



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGÓN**

**"CONECTIVIDAD DE SERVICIOS LADA ENLACE GIGABIT  
ETHERNET DE 100 MBPS HASTA 1 GBPS PUNTO -  
MULTIPUNTO"**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA  
P R E S E N T A :**

**Zarco Lozano Salvador Alejandro  
Ibáñez Salazar Iván**

**ASESOR: ING. BENITO BARRANCO CASTELLANOS**



San Juan de Aragón, Estado de México, Octubre de 2012



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

<b>Indice</b>	I
<b>Objetivo</b>	III
<b>Introducción</b>	IV
<b>Capítulo 1 Servicios de la red de acceso</b>	1
1.1 Introducción	1
1.2 Características de la red de acceso	2
1.2.1 Servicios	3
1.2.2 Ingeniería y Arquitectura de la red de acceso	3
1.2.3 Herramientas de análisis y estudio de las señales	6
1.2.4 Arquitectura de la RA	11
1.2.5 Red de acceso y el último kilómetro	14
1.2.6 Elementos de la red de acceso	15
1.2.7 Línea conmutada y dedicada	16
1.2.8 Formas de acceso a la planta telefónica	17
1.2.9 Esquema integral de la red del operador telefónico	17
1.2.10 Esquema gráfico de la red del Carrier.	17
1.3 Lada enlace a 64 kbps (E0) y a 2 Mbps	19
1.3.1 Implantación de los servicios.	19
1.3.2 Lada enlace a 64 kbps (E0)	20
1.3.3 Lada enlace a 2 Mbps (E1)-Punto–Punto.	21
1.3.4 Lada enlace a 2 Mbps (E1)- Punto - Multipunto	21
1.3.5 Alcances del servicio	22
1.3.6 Especificaciones Técnicas del Lada enlace a 64 kbps (E0) y a 2Mbps	25
1.4 Lada enlace a 2 Mb/s (E1)	26
<b>Capítulo 2 Servicios Ethernet</b>	31
2.1 Redes de datos	31
2.1.1 ¿Qué es Ethernet?	32
2.1.2 Control de flujo en Ethernet	30
2.1.3 Primeros Medios Ethernet	33
2.1.4 Cambio a 1 Gbps y mas	37
2.1.5 Ethernet Capa 1 y Capa 2	38
2.1.6 Control de Enlace Lógico: Conexión con las Capas Superiores	40
2.1.7 Implementaciones Físicas de Ethernet	41
2.1.8 Redes LAN	42
2.2 Redes Virtuales de Área Local (VLAN)	48
2.2.1 IEEE 802.1Q-1998	49
2.2.2 Arquitectura de VLAN	51
2.2.3 Arquitectura del Filtrado de la Base de Datos	52
2.2.4 Clasificación de VLAN	54
2.2.5 Trunks o Troncal	55
2.2.6 Resumen Ethernet	56
2.3 Características del Ancho de Banda	56
2.3.1 Diagrama de los Parámetros de Ancho de Banda	57
2.3.2 Parámetros de Desempeño	58
2.3.2.1 Prueba de Troughput	60
2.3.2.2 Prueba de Perdida de Tramas	61
2.3.2.3 Prueba Back to Back	63
2.3.2.4 Prueba de Retardo	65

2.4	Configuración de las Mediciones	67
2.4.1	Tipos de Equipos de Medición	67
2.4.2	Medición con un solo Puerto y Loopback	68
2.4.3	Medición con dos Puertos	70
2.4.4	Medición con dos Equipos	71
2.5	Consideraciones Generales en las Mediciones	73
2.5.1	Configuración de las Interfaces	74
2.5.2	Consideraciones en el Ancho de Banda	75
2.5.3	Escenarios de Medición	76

<b>Capítulo 3 Topología y dimensionamientos lada enlaces Ethernet de 100 Mbps hasta 1 Gbps punto multipunto</b>	<b>82</b>
---	-----------

3.1	Lada enlaces	85
3.2	La topología de los Lada Enlaces	88
3.2.1	Lada enlaces vía cobre	88
3.2.1.1	Topología punto a punto	88
3.2.1.2	Topología punto multipunto	89
3.2.1.3	Topología punto a multipunto	90
3.2.2	Modelo de los servicios Ethernet	91
3.2.2.1	Servicio punto a punto (P-P.)	92
3.2.2.2	Modo de Operación Transparente	92
3.2.2.3	Arquitectura de Red	93
3.2.3	Lada enlaces por F.O	93
3.2.3.1	Topología punto a punto 10 a 30 Mbps	95
3.2.3.2	Topología punto a punto 40 a 150 Mbps	96
3.2.3.3	Topología punto a punto 150 a 1000 Mbps	97
3.2.3.4	Servicios punto a multipunto (P-PM)	98
3.2.3.5	Modelo de Operación Transparente	98
3.2.3.6	Arquitectura de red para el servicio punto multipunto	99
3.2.4	Topología punto multipunto (hub and spoke) 200 a 1000 Mbps	99
3.2.5	Radio en enlaces E1	103
3.2.5.1	Radio en la red de transporte	103
3.3	Dimensionamiento de equipos para Lada enlaces	106
3.3.1	15302	108
3.3.2	15305	109
3.3.3	Equipo en el sitio del cliente	110

<b>Anexo A</b>	<b>113</b>
----------------	------------

<b>Conclusiones</b>	<b>124</b>
---------------------	------------

<b>Glosario</b>	<b>129</b>
-----------------	------------

<b>Bibliografía</b>	<b>132</b>
---------------------	------------

## **Objetivo**

Interpretar el dimensionamiento de la red de acceso, que proporcionan los operadores telefónicos para la conectividad, de los enlaces y servicios ethernet de 100 MBPS hasta 1 Gbps punto - multipunto.

## **Objetivos específicos**

### **Capítulo 1**

Enlazar al cliente con el resto de la red de telecomunicaciones de una manera confiable para satisfacer sus necesidades de comunicación;

### **Capítulo 2**

Integrar la comunicación de diferentes sitios en una sola interfaz, para brindar alternativas de conectividad que vayan de la mano con las características de la red, para poder contar con la flexibilidad necesaria en el ancho de la banda.

### **Capítulo 3**

Relacionar el dimensionamiento de los equipos de acceso de los diferentes proveedores a la Red Lada Enlaces de acuerdo a las capacidades que oferta el operador telefonico que preste el servicio

## Introducción

Los operadores telefónicos proporcionan a los clientes del mercado empresarial conectividad de servicios de datos, para los clientes extiendan sus redes en los ámbitos locales, nacionales o internacionales. Para lo cual el carrier ofrece diferentes soluciones dependiendo las necesidades de los clientes y las facilidades que se tengan en la red de telecomunicaciones.

Las velocidades disponibles para la transmisión de datos van desde 64 Kbps hasta STM-64 para tecnologías tradicionales y Ethernet desde 10 Mbps hasta 1 Gbps

El operador telefónico dominante ofrece conectividad punto a punto a los clientes para que extienda sus redes LAN a otras localidades. También en el caso de que los clientes cuenten con una oficina matriz y varias sucursales, el operador telefónico ofrece los servicios Lada enlaces punto multipunto conectando sitios remotos (spokes) con un punto matriz (Hub).

Para ofrecer lo anterior el carrier ofrece diferentes soluciones dependiendo la distancia a la que se encuentre el cliente y las facilidades de la red de Telecomunicaciones. Los medios empleados pueden ser cobre, fibra óptica o enlaces de microondas

Es muy conocido que el sector de las telecomunicaciones se encuentra bajo cambios sustanciales, motivados por las demandas de usuarios residenciales, empresariales y corporativos por nuevos y mejores servicios derivados de los rápidos avances en la tecnología digital y por las crecientes necesidades de una comunicación global.

Hoy en día las telecomunicaciones son consideradas como parte integral del desarrollo socioeconómico de un país que tiene como objeto aumentar la productividad industrial de un país y mejorar el nivel de vida de la población.

Los operadores de las empresas de telecomunicaciones tienen la responsabilidad de planear implementar y operar nuevas infraestructuras de red y de asegurarse que los servicios ofrecidos se mantengan en concordancia con las necesidades de rápido cambio que exige el mundo actual.

Dentro de este marco, los operadores telefónicos no solo ha asumido el reto, sino que se ha mantenido a la vanguardia en el desarrollo de las telecomunicaciones en el país.

La tendencia de esta tecnología y los servicios ofrecidos del carrier se encuentran en constante cambio, nuestra finalidad es demostrar cómo se lleva a cabo la conectividad, enlaces y servicios Ethernet de 100 Mbps hasta 1 Gbps Punto Multipunto. Para ello damos a conocer los servicios de la red de acceso y el enlace a 64 kbps (E0), 2Mbps (punto-punto) y 2Mbps (punto-multipunto), el cual lo mencionamos en el capítulo 1, ya que se muestra el enlace al suscriptor con el resto de la red de telecomunicaciones de una manera confiable. En el capítulo 2 se integra la comunicación de diferentes sitios en una sola interfaz, para poder contar con la flexibilidad necesaria en el ancho de la banda y en el capítulo 3 damos un panorama de la topología y dimensionamientos de los enlaces Ethernet de 100 Mbps hasta 1 Gbps punto multipunto. Esta tesis es una recopilación de un trabajo de investigación mostrando la tendencia, la estructura y funcionamiento de los Lada Enlaces Ethernet. Con este servicio, se puede tener una conexión eficiente al integrar la comunicación de diferentes sitios en una sola interfaz, esto le brinda alternativas de conectividad que van de la mano con las características de la red, para poder contar con la flexibilidad necesaria en el ancho de la banda.

Los tipos de cobertura ofrecidos son tanto a nivel Local como de Larga Distancia Nacional

Es por ello que surge la necesidad de presentar este trabajo de tesis que muestre un panorama global de las redes de telecomunicaciones actuales para los enlaces ethernet.

# Capítulo 1

## Servicios de la red de acceso

### 1.1 Introducción

La Red de Acceso (RA) está formada por los enlaces entre el usuario o cliente y la central local más cercana a su domicilio, es la parte de la red de telecomunicaciones de operador telefónico con la que el cliente tiene contacto directo, además de que ésta parte contiene gran diversidad de equipos y soluciones tecnológicas posibles.

La finalidad principal de la RA es enlazar al cliente con el resto de la red de telecomunicaciones de una manera confiable para satisfacer sus necesidades, de comunicación; por lo tanto, es de vital importancia que los medios y sistemas de transmisión empleados para conectar a los clientes sean lo más adecuado para cada cliente, desde un punto de vista Técnico -Económico.

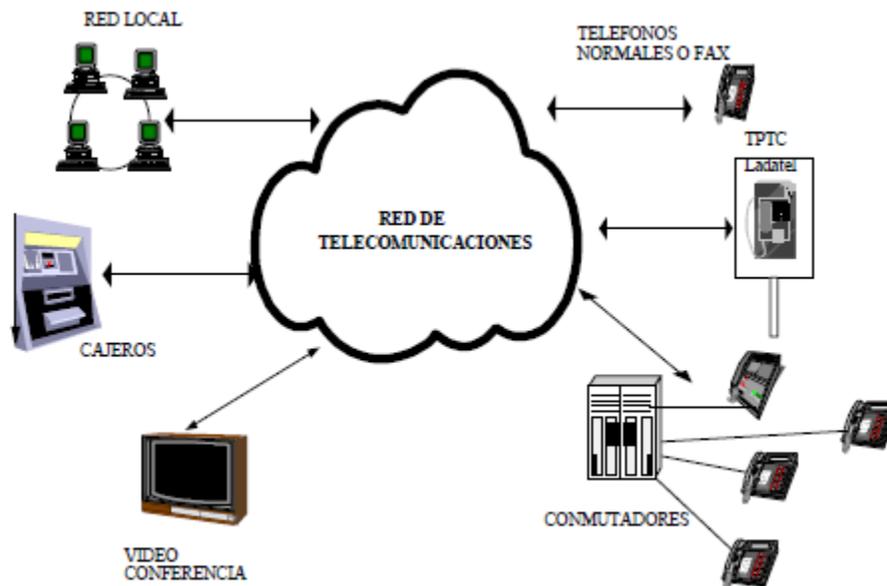


Fig.1.1 ejemplo de aplicaciones de cliente

## 1.2 Características de la red de acceso

En la tabla 1.1 se muestran las características de la red de acceso y su objetivo.

Característica	Objetivo
<b>Confiabilidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantizar que los medios y equipos de transmisión cumplan con las normas de calidad estipuladas por el carrier, para satisfacer el requerimiento de los clientes.</li> <li>• Precisión para completar llamadas dentro de la red por el uso de centrales de conmutación digital enlazadas con medios digitales y con un diseño de ingeniería propio al tráfico telefónico requerido por los grandes clientes.</li> <li>• Respaldo en línea por la utilización de sistemas 1 + 1 en el acceso al cliente y configuraciones en anillo para los casos de conexión óptica.</li> <li>• Respaldo opcional mediante la instalación de radios digitales y fibras ópticas de soporte contando así con rutas alternas.</li> </ul>
<b>Alta calidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilización de tecnología electrónica digital de punta.</li> <li>• Transmisión de voz y datos con calidad y ausencia de errores.</li> <li>• Inmunidad al ruido e interferencias electromagnéticas.</li> </ul>
<b>Economía.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El cliente no tiene que invertir en el equipo de transporte ni en su mantenimiento ya que es propiedad del operador dominante.</li> <li>• Dado que la red es compartida de manera común por varios clientes los costos se devengan de manera balanceada, a diferencia de una red privada.</li> <li>• El esquema de cobro se basa en rentas mensuales, lo que lo hace más accesible.</li> </ul>
<b>Evolución.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El diseño de la Red Digital (RD) permite una evolución natural hacia plataformas tales como: La Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), Red inteligente, o conceptos complementarios como Redes de datos (X.25, Frame Relay o incluso ATM).</li> </ul>

Tabla 1.1 características de la red de acceso y su objetivo.

### 1.2.1 Servicios

En la tabla 1.2 se muestran algunos servicios que se suministran con la red de acceso.

Líneas privadas	Servicios conmutados	Servicios dedicados	Servicios satelitales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enlaces Privados Analógicos para Transmisión de Voz</li> <li>• Enlaces Privados Analógicos para Transmisión de Datos</li> <li>• Enlaces Privados Analógicos para Télex o Telegrafía</li> <li>• Enlaces Privados Analógicos para Facsímil o Telefotografía</li> <li>• Enlaces Privados Analógicos para Radiodifusión</li> <li>• Enlaces Privados Analógicos para Transmisión de Voz/Datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Troncales Digitales</li> <li>• Troncales analógicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Serv. Lada enlace a 64 kbps (DS0)</li> <li>• Serv. Lada enlace a 64 kbps (E0)</li> <li>• Serv. Lada enlace a 2 Mbps (E1), Punto – Punto.</li> <li>• Serv. Lada enlace a 2 Mbps (E1), punto – Multipunto</li> <li>• Serv. Data enlace</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Serv. Sat. 64 Kbps (voz, datos).</li> </ul>

Tabla 1.2 servicios que se suministran con la red de acceso.

### 1.2.2 Ingeniería y Arquitectura de la red de acceso

En términos generales la RA comprende el acceso tanto de servicios conmutados como de servicios privados y está definida como el conjunto de elementos y medios de transmisión que permiten interconectar el equipo terminal de un cliente con el Nodo de Acceso a la Red (NAR) que le corresponde. La función primaria de la Red de Acceso es la de concentrar los diferentes requerimientos de servicio, provenientes de los clientes, en el NAR.

Esta red está definida esencialmente por tres elementos básicos:

- El Punto Terminal de Red (PTR),
- Los medios y/o sistemas de transmisión y
- El punto Terminal del Nodo (PTN).

