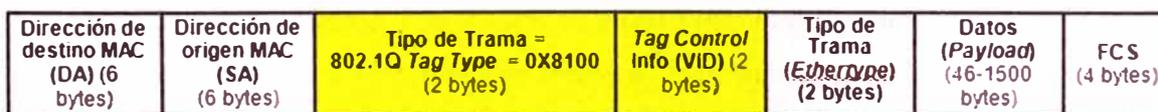
802.3ah). Este identificador es asignado automáticamente por la OLT a la ONU durante el proceso de registro de la ONU.

- El control de la red se realiza mediante el protocolo MPCP (Multipoint Control Protocol). MPCP se implementa como subcapa de control de la capa MAC y gestiona la captura de TS, alineamiento y sincronización y asignación de ancho de banda mediante comandos: GATE, REPORT, REGISTER (auto discovery).

Uno de los aspectos más importantes es una correcta definición de la gestión para redes Ethernet. El estándar 802.3ah incluye una definición OAM (Operation, Administration and Management), con la que no contaba hasta ahora Ethernet y que se emplea para poder hacer pruebas de los bucles y de funcionamiento, así como métodos para redes de cobre y fibra óptica de gestión y monitorización de enlaces y problemas de caídas en el servicio. Aunque ya existía previamente una definición OAM en Ethernet, 802.3ah las extiende y adapta para los escenarios de operación del EFM. Los procedimientos soportados incluyen monitorización, prueba de loopback, detección de fallos y aislamiento.

## 2. Estándar IEEE 802.1Q

Este protocolo fue aprobado por la IEEE para desarrollar un mecanismo que permita la identificación de VLAN (Redes de Área Local Virtuales) mediante la inserción de un identificador de VLAN en la cabecera de la trama Ethernet original llamado Tag VLAN. Esto es posible mediante la definición de un nuevo EtherType (0x8100) que especifica que lo próximo en la cabecera es un tag VLAN. Tras este campo se introducirá el EtherType original de la trama y se recalculará el campo de control de errores (FCS). Ver figura 2.1.



### 802.1Q

**Figura 2.1** Formato de la Trama IEEE 802.1Q

El tag VLAN (Tag Control Info) está formado por:

- Prioridad de usuario (3 bits): empleado para almacenar el nivel de prioridad de la trama. El uso de este campo se especifica en el estándar IEEE802.1p.
- CFI (Canonical Format Indicator, 1 bit): bandera que indica si la dirección MAC está en formato canónico.

- VID (12 bits): es el identificador de VLAN, y permite hasta 4096 diferentes VLANs.

La evolución que ha tenido Ethernet, al pasar de Redes LAN a Redes MAN y WAN ha hecho que aparezcan nuevos estándares que permita la operatividad de esta tecnología en este nivel. Así con el objetivo de permitir a los proveedores disponer de su propio espacio de VLANs, sin afectar el uso que los clientes hagan de dicho campo en un backbone con tecnología Ethernet, se define una extensión de VLAN en el estándar IEEE 802.1ad.

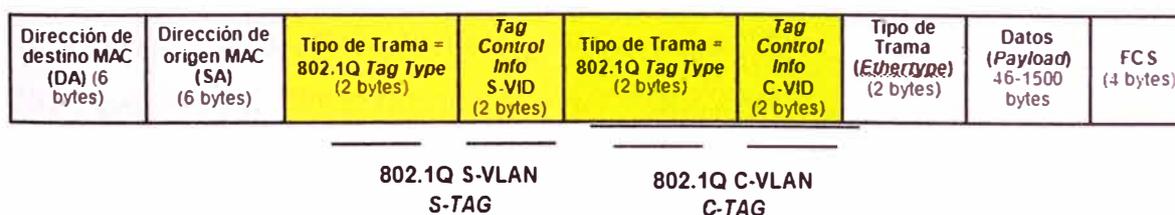
### 3. Estándar IEEE 802.1ad

El IEEE define una extensión de VLAN mediante el estándar IEEE 802.1ad (Provider Bridges - PB) como una enmienda al estándar 802.1Q. Este estándar, también conocido como Q-in-Q fue aprobado el 8 de diciembre de 2005 y publicada el 26 de mayo de 2006, permite el desarrollo de lo que se conoce como redes conmutadas de proveedor.

Mediante este estándar se pretende desarrollar una arquitectura y protocolos, compatibles e interoperables con los protocolos y equipamiento existentes en redes LAN, que proporcionen por separado servicios MAC a múltiples usuarios independientes de una red de área local conmutada de manera que no exista interposición entre usuarios, y que la intervención entre los usuarios y el prestador del servicio MAC sea mínima.