La Red de Acceso puede presentar diferentes topologías de red, que variarán dependiendo de la ubicación del cliente y de las características propias del servicio, siendo las principales:

- Punto a punto
- Bus
- Árbol
- Anillo

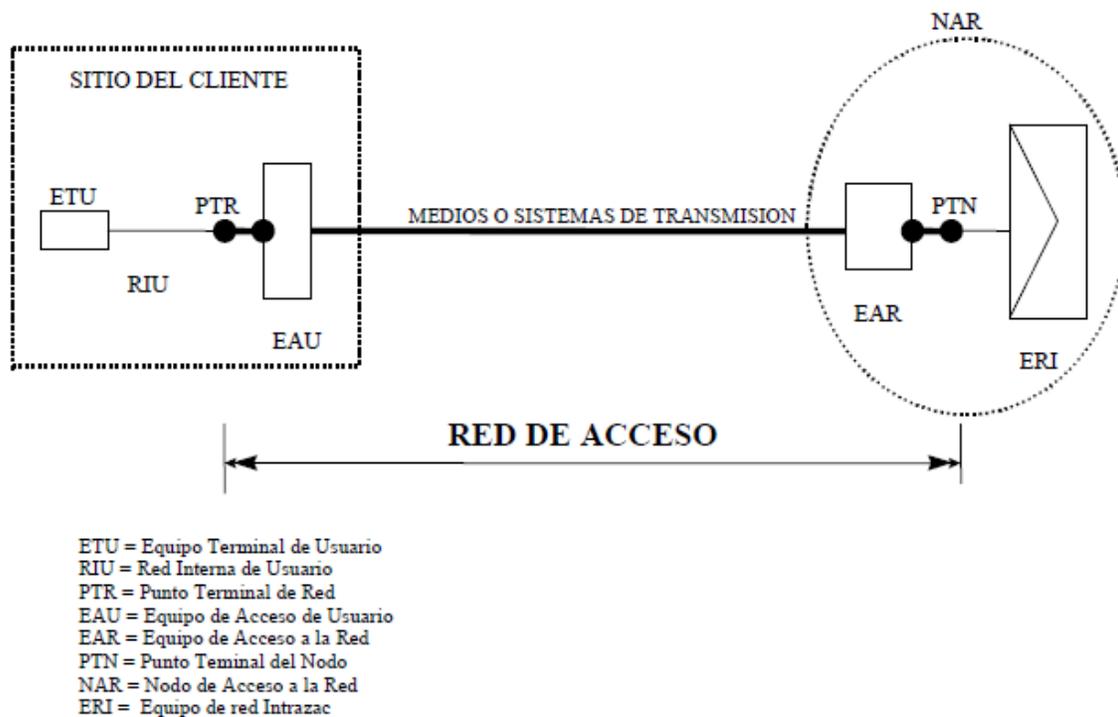


Fig. 1.2 Elementos de la red de acceso.

**Punto terminal de red** El Punto Terminal de Red (PTR) es la frontera, en la localidad del cliente, que delimita el inicio ó final de la red de telecomunicaciones con la red interna de usuario (RIU).

Generalmente está implementado físicamente por un Dispositivo de Interconexión Terminal (DIT), una Unidad Terminal de Red (UTR) o un pequeño distribuidor o repartidor de un equipo de transmisión de la Red de Acceso.

Este punto se utiliza como auxiliar en las pruebas para deslindar responsabilidades entre el cliente y la empresa el punto terminal de responsabilidad es la interfaz que se entrega al cliente para que en el conecte su equipo (pueden ser rosetas o conectores de interfaz estandarizadas).

**Punto terminal del nodo,** El punto de terminal de nodo (PTN), es la frontera, en el nodo de acceso a la red, que delimita la red de acceso con el resto de la red conmutada o privada de voz y/o datos (red internodal). Su implementación física se realiza normalmente por un elemento distribuidor que depende del tipo de servicio (conmutado, privado, de voz de datos, etc.).

**Medios y sistemas de transmisión,** Es el medio físico y sus sistemas de transmisión asociados que se utilizan para transportar los servicios, depende tanto del tipo y capacidad de éstos, como de la ubicación geográfica del cliente. Pueden emplearse sistemas de transmisión que utilicen medios como la fibra óptica, par metálico, radios punto a punto, enlaces vía satélite ó la combinación de algunos de ellos.

**Nodo de Acceso a la Red (NAR)** Nodo de Acceso a la Red (NAR), es el local técnico donde se encuentra el equipo perteneciente a la red que ofrecerá los servicios requeridos y que a través de éste representa la puerta de entrada a esta red. Físicamente, en el caso de servicios conmutados de telefonía, el NAR es el CCA/CCE<sup>1</sup> de la zona de atención que le corresponde al cliente.

---

<sup>1</sup> CCA: Central con capacidad de abonado.  
CCE: Central con capacidad de enrutamiento

En el caso de los servicios privados, el NAR está representado por el Punto de Acceso Digital (PAD) donde se encuentra el Multiplexor Multiservicios (MMS) o su equipo equivalente.

En algunos casos el NAR puede estar ubicado en la localidad del cliente (como es el caso de los PAD's privados), sin embargo, el local o instalación que conecta al cliente no necesariamente es un NAR.

### 1.2.3 Herramientas de Análisis y Estudio de las Señales. Ortogonalidad

Un sistema se dice que es ortogonal si el producto de las 2 funciones es igual a cero. Matemáticamente se define como:

$$\int f_1(t)f_2(t)dt = 0$$

Sea el siguiente ejemplo:

$$\int_0^{\frac{2\pi}{w_0}} \sin n w_0 t \cos m w_0 t dt$$

$$\sin a \cos b = \frac{1}{2} [\sin(a + b) + \sin(a - b)]$$

$$\frac{1}{2} \int_0^{\frac{w_0}{2\pi}} \sin(n + m)w_0 t + \frac{1}{2} \int_0^{\frac{w_0}{2\pi}} \sin(n - m)w_0 t$$

$$-\frac{1}{2} \frac{\cos(n + m)w_0 t}{(n + m)w_0} \Bigg|_0^{\frac{2\pi}{w_0}} - \frac{1}{2} \frac{\cos(n - m)w_0 t}{(n - m)w_0} \Bigg|_0^{\frac{2\pi}{w_0}}$$

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{c} \nearrow 0 \\ \frac{(\cos(n+m) 2\pi - \cos 0)}{(\cos 0 - \cos 0)} \end{array} - \begin{array}{c} \nearrow 0 \\ \frac{1(\cos(n-m) 2\pi - \cos 0)}{-(\cos 0 - \cos 0)} \end{array} \\
 \\
 \begin{array}{c} (n+m)w_0 \\ (1-1) \\ (0) \end{array} \qquad \qquad \begin{array}{c} (n-m)w_0 \\ -(1-1) \\ -(0) = 0 \end{array}
 \end{array}$$

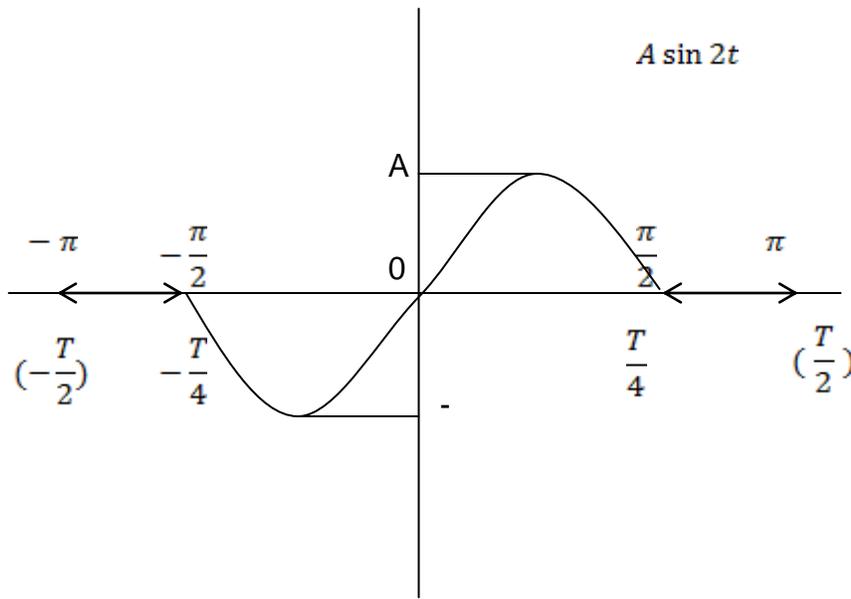
Herramienta para el análisis de Fourier es el cálculo de los coeficientes de la serie trigonométrica de Fourier.

$$\begin{aligned}
 a_0 &= \frac{1}{T} \left\{ \begin{array}{l} \frac{T}{2} \\ -\frac{T}{2} \end{array} f(t) dt \right. \\
 a_n &= \frac{2}{T} \left\{ \begin{array}{l} \frac{T}{2} \\ -\frac{T}{2} \end{array} f(t) \cos(nW_0 t) dt \right. \\
 b_n &= \frac{2}{T} \left\{ \begin{array}{l} \frac{T}{2} \\ -\frac{T}{2} \end{array} f(t) \sin(nW_0 t) dt \right.
 \end{aligned}$$

Con estos coeficientes podemos encontrar el espectro de las funciones.

Lo ilustraremos con el siguiente ejemplo:

Representar la siguiente función por una serie de Fourier trigonométrica en el intervalo de  $-\pi$  a  $\pi$ .



Solución:

Se observa que  $f(t) = -f(-t)$ , esto es, que se trata de una función impar por lo

que  $a_0 = a_n = 0$  ahora:

$$f(t) \begin{cases} A \sin 2t; & -\frac{\pi}{2} < t < \frac{\pi}{2} \\ 0; & -\frac{\pi}{2} < t < \pi \\ -A \sin 2t; & -\pi < t < -\frac{\pi}{2} \end{cases}$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t) \sin(n\omega_0 t) dt = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{4}}^{\frac{T}{4}} (A \sin 2t) (\sin n\omega_0 t) dt$$

Ya que los integrales.

$$\int_{-\frac{T}{2}}^{-\frac{T}{4}} 0 dt = \int_{\frac{T}{4}}^{\frac{T}{2}} 0 dt = 0$$

Recordando que el producto de 2 funciones impares es una función par, y que la integral de una función par entre dos límites antisimétricos es igual a 2 veces la integral de la función par cambiando el límite inferior por cero esto es:

$$\int_{-a}^a f(t)dt = 2 \int_0^a f(t)dt \text{ si } f(t) \text{ es par}$$

Tenemos también que:

$$\cos(x - y) = \cos x \cos y + \sin x \sin y$$

$$\cos(x + y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y$$

Sustituyendo 2 en 1

$$\cos(x - y) - \cos(x + y) = 2 \sin x \sin y \quad \text{--- 1}$$

$$\therefore \sin x \sin y = \frac{1}{2} [\cos(x - y) - \cos(x + y)] \quad \text{--- 2}$$

Y si  $x = 2t$ ;  $y = nw_0t$  entonces ...

$$\begin{aligned} bn &= \frac{2A}{T} \left\{ \int_0^{\frac{T}{4}} \cos(2t - nw_0t) dt - \int_0^{\frac{T}{4}} \cos(2t + nw_0t) dt \right\} = \\ &= \frac{2A}{T} \left\{ \left( \frac{1}{2 - nw_0} \right) \left[ \sin(2t - nw_0t) \right]_0^{\frac{T}{4}} - \left( \frac{1}{2 + nw_0} \right) \left[ \sin(2t + nw_0t) \right]_0^{\frac{T}{4}} \right\} = \\ &= \frac{2A}{T} \left\{ \left( \frac{1}{2 - nw_0} \right) \left[ \sin\left(\frac{T}{2} - nw_0 \frac{T}{4}\right) \right] - \left( \frac{1}{2 + nw_0} \right) \left[ \sin\left(\frac{T}{2} + nw_0 \frac{T}{4}\right) \right] \right\} = \end{aligned}$$

$$\text{Pero } t = 2\pi \text{ y } w_0 = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2\pi} = 1$$

$$= \frac{2A}{T} \left\{ \left( \frac{1}{2 - nw_0} \right) \left[ \sin \left( \pi - \frac{n\pi}{2} \right) \right] - \left( \frac{1}{2 + nw_0} \right) \left[ \sin \left( \pi + \frac{n\pi}{2} \right) \right] \right\} =$$

Y como  $\sin(\pi - \alpha) = \sin \alpha$  y  $\sin(\pi + \alpha) = -\sin \alpha$

$$bn = \frac{2A}{2\pi} \sin \frac{n\pi}{2} \left\{ \left( \frac{1}{2 - nw_0} + \frac{1}{2 + nw_0} \right) \right\} =$$

$$bn = \frac{A}{\pi} \sin \frac{n\pi}{2} \left\{ \frac{4}{4 - n^2 w_0^2} \right\} = \frac{4A}{\pi(4 - n^2)} \sin \frac{n\pi}{2}$$

Puesto que  $w_0 = 1$

Entonces para "n" impar.

$$bn = \left\{ \frac{4A}{\pi(4 - n^2)} \sin \frac{n\pi}{2} \right.$$

Para "n" par es 0

La serie de Fourier seria entonces

$$f(t) = \sum_{n=1}^{\infty} bn \sin n w_0 t \quad n = \text{impar}$$

Asi:

$$f(t) = \frac{4A}{3\pi} \sin w_0 t + \frac{4A}{5\pi} \sin 3 w_0 t - \frac{4A}{21\pi} \sin 5 w_0 t + \dots$$

**Transformada de Fourier.**

$$\mathfrak{F} F[f(t)] = F(w) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$$

**Transformada Inversa de Fourier.**

$$\mathfrak{F}^{-1} F[f(w)] = F(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(w) e^{j\omega t} dw$$

En general  $F(w)$  es una función compleja que puede expresarse como:

$$F(w) = F(w)/e^{j\theta(w)}$$

Es usual interpretar las ecuaciones 1 y 2 como una herramienta operacional que permita una correspondencia univoca entre el dominio del tiempo y el dominio de la frecuencia para una función.

### Diferencias entre la transformada de Fourier y Laplace.

Sea la transformada de Laplace.

$$\int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt$$

Sea la transformada de Fourier.

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt$$

Donde<sup>2</sup>

$$s = \sigma + j\omega$$

#### 1.2.4 Arquitectura de la RA

La RA puede estar configurada con diferentes tipos de arquitecturas físicas, ya que la gran variedad de servicios y equipos permiten utilizar la configuración más óptima.

- **Punto a Punto**

Esta arquitectura es la más comúnmente utilizada y la más simple.

Consiste en enlazar un sólo cliente con el nodo del carrier (NAR) y puede utilizar cualquier medio y/o sistema de transmisión. En esta arquitectura pueden encontrarse enlaces de radiosistemas con tecnología HDSL (High

---

<sup>2</sup> Ing. **Bribiesca** Correa Raúl Roberto, Apuntes de la materia Comunicaciones Digitales

Speed Digital Subscriber Line), módems digitales a través de cobre, el servicio básico de telefonía por cobre, etc.

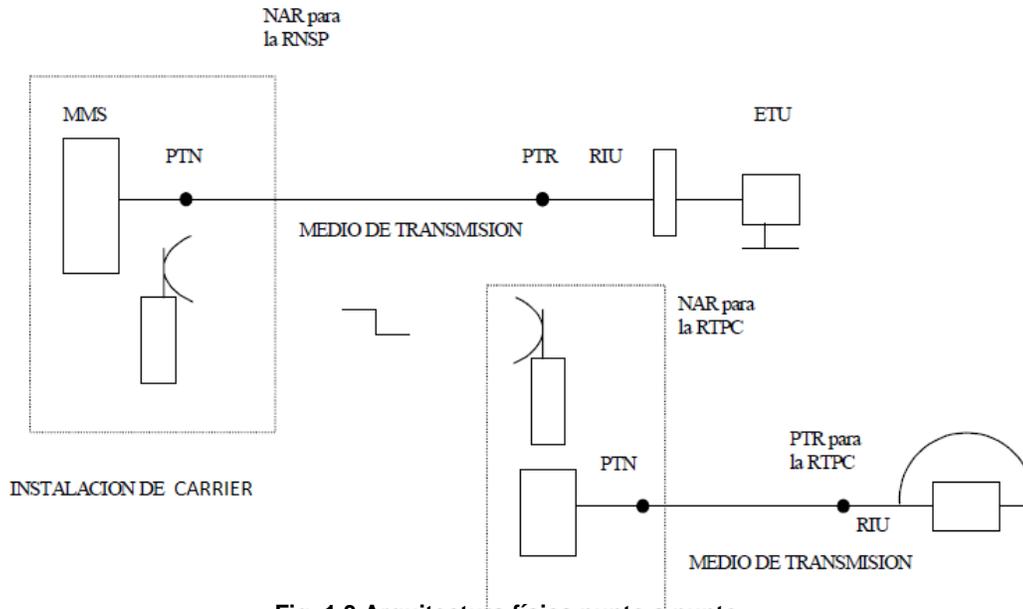


Fig. 1.3 Arquitectura física punto a punto.

- **Bus**

Esta arquitectura consiste en conectar a un mismo NAR dos o más clientes que se encuentran en sitios diferentes por medio de un solo medio de transmisión que enlaza los diversos clientes. Sin embargo éstos comparten el equipo del lado central y el sistema y/o medio de transmisión que los enlaza al NAR. Un ejemplo de tecnologías que usan esta arquitectura es el Multiplexor de abonados.

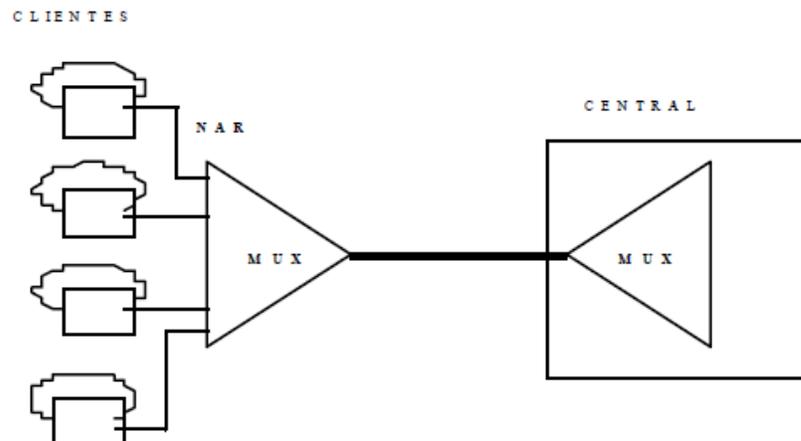


Fig. 1.4 Arquitectura física de bus.

- **Árbol**

Esta arquitectura consiste en enlazar clientes distribuidos en diferentes zonas geográficas, mediante nodos de concentración de diferentes niveles y ramificaciones que parten de éstos, de tal forma que se van concentrando los servicios hasta llegar al NAR a través de un sólo medio y/o sistema de transmisión.

Tecnologías que utilizan esta arquitectura son: la Red Óptica Pasiva (en inglés PON), el Radio de Acceso Múltiple (RAM), etc.

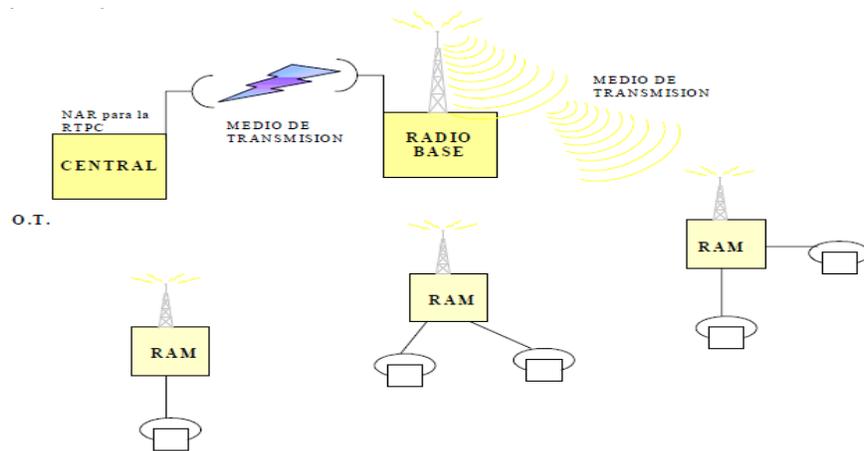


Fig. 1.5 Arquitectura física de árbol.

- **Anillo**

Esta arquitectura consiste en una serie de conexiones punto a punto entre localidades del cliente consecutivas, hasta que la trayectoria forme un bucle cerrado en un NAR.

Un posible ejemplo de RA utilizada en forma de anillo es la Red Óptica Flexible (ROF).

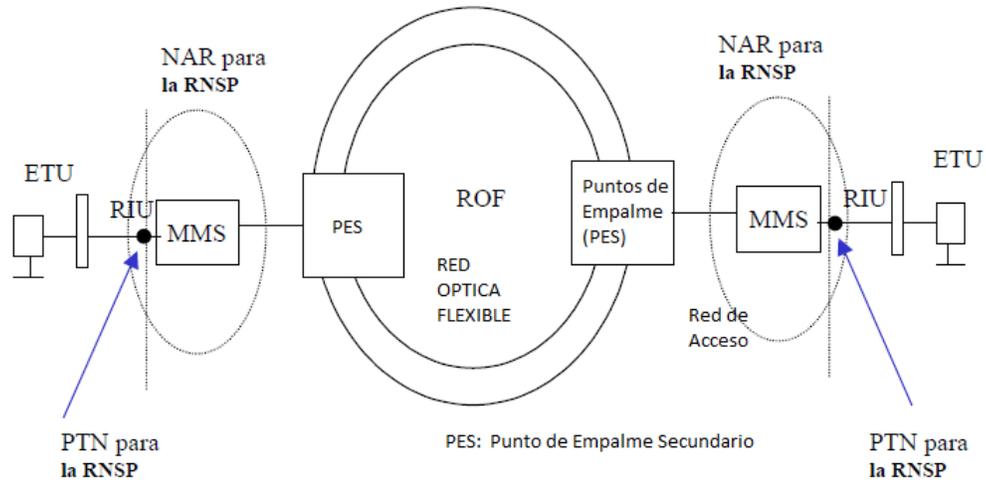


Fig. 1.6 Arquitectura física de anillo.

### 1.2.5 Red de acceso y el último kilómetro

A diferencia de la Red de Acceso, el término último kilómetro (última milla), es un concepto utilizado para definir el enlace establecido entre el cliente y el equipo de transmisión de la instalación (local) más cercana de la Red de Telecomunicaciones.

La Red de Acceso puede incluir al último kilómetro y ambos en algunas redes, puede ser uno misma; sin embargo, en otras pueden diferenciarse claramente. En el último kilómetro también pueden utilizarse diferentes tecnologías de transmisión que utilicen medios tales como los anteriormente mencionados.

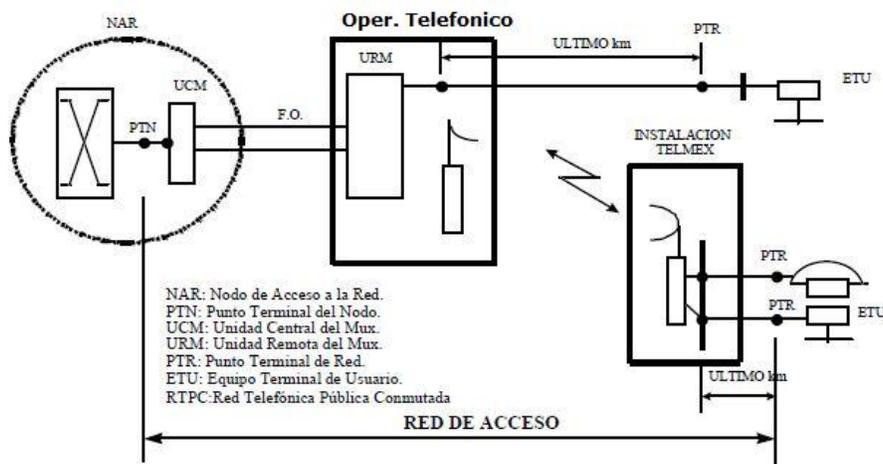


Fig. 1.7 Relación entre la red de acceso y el último kilómetro en la RTPC.

### 1.2.6 Elementos de la red de acceso

Actualmente existe una diversidad de tecnologías que pueden ser empleadas en la red de acceso, cada una de ellas tiene características particulares que determinan su aplicabilidad en la red, sin embargo, es importante determinar específicamente que tecnología es la más adecuada, en comparación con otras, para prestar los diferentes servicios que ofrece el carrier.

Para determinar estas soluciones se debe considerar un análisis técnico - económico involucrando principalmente los siguientes aspectos: *Costo, Capacidad, Cobertura y Demanda.*

En la figura 1.8 se muestra de forma esquemática los principales elementos en la red de acceso y su interconexión con la red de transporte del operador telefónico.

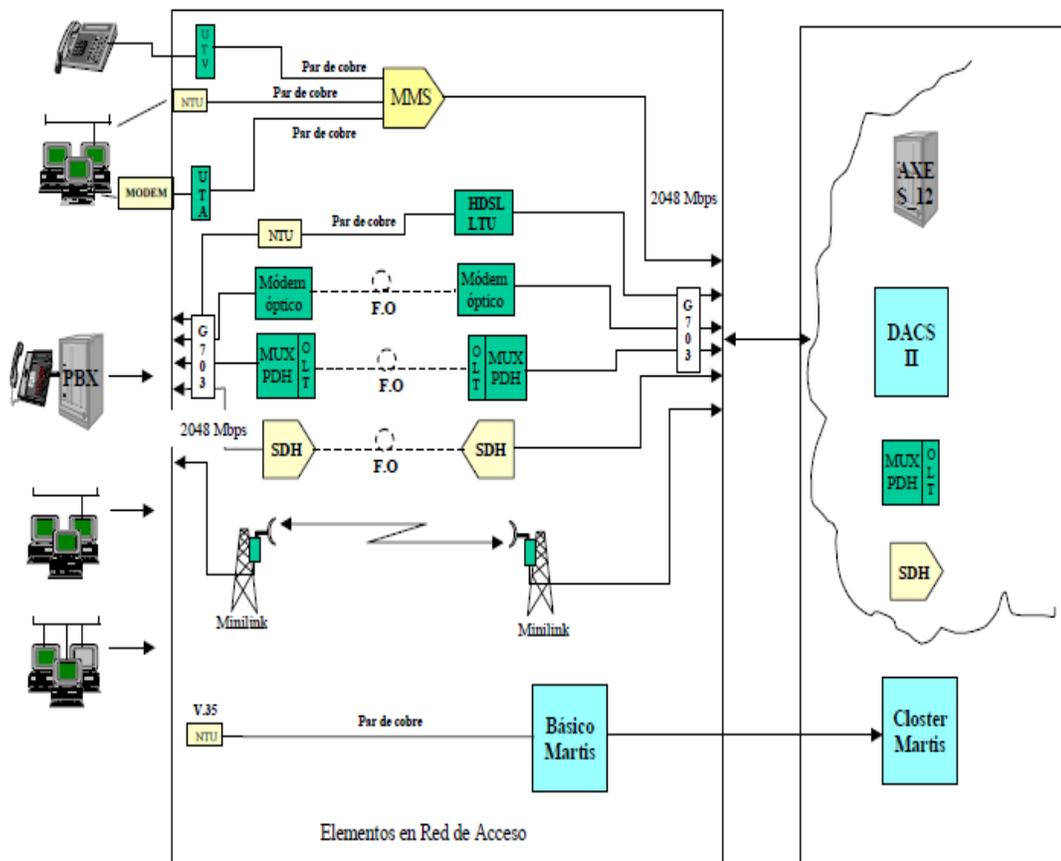


Fig. 1.8 Elementos de la red de acceso

### 1.2.7 Línea conmutada y dedicada

En la Fig. 1.9 se muestran éstos servicios, comenzando con los servicios conmutados y posteriormente los dedicados.

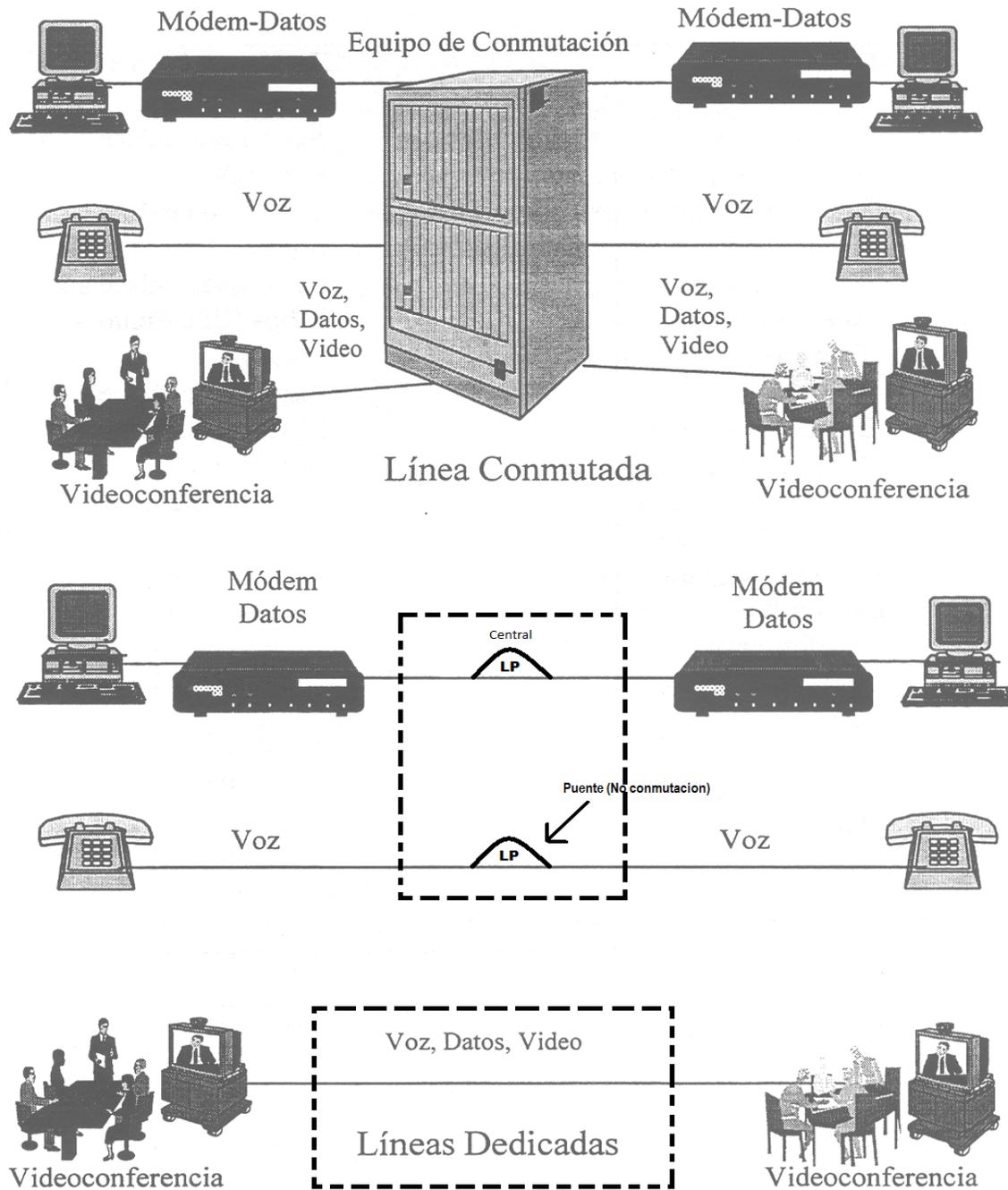


Fig. 1.9 Línea conmutada dedicada.

### 1.2.8 Formas de acceso a la planta telefónica

En la tabla 1.3 se muestran las formas en que se puede acceder a la red telefónica del operador telefónico desde el domicilio del cliente a la central local más cercana a su domicilio. En la tabla siguiente se definen los tipos de acceso.

Tipo de acceso por	Servicios a través de:
Planta exterior	Par de cobre, tales como líneas privadas y servicios Lada enlace a 64 kbps (DS0).
RD	Servicios digitales avanzados, tales como servicios Lada enlaces a 64 kbps (E0) y a 2 Mbps (E1), o enlaces de datos, utilizando medios de transmisión por fibra óptica o radio enlaces digitales (Radios Minilink's).
ROF (Red Óptica Flexible)	Por acceso ROF (Red Óptica Flexible), que es una red de anillos de fibra óptica, cuya principal ventaja es tener redundancia en el enlace al domicilio del cliente por dos vías distintas.

Tabla 1.3 Formas de acceso a la red telefónica.

### 1.2.9 Esquema integral de la red del operador telefónico

En la tabla 1.4 se muestra el esquema integral de la red de teléfonos de México con los tres tipos de redes y sus entidades de supervisión centralizada.

Tipo de Red	PCM		PDH			SDH		
	2 Mbps hasta 30 Can	8 Mbps hasta 120 Can	34 Mbps hasta 480 Can	140 Mbps hasta 1920 Can	565 Mbps hasta 7680 Can	155 Mbps hasta 1920 Can	622 Mbps hasta 7680 Can	2.5 Gb/s hasta 30720 Can
Red de Acceso	X	X	X	X				
Red Local	X		X	X		X	X	
Red de L.D.				X	X	X	X	X

Tabla 1.4 según el tipo de red.

### 1.2.10 Esquema gráfico de la red del carrier

En el esquema de la figura 1.10 se muestran los servicios de que disponen los clientes a través de la amplia variedad de medios de transmisión con que cuenta el operador telefónico: par físico, cables coaxiales, enlaces de radio de microondas, fibra óptica y satélites.