IEEE 802.1ad basa su funcionamiento en apilar de forma consecutiva dos tags VLAN, uno para el proveedor (S-VLAN) y otro para el cliente (C-VLAN). El mecanismo es similar al empleado en 802.1q; añade una nueva etiqueta Q-tag que permite que el proveedor administre sus propias etiquetas e identifique individualmente las redes de sus clientes, mientras que la primera (original) Q-tag se utiliza para identificar las VLANs en la red del cliente. Las tramas de cliente que llegan al proveedor con tag VLAN (lo que pasará a ser el C-VLAN) son encapsuladas mediante una S-VLAN que vendrá determinada por el servicio al que el cliente haya accedido.

Esta nueva definición permite que el proveedor de servicios maneje mediante una sola VLAN a clientes que tienen múltiples VLANs en su LAN (ver figura 3.1).



**Figura 3.1** Formato de la Trama IEEE 802.1ad

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Sam Halabi, Metro Ethernet Services, October 2003  
<http://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=101367&seqNum=2>
- [2] Metro Ethernet fórum. <http://metroethernetforum.org/about-us/mef-overview>
- [3] MEF Reference Presentations (Overview of the Technical Work of the MEF)  
<http://metroethernetforum.org/carrier-ethernet/presentations>
- [4] MEF Technical Specifications. <http://metroethernetforum.org/carrier-ethernet/technical-specifications>
- [5] MEF 6.1. Ethernet Services Definitions - Phase 2. April, 2008.  
[http://metroethernetforum.org/Assets/Technical\\_Specifications/PDF/MEF6-1.pdf](http://metroethernetforum.org/Assets/Technical_Specifications/PDF/MEF6-1.pdf)
- [6] MEF 10.2 Ethernet Services Attributes Phase 2. October, 2009  
[http://metroethernetforum.org/Assets/Technical\\_Specifications/PDF/MEF10.2.pdf](http://metroethernetforum.org/Assets/Technical_Specifications/PDF/MEF10.2.pdf)
- [7] MEF 23.1 Class of Service Phase 2 Implementation Agreement. January, 2012.  
[http://metroethernetforum.org/Assets/Technical\\_Specifications/PDF/MEF\\_23.1.pdf](http://metroethernetforum.org/Assets/Technical_Specifications/PDF/MEF_23.1.pdf)
- [8] IEEE Computer Society. IEEE 802.3 Ethernet  
<http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.3-2012.html>
- [9] IEEE Computer Society. IEEE 802.1q Local and metropolitan area networks Media Access Control (MAC) Bridges and Virtual Bridged Local Area Networks  
<http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.1Q-2011.html>
- [10] IEEE Computer Society. IEEE 802.1ad Local and Metropolitan Area Networks Virtual Bridged Local Area Networks---Amendment 4: Provider Bridges  
<http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.1ad-2005.html>
- [11] Juniper. Understanding Layer 2 Tunneling Protocol.  
[http://www.juniper.net/techpubs/en\\_US/junos12.1/topics/concept/l2pt-qfx-series.html](http://www.juniper.net/techpubs/en_US/junos12.1/topics/concept/l2pt-qfx-series.html)
- [12] Huawei. Ethernet OAM Technology White Paper. 2012.
- [13] Cisco. Resilient Ethernet Protocol White Paper. 2007.  
[http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps6568/ps6580/prod\\_white\\_paper0900aecd806ec6fa.pdf](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps6568/ps6580/prod_white_paper0900aecd806ec6fa.pdf)

- [14] IEEE Global History Network, “Microwav\_Link\_Networks”  
[http://www.ieeeahn.org/wiki/index.php/Microwave\\_Link\\_Networks](http://www.ieeeahn.org/wiki/index.php/Microwave_Link_Networks)
- [15] Ayal Lior and Marco Mascitto, Smart Demarcation of your Carrier Ethernet Services: Using NIDs. Ethernet Academy.  
<http://www.ethernetacademy.net/index.php/20090810196/Ethernet-Academy-Articles/smart-demarcation-of-your-carrier-ethernet-services-using-nids.html>
- [16] ITU-T. Next Generation Networks – Frameworks and functional architecture models. Recommendation Y.2001. 2004.
- [17] Cisco 7609-S chassis datasheet. Cisco Systems.  
[http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps368/ps367/product\\_data\\_sheet0900aec8057f3d2.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps368/ps367/product_data_sheet0900aec8057f3d2.html)
- [18] Cisco ME 3800X Series Carrier Ethernet Switch Router. Cisco Systems.  
[http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps10905/ps10965/data\\_sheet\\_c78-601950.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps10905/ps10965/data_sheet_c78-601950.html)
- [19] Cisco ME 3600X Series Ethernet Access Switches. Cisco Systems.  
[http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps6568/ps10956/data\\_sheet\\_c78-601946.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps6568/ps10956/data_sheet_c78-601946.html)
- [20] Cisco ME 3400E Series Ethernet Access Switches. Cisco Systems.  
[http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps6568/ps9637/data\\_sheet\\_c78-495220.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps6568/ps9637/data_sheet_c78-495220.html)