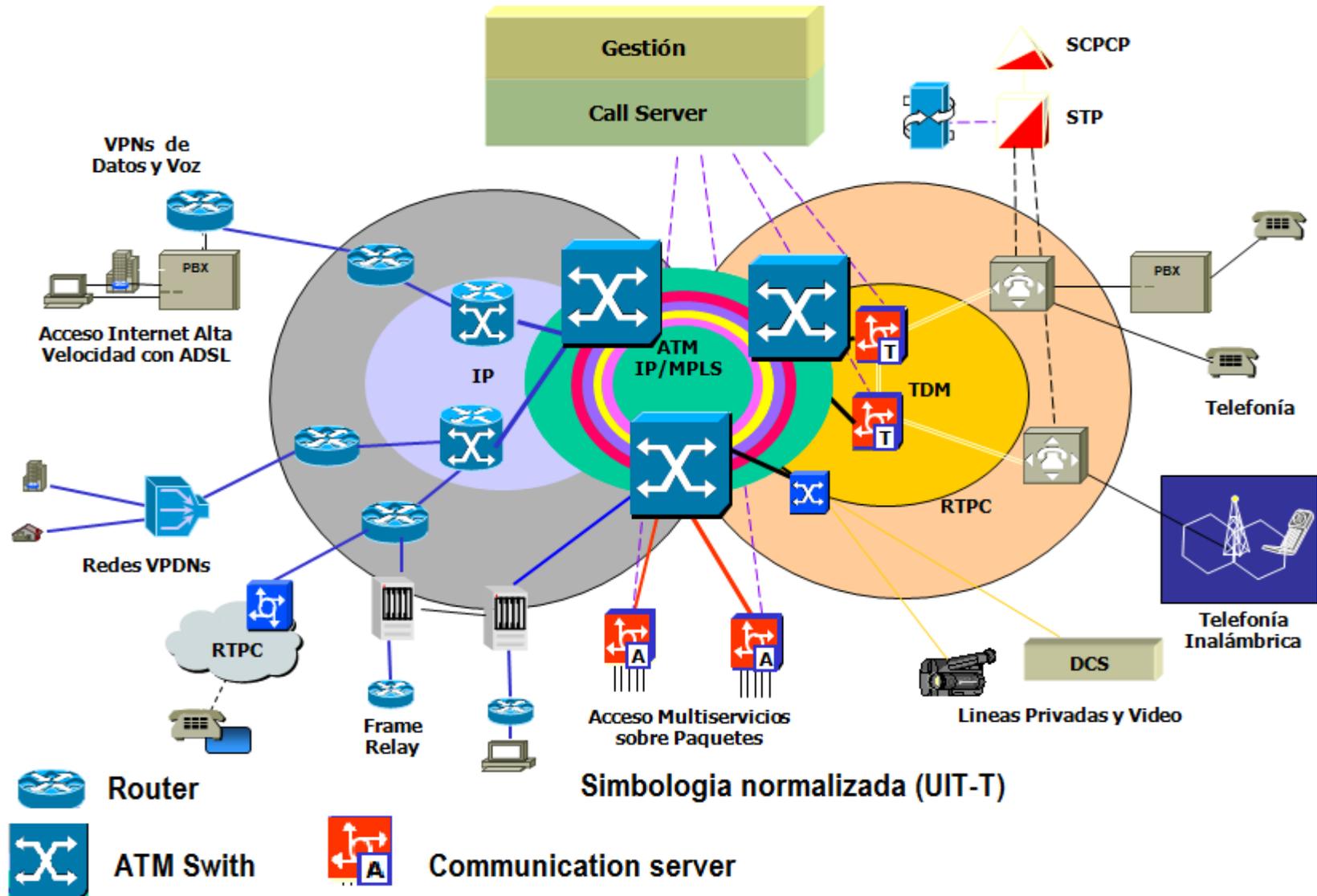


Fig. 1.10 servicios de que disponen los clientes a través de la amplia variedad de medios de transmisión con que cuenta el operador telefónico.

### 1.3 Lada enlace a 64 kbps (E0) y a 2 Mbps

Los Lada enlaces a 64 kbps (E0) ya 2Mbps (E1)(Punto a Punto y Punto a Multipunto) son servicios de acceso a la Red Nacional de Servicios Privados (RNSP) de la Red de Telecomunicaciones del operador telefónico (RTT) para el transporte de información (voz, datos y vídeo) por medio de un canal digital síncrono o de una trama digital síncrona, respectivamente, basada en las recomendaciones **G.703**<sup>3</sup>, **G.704**<sup>4</sup> y **G732**<sup>5</sup> de la UIT- T .

#### 1.3.1 Implantación de los servicios

Los servicios Lada enlaces a 64 kbps (E0), a 2Mbps (E1,Punto a Punto y Punto a Multipunto) se proporciona a través de una trama multiplexada de 2.048 Mbps, normas **G.703**, **G.704** y **G.732** de la UIT-T.

Dicha trama es transportada del sitio del cliente hacia la red de telecomunicaciones del operador telefónico (RTT) mediante el empleo de equipos multiplexores de alto orden (8 Mbps, 34 Mbps o 140 Mbps) asociados ya sea a terminales ópticas (fibra óptica) o a unidades terminales de radios digitales.

Estos equipos proporcionan el medio de acceso del cliente a la Red de Telecomunicaciones de (RTT), y son instalados en el local del cliente siempre y cuando la demanda de servicios lo justifique.

Un segundo caso lo constituyen los edificios corporativos, donde el equipo de acceso a la RTT es instalado como un punto de concentración, del cual se derivan los servicios para todos los clientes que estén dentro del área de cobertura del mismo.

---

<sup>3</sup> **Recomendación UIT-T G.703** Características físicas y eléctricas de las interfaces digitales jerárquicas

<sup>4</sup> **Recomendación UIT-T G.704**, Estructuras de trama síncrona utilizadas en los niveles jerárquicos, 2048, pp. 10-15

<sup>5</sup> **Recomendación UIT-T G.732**, Características del equipo múltiplex mic primario que funciona a 2048 kbit/s, pp. 1-3

La distancia máxima permisible entre la aplicación del cliente y el distribuidor en el cual es rematada la trama de 2 Mbps dependerá del tipo y condiciones del cableado empleado, siendo la típica de 300 metros aproximadamente.

La señal de 64 Kbps o de 2 Mbps es transportada a través de las facilidades de la Red Local de la RTT hacia su destino final, dicho destino puede ser una aplicación del operador telefónico o ajena a este.

A continuación se presentan los Lada enlaces a 64 kbps (E0) ya 2 Mbps (EI, Punto - Punto y Punto - Multipunto), típicos.

### 1.3.2 Lada enlace a 64 kbps (E0)

Para poder acceder el servicio Lada enlace a 64 kbps (E0)<sup>6</sup>, el cliente deberá contar con un equipo que le permita descanalizar la señal de 64 Kbps para poder interconectarla a su aplicación. En la figura 1.11 se muestra un Lada enlace a 64 kbps (E0) típico.

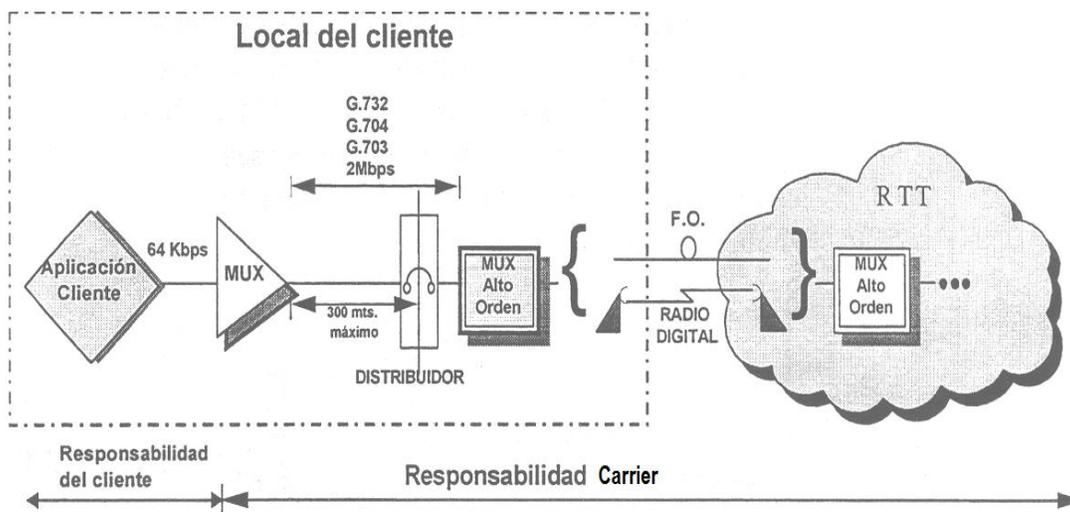


Fig. 1.11 Lada enlace a 64 kbps (E0) Típico.

<sup>6</sup> Recomendación UIT-T G.704, Estructuras de trama síncrona utilizadas en los niveles jerárquicos, 2048, pág. 52

### 1.3.3 Lada enlace a 2 Mbps (E1)-Punto–Punto.

El servicio Lada enlace a 2 Mbps (E1) provee transmisión digital de alta velocidad para señales de voz, datos y videos entramas de 2.084 Mbps, basados en las especificaciones **G.703**, **G.704** y **G.732** de la UIT- T.

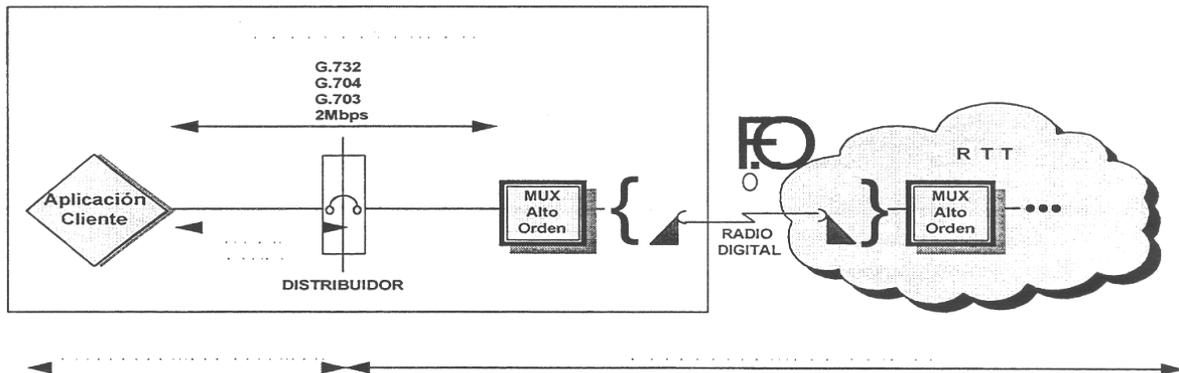


Fig. 1.12 Lada enlace a 2Mbps (E1) típico.

### 1.3.4 Lada enlace a 2 Mbps (E1)- Punto - Multipunto

El servicio Lada enlace a 2 Mbps (E1) Punto -Multipunto es una configuración de red privada flexible, que permite transmitir la información entre un sitio hasta con hasta 30 sitios diferentes.

La configuración de esta red se logra interconectando el sitio del cliente a la Red de Telecomunicaciones de (RTT), por medio de un enlace de 2.048 Mbps para posteriormente, a través de las facilidades de la RTT, establecer las desviaciones hacia los 30 restantes mediante servicios de 64 kbps.

Para poder acceder el servicio Lada enlace a 64 kbps (E0), el cliente deberá contar con un equipo que le permita descanalizar la señal de 64 Kbps para poder interconectarla a su aplicación. En la figura 1.13 se muestra un Lada enlace a 64 kbps (E0) típico.

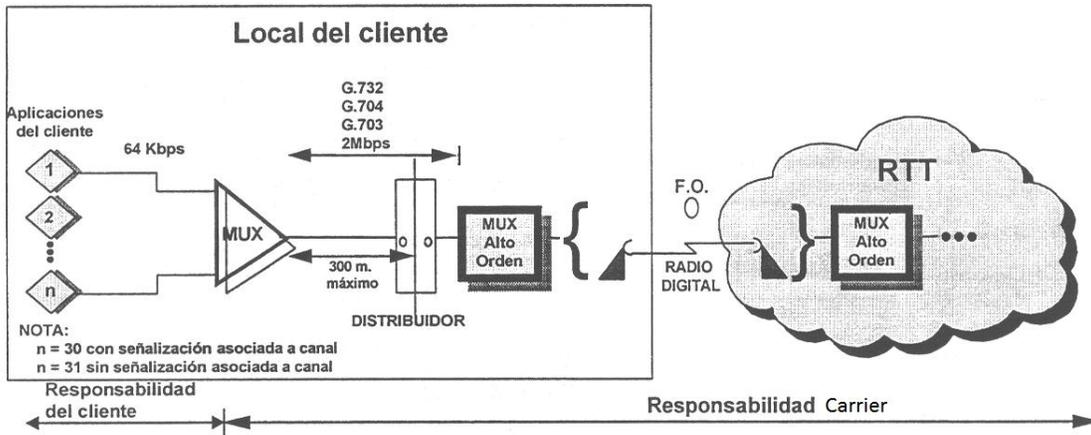


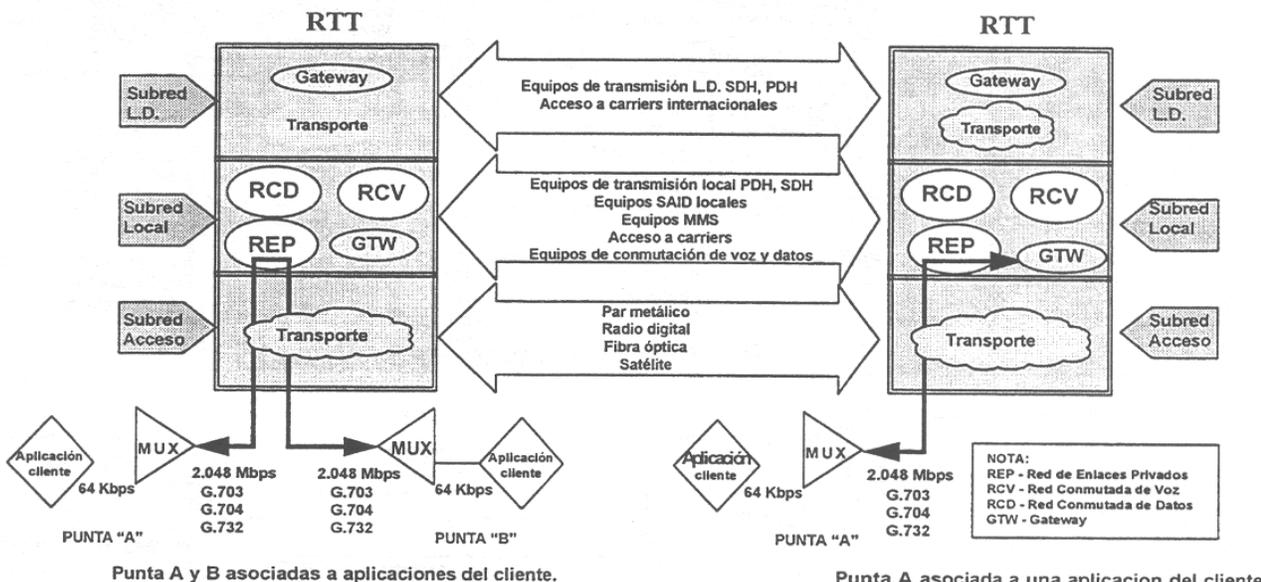
Fig. 1.13 Lada enlace a 2Mbps (E1) Punto - Multipunto local

### 1.3.5 Alcances del servicio

Dependiendo de la ubicación geográfica de la punta "B" del enlace, la señal de 64 Kbps o de 2 Mbps proveniente de los sistemas SAID se enrutará hacia su destino final mediante las facilidades proporcionadas por la RTT. Se pueden presentar los siguientes casos:

- **Local**

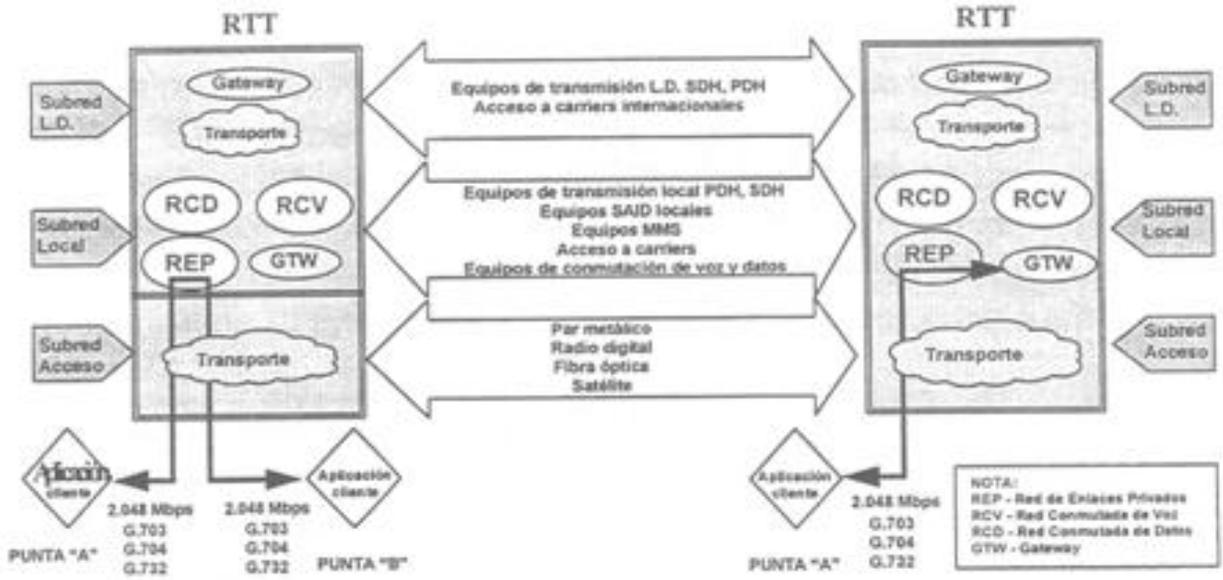
Las puntas A y B del enlace se encuentran en la misma ciudad. La señal es transportada a través de la Red Local hacia el sitio donde está ubicada la punta B del enlace. El destino del enlace puede ser otra aplicación del cliente o inclusive puede consistir en un acceso a otro tipo de facilidades tales como otro carrier o red funcional.



Punta A y B asociadas a aplicaciones del cliente.

Punta A asociada a una aplicación del cliente y punta B como acceso a otro tipo de facilidades.

Fig. 1.14 Lada enlace a 64 kbps (EO) Local



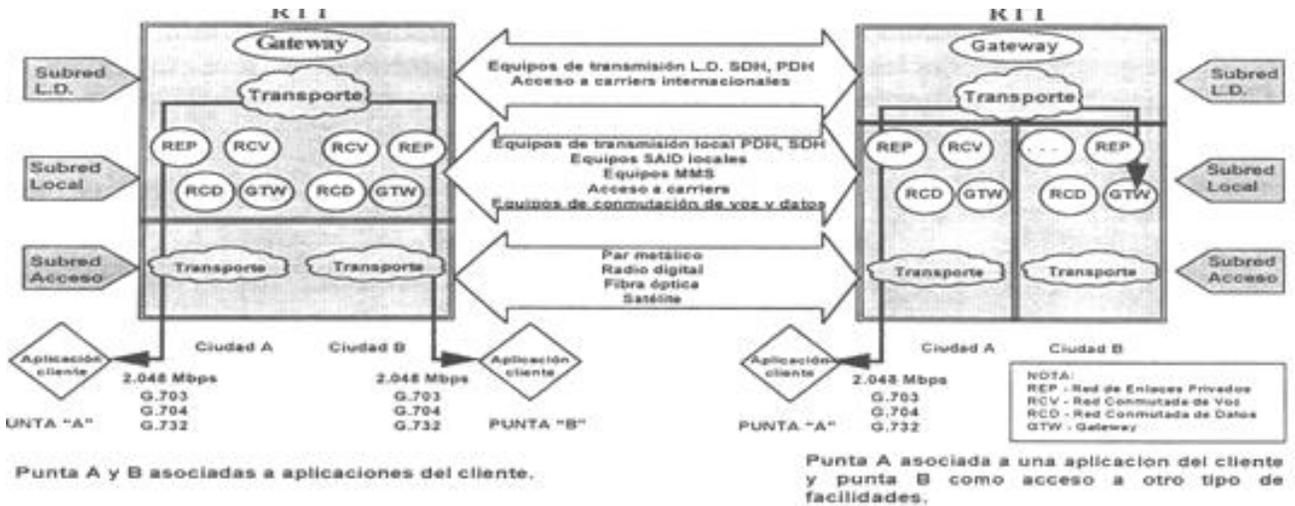
Punta A y B asociadas a aplicaciones del cliente.

Punta A asociada a una aplicación del cliente y punta B como acceso a otro tipo de facilidades.

Fig. 1.15 Lada enlace a 2 Mbps local

- **Nacional**

Las puntas A y B del enlace se encuentran en ciudades diferentes de la República Mexicana. La señal es conducida a través de la Red Local hacia las facilidades de Larga Distancia, mediante las cuales es transportada hacia la ciudad de interés. El destino del enlace puede ser otra aplicación del cliente o inclusive puede consistir en un acceso a otro tipo de facilidades tales como otro carrier o red funcional.



Punta A y B asociadas a aplicaciones del cliente.

Punta A asociada a una aplicación del cliente y punta B como acceso a otro tipo de facilidades.

Fig. 1.16 Lada enlace a 2 Mbps (E1) Nacional.

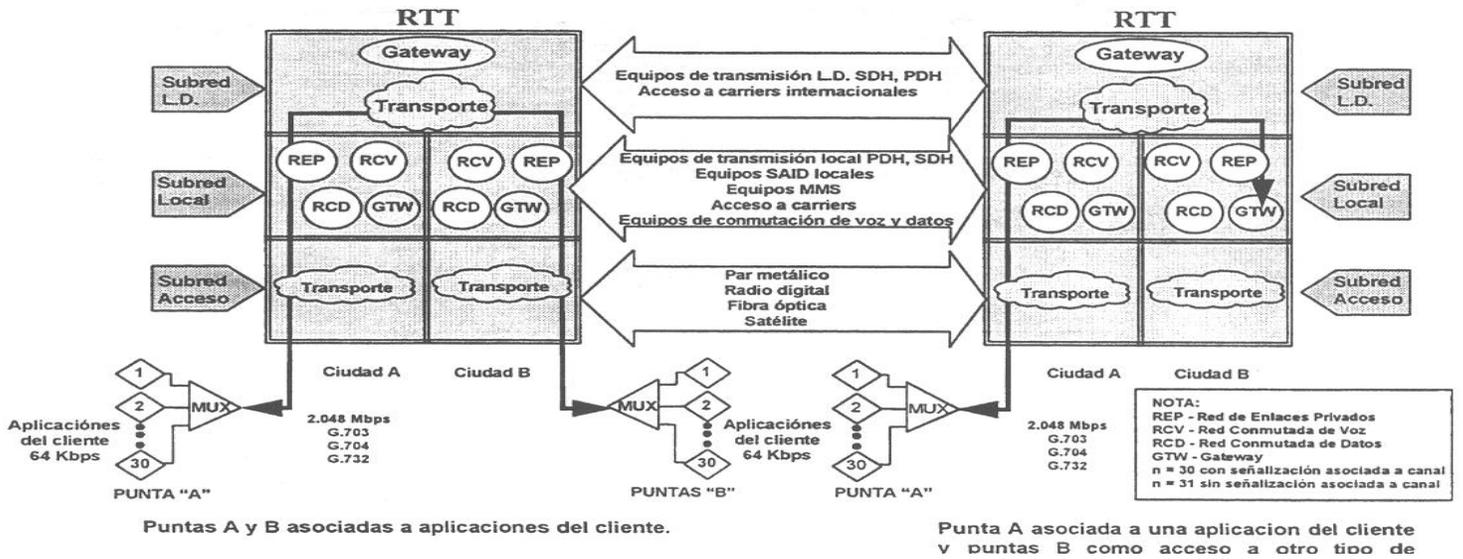


Fig. 1.17 Lada enlace a 2 Mbps (E1) Punto - Multipunto nacional

- **Internacional**

La punta A del enlace se encuentra en una ciudad de la República Mexicana y la punta B se encuentra en alguna ciudad de E.U.A. o Canadá, excluyendo las ciudades fronterizas. La señal es conducida a través de la Red Local hacia las facilidades de Larga Distancia, mediante las cuales es transportada hacia el gateway asociado al carrier encargado de transportar la señal hacia el país y ciudad de interés.

- **Cruce fronterizo**

La punta A del enlace se encuentra en una ciudad fronteriza de la República Mexicana y la punta B se encuentra en alguna ciudad fronteriza de E.U.A. La señal es conducida a través de la Red Local hacia las facilidades de Larga Distancia, mediante las cuales es transportada hacia el Gateway asociado al carrier encargado de transportar la señal hacia el país y ciudad de interés.

- **Mundial**

La punta A del enlace se encuentra en una ciudad de la República Mexicana y la punta B se encuentra en cualquier ciudad del mundo, excluyendo a los E.U.A. y Canadá. La señal es conducida a través de la Red Local hacia las facilidades de Larga Distancia, mediante las cuales es

transportada hacia el gateway por el cuál se realizará el paso de la señal hacia el país y ciudad de interés.

### 1.3.6 Especificaciones Técnicas del Lada enlace a 64 kbps (E0) y a 2Mbps

Las especificaciones técnicas para los servicios Lada enlace a 64 kbps (E0) y a 2 Mbps (E1) -Punto a Multipunto, se indican a continuación:

<b>Tipo de Acceso:</b>	<b>Acometida Digital (Fibra Óptica o Radio Digital)</b>
<b>Velocidad:</b>	<b>64 Kbps</b>
<b>Tipo de transmisión:</b>	<b>Síncrona</b>

Tabla 1.5 Especificaciones técnicas de lada enlace a 64 kbps (E0).

Las especificaciones técnicas para los Lada enlaces a 2 Mbps (E1), se indican Técnicas del a continuación:

<b>Tipo de acceso</b>	<b>Acometida Digital (Fibra Óptica O radio Digital)</b>
<b>Velocidad:</b>	<b>2.048 Mbps</b>
<b>Tipo de Transmisión</b>	<b>Sincrona</b>

Tabla 1.6 Especificaciones técnicas para los Lada enlaces a 2 Mbps (E1).

- **Interfaces**
- Los servicios Lada enlace a 64 kbps (E0) ya 2 Mbps (E1) se proporcionan a través de un par coaxial de acuerdo a las especificaciones de las recomendaciones **G.703**, **G.704**, **G.732** de la UIT-T.

- **Sincronía**

La aplicación del cliente debe ser configurada para funcionar en el modo (maestro -esclavo fungiendo como maestro de sincronía la RTT. Desde este punto de vista el flujo normal de sincronía en la RTT se define de la siguiente forma:

- La central de LD como primer nivel de sincronía o generadora de sincronía.

- Los equipos multiplexores de alto orden que conforman las redes de transmisión local toman la sincronía de las centrales LD.
- El equipo multiplexor de alto orden instalado en el sitio del cliente toma la sincronía de los equipos multiplexores de la red local. ;,
- La aplicación del cliente toma como maestro y proporcionador de sincronía al equipo multiplexor de alto orden.

#### 1.4 Lada enlace a 2 Mb/s (E1)

Los Servicios E1's son interfaces que permiten transportar Voz, Datos, Audio y Video hacia los diferentes equipos para su proceso a una velocidad de 2048 Kbps, por lo que se pueden ofrecer varios servicios por medio de ellos.

Servicios E1's que proporciona el operador telefonico:

- Servicio E1 P-P (Punto a punto) transporta datos de un cliente hacia otro utilizando la Red Transporte.
- Servicio E1 P-MP (Punto – multipunto) transporta datos desde varios clientes (30) hasta uno sólo (E1) utilizando la Red de SAID's (DACs') y MMS's.
- Servicio Troncal Digital transporta circuitos de voz con señalización desde un PBX de cliente hacia una Central Local
- Servicio 10+n transporta circuitos de voz con señalización desde un PBX de cliente hacia una Central Local
- Servicio PRI (Primary rate interface) RDSI transporta circuitos de voz y datos con señalización RDSI desde un PBX RDSI de cliente hacia una Central Local RDSI.



Fig. 1.18 Servicios E1's son interfaces que permiten transportar Voz, Datos, Audio y Video hacia los diferentes equipos para su proceso a una velocidad de 2048 Kbps.

El Servicio Lada enlace E1 utiliza la interfaz **E1 G.703** y las formas de conectarla desde el lugar del cliente hacia la central local son las siguientes:

- Utilizando como medio de transmisión el Cobre.
- Utilizando como medio de transmisión la Fibra óptica.
- Utilizando como medio de transmisión Radio.

**Utilizando el cobre** Para proporcionar el servicio por la red de cobre, se utilizan los equipos HDSL, por medio de 2 pares de Cobre se tiene un alcance sin repetidor de hasta 3 Km con una atenuación máxima a 27 dB @ 150 KHz. En este caso la central tele alimentará a la NTU.

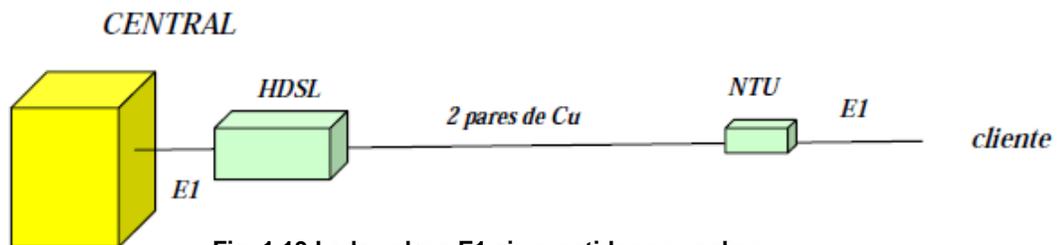


Fig. 1.19 Lada enlace E1 sin repetidor con cobre.

Si la línea tiene una atenuación mayor de 27 dB y menor a 62 dB @ 150 KHz, se deberá utilizar el Repetidor HDSL, con lo que se podrá tener alcances de hasta 6 Km.

En este caso la central no tele alimentará a la NTU.

La NTU se alimentará localmente con 120 VCA.

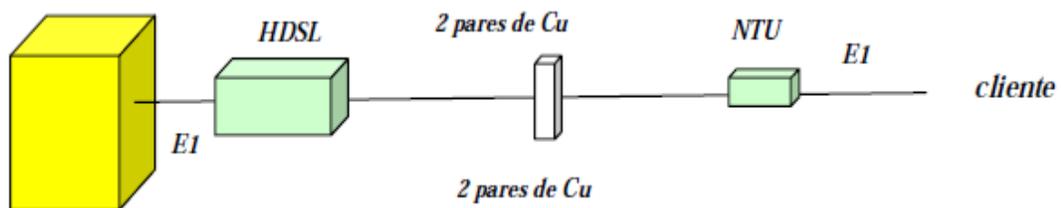


Fig. 1.20 Lada enlace E1 utilizando repetidor con cobre.

Los equipos utilizados son:

- HiGain del proveedor PairGain.
- Watson II del proveedor de PSS-Schmid

**Utilizando fibra óptica** A continuación se presenta otras alternativas para proporcionar el servicio E1 utilizando fibra óptica y equipos de radio.

Cuando el medio de transmisión es fibra óptica, se utilizan equipos Módem's ópticos, Multiplexores más terminales de línea óptica (MUX+LTO) y  $\mu$ SDH (**La teoría SDH se explica en el anexo 1**) ópticos (sistemas de jerarquía digital sincrona), por medio de fibra óptica se tiene un alcance promedio de:

- 30 Km con una atenuación a 16 dB para módem's ópticos de 2 Mbps.
- 28 Km con una atenuación a 14 dB para MUX+LTO de 4x2 Mbps.
- 30 Km con una atenuación a 16 dB para  $\mu$ SDH

Estos equipos se podrán utilizar en configuración punto a punto y en anillo y con protección 1+1.

En la figura 1.21 se muestra la configuración de un enlace E1 punto a punto utilizando cable de fibra óptica.

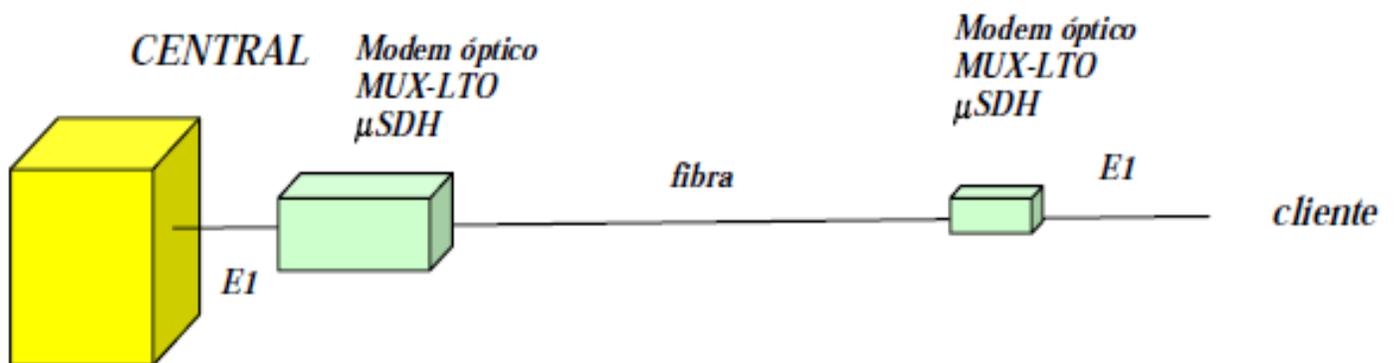


Fig. 1.21 configuración de un enlace E1 punto a punto utilizando cable de fibra óptica.

Los equipos utilizados son:

- MUX-LTO del proveedor ADC.
- Equipos de jerarquía digital Plesiócrona.

Otra configuración que se puede emplear es la configuración en anillo en la cual se tienen dos o más clientes en el mismo trayecto de la fibra óptica por la planta externa.

En este caso se utilizan equipos de jerarquía digital Plesiócrona SDH.

En la figura 1.22 se muestra la configuración en anillo.

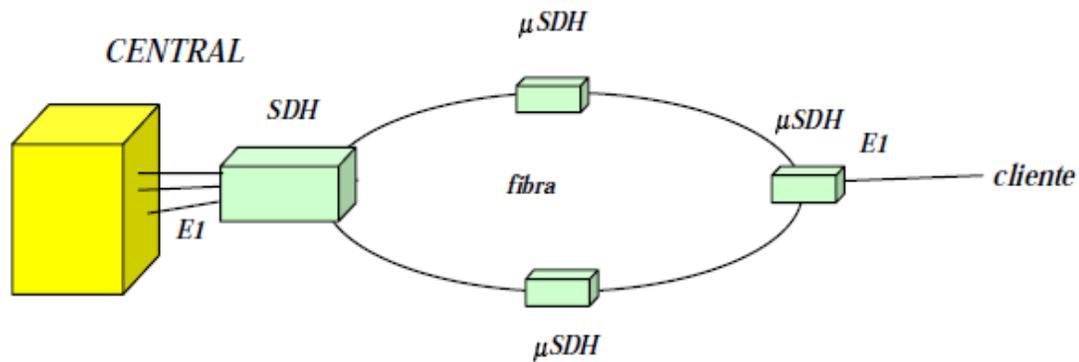


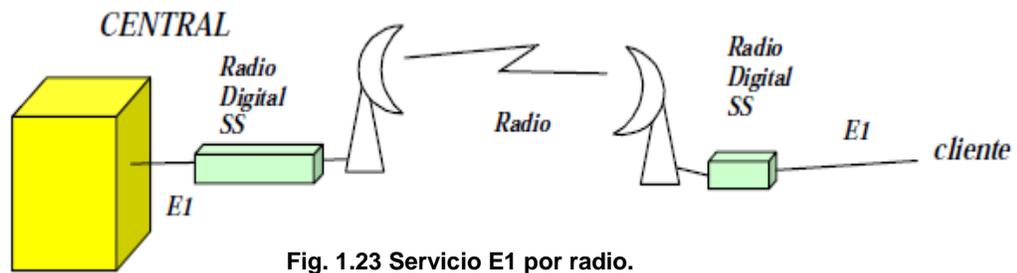
Fig. 1.22 Lada enlace E1 en configuraciones en anillo.

**Utilizando radio digitales y radios de Spread Spectrum.** Utilizando equipos Radio Digitales y de Spread Spectrum, por medio del espectro Radioeléctrico se tiene un alcance de hasta 50 Km.

Estos equipos se podrán utilizar en configuración punto a punto. Los Radios digitales se pueden utilizar con protección 1+1.

- Se cuenta con Radio Digitales de 1 E1 y de 4 E1's en las bandas de 15 y 23 Ghz para distancias de 5 a 10 Km.
- Se cuenta Radio Spread Spectrum de 1 E1 y de 4 E1's en la banda de 5.7 Ghz para distancias de hasta 50 Km.

En la figura 1.23 se muestra la forma de proporcionar el servicio E1 por radio utilizando una configuración Punto a Punto.



## Capítulo 2 Servicios Ethernet

Los servicios Ethernet se cotizan de acuerdo con las condiciones que el cliente solicita por ejemplo ancho de banda, retardo, tiempo de disponibilidad, etc. y cierta medida estas características de los servicios son independientes del circuito físico por donde se proporcionan, y más aún cuando por un mismo circuito físico pueden proporcionarse varios servicios de manera simultánea, es necesario desarrollar la técnica adecuada para poder medir cada servicio de manera independiente.

### 2.1 Redes de datos

El conjunto de dispositivos tales como computadoras, impresoras, concentradores o Hub's, Switches y ruteadores, conectados entre sí a través de puntos de accesos que comparten recursos e información utilizando para ello uno o más medios de transmisión.

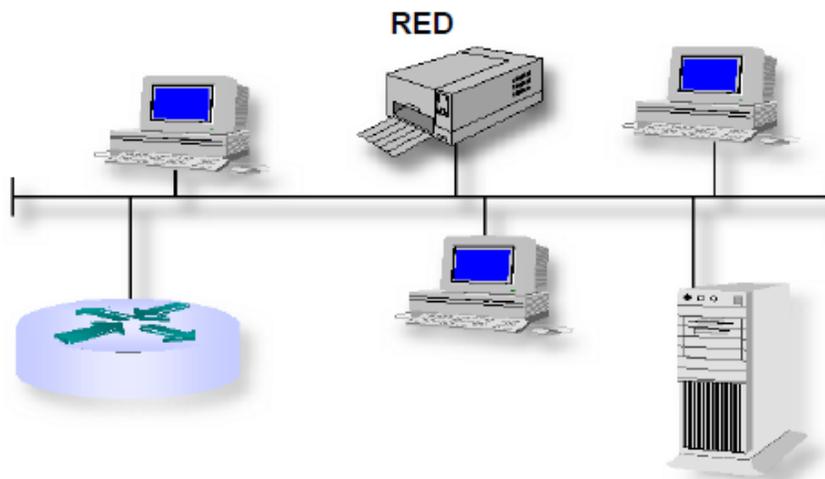


Fig. 2.1 Red de datos.

Una red tiene dos componentes principales:

- Nodos.
- Medio de Tx.

La clasificación por cobertura geográfica se usa para medir la red en cuanto a sus dimensiones y lo lejano que pueden ser transportados los datos a través de los medios de transmisión.

- LAN (Local Área Network/Redes de área Local)
- WAN (Wide Área Network/Redes de área amplia)

Se describen posteriormente.

### 2.1.2 ¿Qué es Ethernet?

#### Estándares de IEEE

La primera LAN (Red de área local) del mundo fue la versión original de Ethernet. Robert Metcalfe y sus compañeros de Xerox la diseñaron hace más de treinta años. El primer estándar de Ethernet fue publicado por un consorcio formado por Digital Equipment Corporation, Intel y Xerox (DIX). Metcalfe quería que Ethernet fuera un estándar compartido a partir del cual todos se podían beneficiar, de modo que se lanzó como estándar abierto. Los primeros productos que se desarrollaron a partir del estándar de Ethernet se vendieron a principios de la década de 1980.

En 1985, el comité de estándares para Redes Metropolitanas y Locales del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) publicó los estándares para las LAN. Estos estándares comienzan con el número 802. El estándar para Ethernet es el 802.3. El IEEE quería asegurar que sus estándares fueran compatibles con los del modelo OSI de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO). Para garantizar la compatibilidad, los estándares IEEE 802.3 debían cubrir las necesidades de la Capa 1 y de las porciones inferiores de la Capa 2 del modelo OSI. Como resultado, ciertas pequeñas modificaciones al estándar original de Ethernet se efectuaron en el **802.3**.

Los cimientos de la tecnología Ethernet se fijaron por primera vez en 1970 mediante un programa llamado Alohanet. Alohanet era una red de radio digital diseñada para transmitir información por una frecuencia de radio compartida entre las Islas de Hawai.

Alohanet obligaba a todas las estaciones a seguir un protocolo según el cual una transmisión no reconocida requería una retransmisión después de un período de espera breve. Las técnicas para utilizar un medio compartido de esta manera se aplicaron posteriormente a la tecnología cableada en forma de Ethernet.

La Ethernet se diseñó para aceptar múltiples computadoras que se interconectaban en una topología de bus compartida.

La primera versión de Ethernet incorporaba un método de acceso al medio conocido como Acceso múltiple por detección de portadora y detección de colisiones (CSMA/CD). El CSMA/CD administraba los problemas que se originaban cuando múltiples dispositivos intentaban comunicarse en un medio físico compartido.

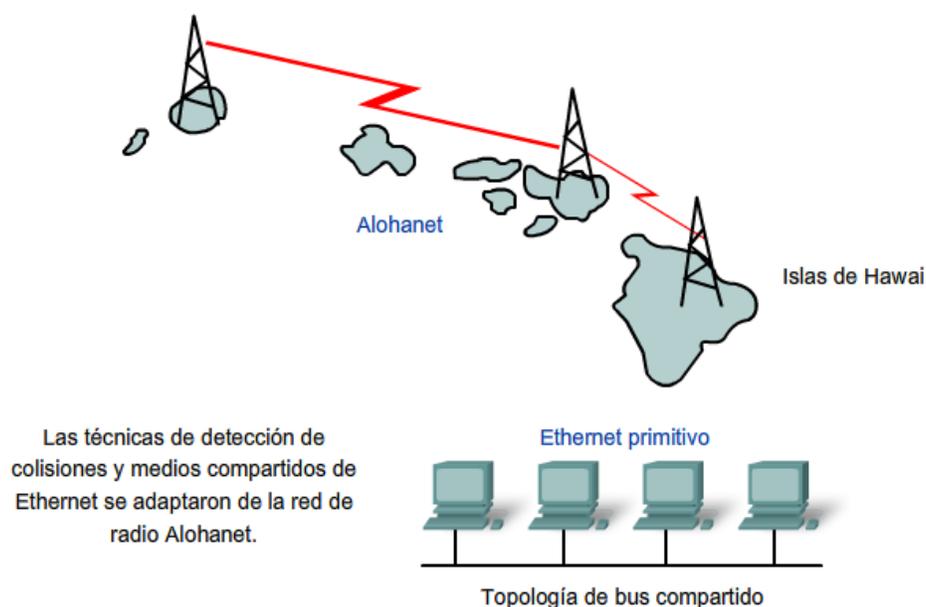


Fig. 2.2 Ethernet Histórico

### 2.1.3 Primeros medios Ethernet

Las primeras versiones de Ethernet utilizaban cable coaxial para conectar computadoras en una topología de bus. Cada computadora se conectaba directamente al backbone. Estas primeras versiones de Ethernet se conocían como Thicknet (10BASE5) y Thinnet (10BASE2).

La 10BASE5, o Thicknet, utilizaba un cable coaxial grueso que permitía lograr distancias de cableado de hasta 500 metros antes de que la señal requiriera un repetidor. La 10BASE2, o Thinnet, utilizaba un cable coaxial fino que tenía un diámetro menor y era más flexible que la Thicknet y permitía alcanzar distancias de cableado de 185 metros.

La capacidad de migrar la implementación original de Ethernet a las implementaciones de Ethernet actuales y futuras se basa en la estructura de la trama de Capa 2, que prácticamente no ha cambiado. Los medios físicos, el acceso al medio y el control del medio han evolucionado y continúan haciéndolo. Pero el encabezado y el tráiler de la trama de Ethernet han permanecido constantes en términos generales.

Las primeras implementaciones de Ethernet se utilizaron en entornos LAN de bajo ancho de banda en los que el acceso a los medios compartidos se administraba mediante CSMA y, posteriormente, mediante CSMA/CD. Además de ser una topología de bus lógica de la capa de Enlace de datos, Ethernet también utilizaba una topología de bus física. Esta topología se volvió más problemática a medida que las LAN crecieron y que los servicios LAN demandaron más infraestructura.

Los medios físicos originales de cable coaxial grueso y fino se reemplazaron por categorías iniciales de cables UTP. En comparación con los cables coaxiales, los cables UTP eran más fáciles de utilizar, más livianos y menos costosos.

La topología física también se cambió por una topología en estrella utilizando Hub's. Los Hub's concentran las conexiones. En otras palabras, toman un grupo de nodos y permiten que la red los trate como una sola unidad. Cuando una trama llega a un puerto, se lo copia a los demás puertos para que todos los segmentos de la LAN reciban la trama. La utilización del hub en esta topología de bus aumentó la confiabilidad de la red, ya que permite que cualquier cable falle sin provocar una interrupción en toda la red. Sin embargo, la repetición de la trama a

los demás puertos no solucionó el problema de las colisiones. Más adelante en este capítulo se verá cómo se manejaron las cuestiones relacionadas con colisiones en Ethernet mediante la introducción de switches en la red.

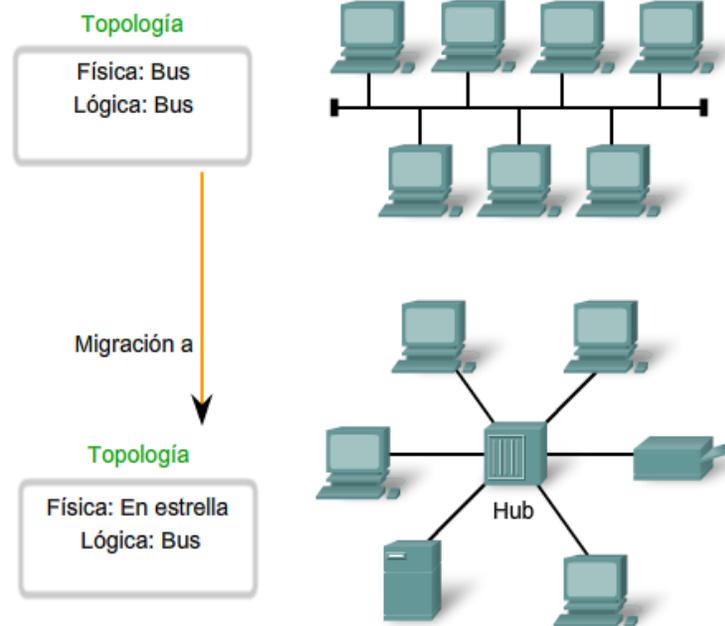


Fig. 2.3 Topología y primeros medios de Ethernet.

- **Ethernet antigua**, En redes 10BASE-T, el punto central del segmento de red era generalmente un hub. Esto creaba un medio compartido. Debido a que el medio era compartido, sólo una estación a la vez podía realizar una transmisión de manera exitosa. Este tipo de conexión se describe como comunicación half-duplex. A medida que se agregaban más dispositivos a una red Ethernet, la cantidad de colisiones de tramas aumentaba notablemente. Durante los períodos de poca actividad de comunicación, las pocas colisiones que se producían se administraban mediante el CSMA/CD, con muy poco impacto en el rendimiento, en caso de que lo hubiera. Sin embargo, a medida que la cantidad de dispositivos y el consiguiente tráfico de datos aumenta, el incremento de las colisiones puede producir un impacto significativo en la experiencia del usuario. A

modo de analogía, sería similar a cuando salimos a trabajar o vamos a la escuela a la mañana temprano y las calles están relativamente vacías. Más tarde, cuando hay más automóviles en las calles, pueden producirse colisiones y generar demoras en el tráfico. Ethernet opera en las dos capas inferiores del modelo OSI: la capa de enlace de datos y la capa física.

- Ethernet actual** Un desarrollo importante que mejoró el rendimiento de la LAN fue la introducción de los switches para reemplazar los hubs en redes basadas en Ethernet. Este desarrollo estaba estrechamente relacionado con el desarrollo de Ethernet 100BASE-TX. Los switches pueden controlar el flujo de datos mediante el aislamiento de cada uno de los puertos y el envío de una trama sólo al destino correspondiente (en caso de que se lo conozca) en vez del envío de todas las tramas a todos los dispositivos. El switch reduce la cantidad de dispositivos que recibe cada trama, lo que a su vez disminuye o minimiza la posibilidad de colisiones. Esto, junto con la posterior introducción de las comunicaciones full-duplex (que tienen una conexión que puede transportar señales transmitidas y recibidas al mismo tiempo), permitió el desarrollo de Ethernet de 1 Gbps y más.

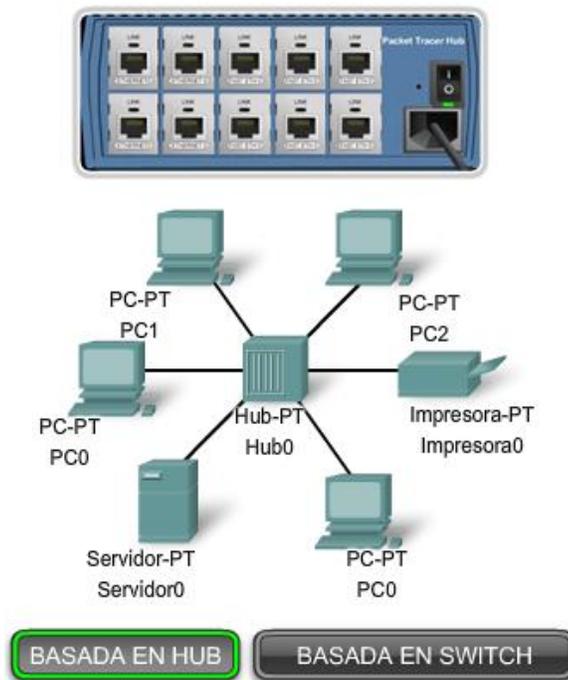


Fig. 2.4 Migración a switches Ethernet.



- Ethernet más allá de la LAN. Las mayores distancias de cableado habilitadas por el uso de cables de fibra óptica en redes basadas en Ethernet disminuyeron las diferencias entre las LAN y las WAN. La Ethernet se limitaba originalmente a sistemas de cableado LAN dentro de un mismo edificio y después se extendió a sistemas entre edificios. Actualmente, puede aplicarse a través de toda una ciudad mediante lo que se conoce como Red de área metropolitana (MAN).

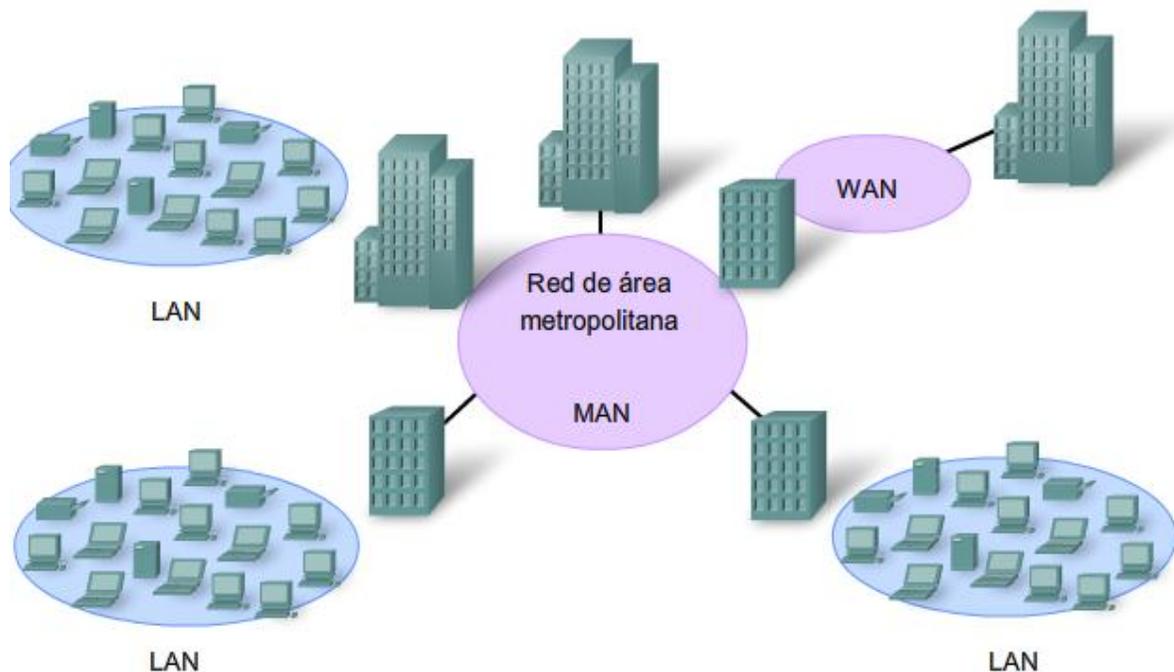


Fig. 2.6 Ethernet Gigabit, La tecnología Ethernet Gigabit se aplica más allá de la LAN empresarial a las redes basadas en WAN Y MAN.

### 2.1.5 Ethernet Capa1 y Capa 2

Ethernet opera a través de dos capas del modelo OSI. El modelo ofrece una referencia sobre con qué puede relacionarse Ethernet, pero en realidad se implementa sólo en la mitad inferior de la capa de Enlace de datos, que se conoce como subcapa Control de acceso al medio (Media Access Control, MAC), y la capa física.

Ethernet en la Capa 1 implica señales, streams de bits que se transportan en los medios, componentes físicos que transmiten las señales a los medios y distintas

topologías. La Capa 1 de Ethernet tiene un papel clave en la comunicación que se produce entre los dispositivos, pero cada una de estas funciones tiene limitaciones.

Tal como lo muestra la figura, Ethernet en la Capa 2 se ocupa de estas limitaciones. Las subcapas de enlace de datos contribuyen significativamente a la compatibilidad de tecnología y la comunicación con la computadora. La subcapa

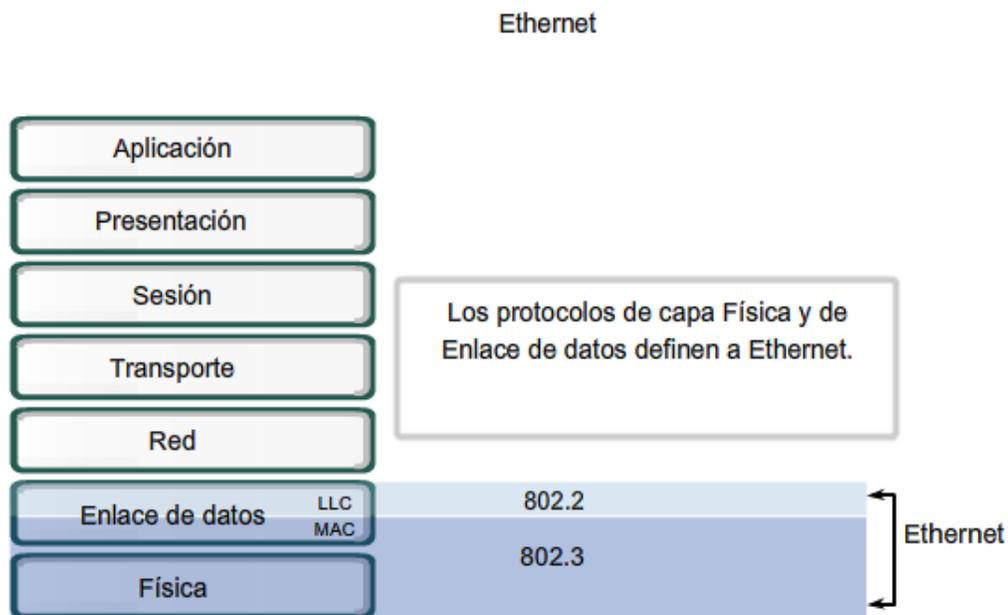


Fig. 2.7 Ethernet opera en las dos capas inferiores del modelo OSI: la capa de enlace de datos y la capa física.

MAC se ocupa de los componentes físicos que se utilizarán para comunicar la información y prepara los datos para transmitirlos a través de los medios.

La subcapa Control de enlace lógico (Logical Link Control, LLC) sigue siendo relativamente independiente del equipo físico que se utilizará para el proceso de comunicación<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.2-1998.pdf>  
<http://standards.ieee.org/regauth/lc/lctutorial.html>

Limitaciones de la Capa 1	Funciones de la Capa 2
No se puede comunicar con capas superiores	Se conecta con las capas superiores mediante control de enlace lógico (LLC)
No pueden identificar dispositivos	Utiliza esquemas de direccionamiento para identificar dispositivos
Sólo reconoce streams de bits	Utiliza tramas para organizar los bits en grupos
No puede determinar la fuente de la transmisión cuando transmiten múltiples dispositivos	Utiliza control de acceso al medio (MAC) para identificar fuentes de transmisión

Fig. 2.8 Direcciones de la capa 2, Limitaciones de la capa1.

### 2.1.6 Control de Enlace lógico: Conexión con las capas superiores

Ethernet separa las funciones de la capa de Enlace de datos en dos subcapas diferenciadas: la subcapa Control de enlace lógico (LLC) y la subcapa Control de acceso al medio (MAC). Las funciones descritas en el modelo OSI para la capa de Enlace de datos se asignan a las subcapas LLC y MAC. La utilización de dichas subcapas contribuye notablemente a la compatibilidad entre diversos dispositivos finales.

Para Ethernet, el estándar **IEEE 802.2** describe las funciones de la subcapa LLC y el estándar **802.3** describe las funciones de la subcapa MAC y de la capa física. El Control de enlace lógico se encarga de la comunicación entre las capas superiores y el software de red, y las capas inferiores, que generalmente es el hardware. La subcapa LLC toma los datos del protocolo de la red, que generalmente son un paquete IPv4, y agrega información de control para ayudar a entregar el paquete

al nodo de destino. La Capa 2 establece la comunicación con las capas superiores a través del LLC.

El LLC se implementa en el software y su implementación depende del equipo físico. En una computadora, el LLC puede considerarse como el controlador de la Tarjeta de interfaz de red (NIC). El controlador de la NIC (Tarjeta de interfaz de red) es un programa que interactúa directamente con el hardware en la NIC para pasar los datos entre los medios y la subcapa de Control de Acceso al medio (MAC).

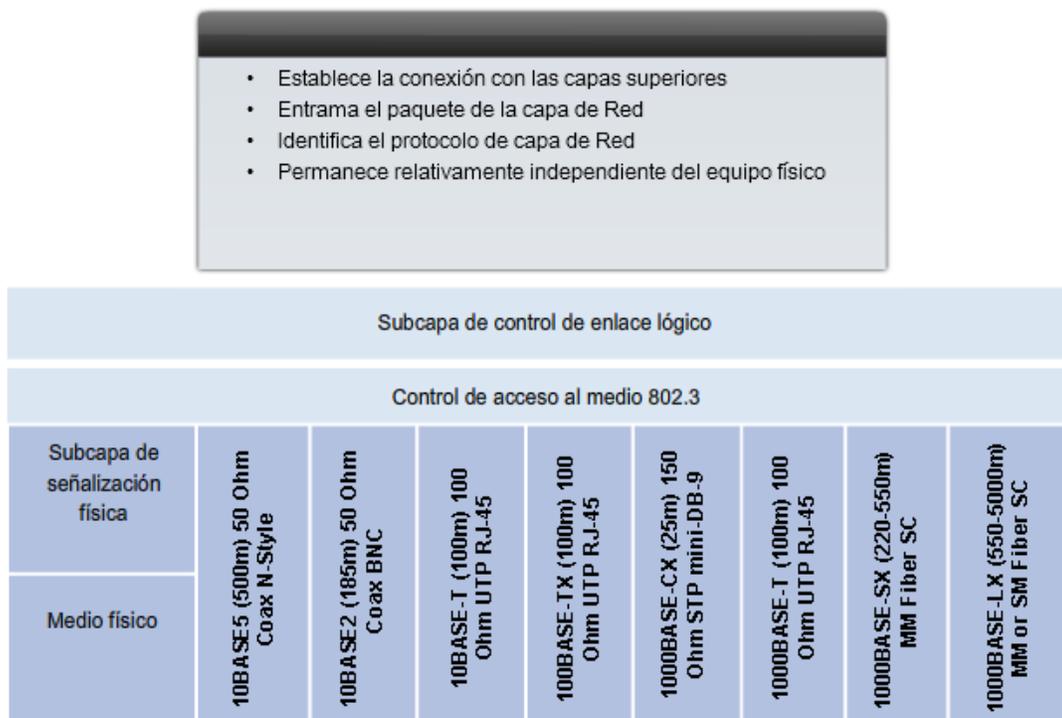


Fig. 2.9 Control de enlace lógico.

### 2.1.7 Implementaciones Físicas de ethernet

La mayor parte del tráfico en Internet se origina y termina en conexiones de Ethernet. Desde su inicio en la década de 1970, Ethernet ha evolucionado para satisfacer la creciente demanda de LAN de alta velocidad. Cuando se introdujo el medio de fibra óptica, Ethernet se adaptó a esta nueva tecnología para aprovechar el mayor ancho de banda y el menor índice de error que ofrece la fibra.

Actualmente, el mismo protocolo que transportaba datos a 3 Mbps puede transportar datos a 10 Gbps.

El éxito de Ethernet se debe a los siguientes factores:

Simplicidad y facilidad de mantenimiento

Capacidad para incorporar nuevas tecnologías

Confiabilidad

Bajo costo de instalación y de actualización

La introducción de Gigabit Ethernet ha extendido la tecnología LAN original a distancias tales que convierten a Ethernet en un estándar de Red de área metropolitana (MAN) y de WAN (Red de área extensa).

Ya que se trata de una tecnología asociada con la capa física, Ethernet especifica e implementa los esquemas de codificación y decodificación que permiten el transporte de los bits de trama como señales a través de los medios. Los dispositivos Ethernet utilizan una gran variedad de especificaciones de cableado y conectores.

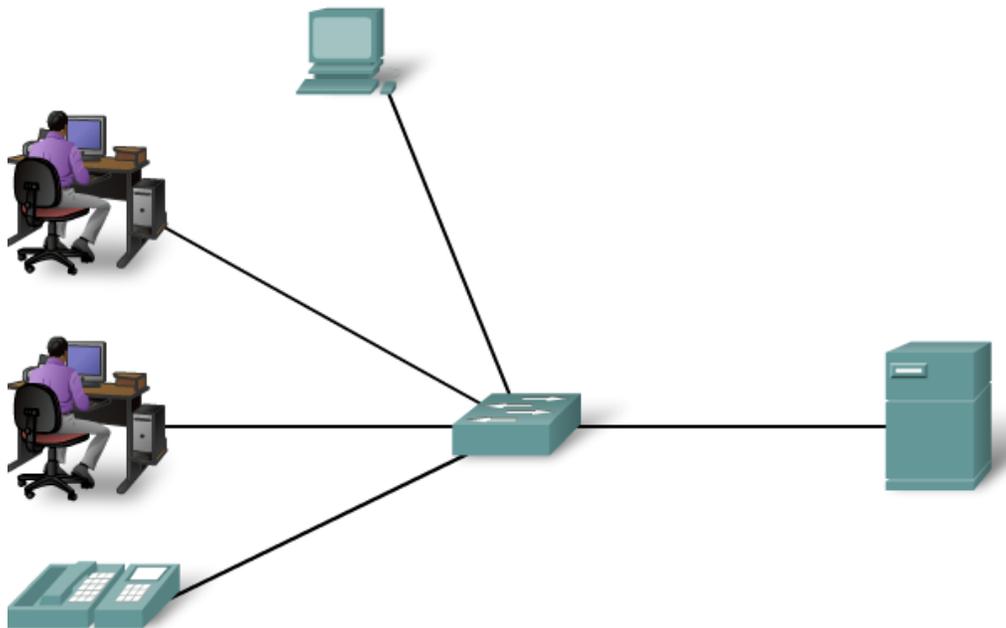
En las redes actuales, la Ethernet utiliza cables de cobre UTP y fibra óptica para interconectar dispositivos de red a través de dispositivos intermediarios como hubs y switches. Dada la diversidad de tipos de medios que Ethernet admite, la estructura de la trama de Ethernet permanece constante a través de todas sus implementaciones físicas. Es por esta razón que puede evolucionar hasta cumplir con los requisitos de red actuales.

### **2.1.8 Redes LAN**

Las infraestructuras de red pueden variar en gran medida en términos de:

- el tamaño del área cubierta,
- la cantidad de usuarios conectados, y
- la cantidad y tipos de servicios disponibles.

Una red individual generalmente cubre una única área geográfica y proporciona servicios y aplicaciones a personas dentro de una estructura organizacional común, como una empresa, un campus o una región. Este tipo de red se denomina Red de área local (LAN). Una LAN por lo general está administrada por una organización única. El control administrativo que rige las políticas de seguridad y control de acceso está implementado en el nivel de red.



**Fig. 2.10** Una Red que abastece un hogar, un edificio o un campus es considerada una Red de área local LAN

Cuando una compañía o una organización tiene ubicaciones separadas por grandes distancias geográficas, es posible que deba utilizar un proveedor de servicio de telecomunicaciones (TSP) para interconectar las LAN en las distintas ubicaciones. Los proveedores de servicios de telecomunicaciones operan grandes redes regionales que pueden abarcar largas distancias. Tradicionalmente, los TSP transportaban las comunicaciones de voz y de datos en redes separadas. Cada vez más, estos proveedores ofrecen a sus suscriptores servicios de red convergente de información.

Los dispositivos que se conectan de forma directa a un segmento de red se denominan hosts. Estos hosts incluyen computadores, tanto clientes y servidores, impresoras, escáners y varios otros dispositivos de usuario. Estos dispositivos suministran a los usuarios conexión a la red, por medio de la cual los usuarios comparten, crean y obtienen información. Los dispositivos host pueden existir sin una red, pero sin la red las capacidades de los hosts se ven sumamente limitadas.

Los dispositivos host no forman parte de ninguna capa. Tienen una conexión física con los medios de red ya que tienen una tarjeta de interfaz de red (NIC) y las otras capas OSI se ejecutan en el software ubicado dentro del host. Esto significa que operan en todas las 7 capas del modelo OSI. Ejecutan todo el proceso de encapsulamiento y desencapsulamiento para realizar la tarea de enviar mensajes de correo electrónico, imprimir informes, escanear figuras o acceder a las bases de datos. Quienes están familiarizados con el funcionamiento interno de los PC sabrán que el PC mismo se puede considerar como una red muy pequeña que conecta el bus y las ranuras de expansión con la CPU, la RAM y la ROM.

No existen símbolos estandarizados dentro de la industria de networking para los hosts, pero por lo general son lo bastante obvios como para detectarlos. Los símbolos son similares al dispositivo real de manera que constantemente les recuerde ese dispositivo.

La función básica de los computadores de una LAN es suministrar al usuario un conjunto de aplicaciones prácticamente ilimitado. El software moderno, la microelectrónica, y relativamente poco dinero le permiten ejecutar programas de procesamiento de texto, de presentaciones, hojas de cálculo y bases de datos. También le permiten ejecutar un navegador de Web, que le proporciona acceso casi instantáneo a la información a través de la World Wide Web. Puede enviar correo electrónico, editar gráficos, guardar información en bases de datos, jugar y comunicarse con otros computadores ubicados en cualquier lugar del mundo. La lista de aplicaciones aumenta diariamente.

Las funciones básicas de los medios consisten en transportar un flujo de información, en forma de bits y bytes, a través de una LAN. Salvo en el caso de las LAN inalámbricas (que usan la atmósfera, o el espacio, como el medio) y las nuevas PAN (redes de área personal, que usan el cuerpo humano como medio de networking), por lo general, los medios de networking limitan las señales de red a un cable o fibra. Los medios de networking se consideran componentes de Capa 1 de las LAN.

Se pueden desarrollar redes informáticas con varios tipos de medios distintos. Cada medio tiene sus ventajas y desventajas; lo que constituye una ventaja para uno de los medios (costo de la categoría 5) puede ser una desventaja para otro de los medios (costo de la fibra óptica). Algunas de las ventajas y las desventajas son las siguientes:

- Longitud del cable
- Costo
- Facilidad de instalación
- Cantidad total de computadores en los medios tal como se indican en el cuadro emergente

Por lo general, las organizaciones individuales alquilan las conexiones a través de una red de proveedores de servicios de telecomunicaciones. Estas redes que conectan las LAN en ubicaciones separadas geográficamente se conocen como **Redes de área amplia (WAN)**. Aunque la organización mantiene todas las políticas y la administración de las LAN en ambos extremos de la conexión, las políticas dentro de la red del proveedor del servicio de comunicaciones son controladas por el TSP.

Las WAN utilizan dispositivos de red diseñados específicamente para realizar las interconexiones entre las LAN. Dada la importancia de estos dispositivos para la red, la configuración, instalación y mantenimiento de éstos son aptitudes complementarias de la función de una red de la organización.

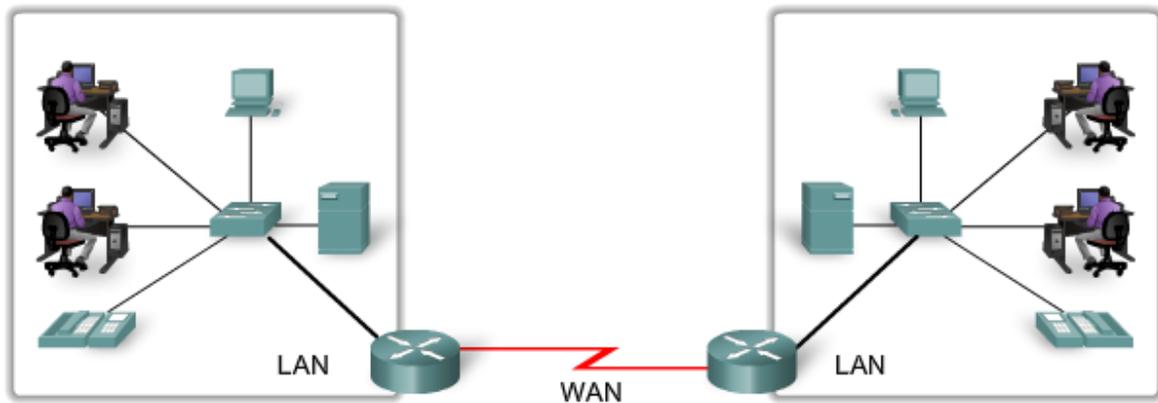


Fig. 2.11 Las LAN separadas por una distancia geográfica están conectadas por una red que se conoce como Red de área extensa (WAN)<sup>2</sup>.

La construcción de una LAN que satisfaga las necesidades tanto de las organizaciones medianas como grandes tiene muchas más probabilidades de ser exitosa si se utiliza un modelo de diseño jerárquico. En esta sección se analizan las tres capas del modelo de diseño jerárquico:

- La **capa de acceso** proporciona a los usuarios de grupos de trabajo acceso a la red.
- La **capa de distribución** brinda conectividad basada en políticas.
- La **capa núcleo** proporciona transporte óptimo entre sitios. A la capa núcleo a veces se la denomina backbone.

Este modelo jerárquico se aplica a cualquier diseño de red. Es importante darse cuenta de que estas tres capas pueden existir en entidades físicas claras y definidas. Sin embargo, éste no es un requisito. Estas capas se definen para ayudar a lograr un diseño de red exitoso y representan la funcionalidad que debe existir en una red.

---

<sup>2</sup>file:///C:/CISCO\_CCNA/Exploration1IntSpanish/theme/cheetah.html?cid=0600000000&l1=tl&l2=en&chapter=intro

La capa de acceso es el punto de entrada para las estaciones de trabajo y los servidores de usuario a la red. En un campus LAN el dispositivo utilizado en la capa de acceso puede ser un switch o un hub.

Si se utiliza un hub, se comparte el ancho de banda. Si se utiliza un switch, entonces el ancho de banda es dedicado. Si una estación de trabajo o un servidor se conecta directamente a un puerto de switch, entonces el ancho de banda completo de la conexión al switch está disponible para la computadora conectada. Si un hub se conecta a un puerto de switch, el ancho de banda se comparte entre todos los dispositivos conectados al hub.

Las funciones de la capa de acceso también incluyen el filtrado y la microsegmentación de la capa MAC. El filtrado de la capa MAC permite a los switches dirigir las tramas sólo hacia el puerto de switch que se encuentra conectado al dispositivo destino. El switch crea pequeños segmentos de Capa 2 denominados microsegmentos. El dominio de colisión puede ser tan pequeño como el equivalente a dos dispositivos. Los switches de Capa 2 se utilizan en la capa de acceso<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> <http://programoweb.com/71591/descripcion-general-de-las-lan-conmutadas-y-la-capa-de-acceso/>

La tabla 2.1 especifica las normas IEEE 802.xx para configuración de redes.

Normas IEEE 802.x	La relación de las normas IEEE 802 es presentada a continuación.
802	Overview and Architecture
802.1B	LAN/MAN Management
802.1K	
802.1D	Media Access Control (MAC) Bridges
802.1E	System Load Protocol
802.1F	Common Definitions and Procedures for IEEE 802 Management Information
802.1G	Remote Media Access Control (MAC) Bridging
802.1H	Recommended Practice for Media Access Control (MAC) Bridging of Ethernet V2.0 in IEEE 802 Local Area Networks
802.1Q	Virtual Bridged Local Area Networks
802.2	Logical Link Control
802.3	CSMA/CD Access Method and Physical Layer Specifications
802.4	Token Bus Access Method and Physical Layer Specifications
802.5	Token Ring Access Method and Physical Layer Specifications
802.6	Distributed Queue Dual Bus Access Method and Physical Layer Specifications
802.10	Interoperable LAN/MAN Security
802.11	Wireless LAN Medium Access Control (MAC) Sublayer and Physical Layer Specifications
802.12	Demand Priority Access Method, Physical Layer and Repeater Specification
802.15	Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for: Wireless Personal Area Networks
802.16	Standard Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems
802.17	Resilient Packet Ring Access Method and Physical Layer Specifications

## 2.2 Redes Virtuales De Area Local (VLAN)

En los subcapítulos anteriores se dio una visión general de lo son las redes LAN, para poder comprender ahora el funcionamiento de las VLANs (Redes Virtuales de Área Local). Este subcapítulo proporciona una visión acerca del funcionamiento, configuración y administración de las VLANs visto a manera específica de estándar como tal, el **IEEE 802.1 Q**.

Mostrando de manera teórica las ventajas que una VLAN ofrece realizadas en la capa de *Enlace de Datos* del modelo de referencia OSI; realizando segmentación de dominios de colisión, por lo que la comunicación será más eficiente debido a que la carga en el Router (**capa 3 del modelo de referencia OSI**) es menor y por consiguiente más rápida.

Una VLAN es un agrupamiento lógico de dispositivos o usuarios. Estos dispositivos o usuarios se pueden agrupar por función, departamento, aplicación, etc., independientemente de su ubicación física en un segmento como se muestra en la figura 2.12 La configuración VLAN se hace en el *switch* a través de software.

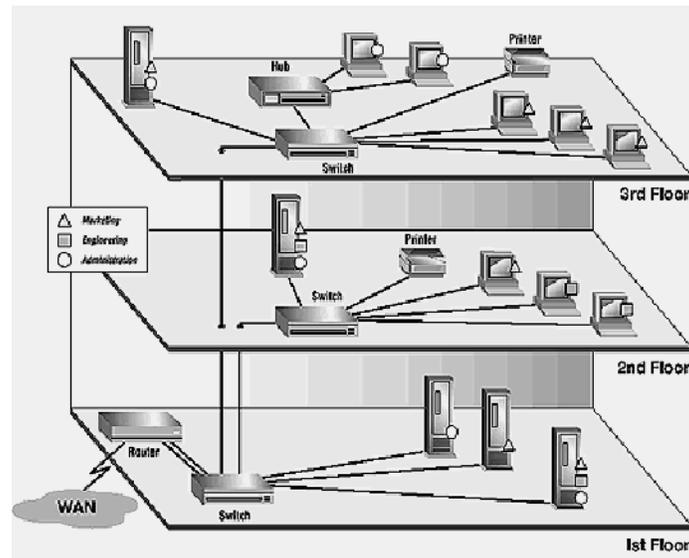


Fig. 2.12 Una VLAN es un agrupamiento independientemente de su ubicación física

### 2.2.1 IEEE 802.1Q-1998

Las actividades de estandarización de la capa de enlace de datos es donde se encuentran el direccionamiento físico (MAC) que fue diseñado por la ISO/IEC introduciendo el concepto de servicios de filtrado en LAN, con mecanismos de filtrado de direcciones y de bases de datos.

ISO/IEC 15802-3, la revisión de ISO/IEC 10038, extendieron el concepto de Servicio de Filtrado en Switchs LAN adicionando capacidades a los puentes y/o switches:

El de facilitar la capacidad de tráfico, para soportar la transmisión de información en tiempo critico en la LAN

El uso de señalamientos de prioridad de información con identificaciones básicos de acuerdo a las clases de tráfico;

El servicio de filtrado que pueda soportar la definición dinámica y establecimiento de grupos de trabajo, y el filtrado de tramas por switches de acuerdo a las direcciones de los participantes del grupo y solo estas tendrán acceso a los segmentos de LAN de acuerdo al orden y alcance de los miembros de cada grupo. El uso del Protocolo Genérico de Registro de Atributos (GARP) para soporte de los mecanismos que proveen la capacidad de filtrado de grupos, y solo esta hecho para usar otro atributo de registro en las aplicaciones.

Este estándar hace uso de los conceptos y mecanismos de *LAN Switching* que fue introducido por la ISO/IEC 15802-3, además define los mecanismos que se usan en la implementación de “*Switching LAN Virtual*” o *LAN Virtuales*; y son las siguientes:

Servicios Virtuales en LAN Switching;

La operación del *Proceso de Envío* que es requerido para dar soporte a *Switching LAN Virtual*; La estructura del filtrado de la Base de Datos para soportar *LAN Virtuales*.

La naturaleza de los protocolos y procesos en el orden en que son requeridos para dar soporte a los servicios de VLANs, incluyendo la definición del formato de tramas para representar la información de identificación de VLANs, y los procesos usados en orden para insertar y borrar identificadores y encabezados de VLANs cada vez que son transportados; La habilidad para soportar señalamiento de fin-a-fin con prioridad de información de usuario indiferentemente de la dirección MAC, con los protocolos de señalamiento de prioridad de información; El *Protocolo de Registro de VLAN GARP* (GVRP) que permite la distribución y registro de información de miembros de la VLAN (ISO/IEC 15802-3); La administración y operación de servicios para configurar y administrar *Switching LAN Virtual*.

El Estándar **IEEE 802** referente a Redes de Área Local (LAN) de todos tipos pueden ser conectadas junto con los Switches con Control de Acceso al Medio

(MAC), especificada en ISO/IEC 15802-3. Este estándar define la operación de las Redes de Área Local Virtuales (VLANs) Puentes que permiten la definición, operación y administración de topologías VLAN con infraestructura Switch LAN.

### 2.2.2 Arquitectura de VLAN

La arquitectura de toda la trama de VLAN esta basada en un modelo de tres capas:

- **Configuración:** la configuración se interesa por los siguientes problemas: La configuración usa diferentes medios en los que se puede archivar vía local y/o remota por administración, vía servidores, vía protocolos de distribución, o vía otros medios. El almacenamiento de la configuración esta fuera del alcance de este estándar por lo que no será tocado. Asignación de parámetros de configuración VLAN.
- **Distribución de información de configuración:** este proceso permite la distribución de la información para los Switchs, para ser capaz de determinar cual trama VLAN debería ser clasificada.
- **Transmisión:** contiene los siguientes mecanismos de:  
Clasificación de cada trama recibida como perteneciendo a una y solo a una VLAN. Este aspecto de transmisión esta determinada por la configuración de las *reglas de ingreso* de un Switch MAC; Decisiones relacionadas a las tramas recibidas que deben ser enviadas. Este aspecto de la transmisión está determinado de acuerdo a la configuración de las *reglas de envío* del Switch MAC; Mapeando tramas para transmisión a través del puerto de salida apropiado, y un apropiado formato ya sea VLAN etiquetada o sin etiqueta. Estos aspectos de transmisión son determinados por la configuración de las *reglas de salida* de un Switch MAC; Los procesos usados para agregar, modificar y remover los encabezados de etiqueta, cuando transmiten tramas seguidas de segmentos LAN, de acuerdo con los detalles de los formatos de la trama VLAN usados para *VIDs* (referido a las etiquetas VLAN).

Las reglas de ingreso, envío y salida permite al Switch a:

Clasificar cualquier trama recibida ya sea con *etiqueta de prioridad* o *sin etiqueta de prioridad* sometidas al " *Proceso de Envío*" como si perteneciera a una VLAN en particular, como está definido en el PVID para el puerto receptor.

Clasifica cualquier trama de "VLAN etiquetada" que son sometidas a el "Proceso de Envío" como si perteneciera a la VLAN identificada por el VID llevado en el encabezado de etiqueta; Hace uso de la clasificación de la VLAN de esta manera lo asocia con la trama recibida en orden para tomar la decisión apropiada de envío/filtrado; Transmite tramas de formato *VLAN etiquetado o sin etiqueta*, definido para dar aparear al Puerto a la VLAN.

### **2.2.3 Arquitectura del Filtraje de la Base de Datos**

La arquitectura del "*Filtraje de la Base de Datos*" definida en el estándar reconoce que Para algunas configuraciones, es necesario permitir que las direcciones aprendan información en una VLAN para compartir entre un número de VLANs. Esto es conocido como *Aprendizaje Compartido de VLAN*; Para algunas configuraciones, esto es deseable para asegurar que la información de dirección sea aprendida en una VLAN y no sea compartida con otras VLANs. Esto es conocida como *Aprendizaje Independiente de VLAN*; Para algunas configuraciones, esto es indiferente si la información aprendida es compartida entre VLANs o no.

Compartir lo aprendido en una VLAN es archivado para incluir la información aprendida de un número de VLANs en la Base de Datos; *Aprendizaje Independiente de VLAN* es archivado para incluir información de cada VLAN en distintos *Filtros de Bases de Datos*.

Dentro de un LAN con VLAN Switchheada, puede haber una combinación de requisitos de configuración, para que los Switches de VLAN individuales puedan ser llamadas para compartir la información conocida, o no, según los requisitos de VLANs particulares o grupos de VLANs. La estructura de Base de Datos de

---

Filtración en que está definida esta norma permite a la *VLAN-compartida* y la *VLAN de Aprendizaje Independiente* a ser llevado a cabo dentro del mismo Switch VLAN; es decir, permite compartir la información conocida entre estas VLANs pero solo usando la información necesaria para el direccionamiento de cada una. Los requisitos precisos para cada VLAN con respecto a compartir o independizar la información conocida es dada a conocer a los Switches VLAN por medio de la configuración de *Aprendizaje de VLAN*, que puede configurarse en los Switches por medio del funcionamiento de la dirección. Analizando las configuraciones que deben realizar las VLANs que están actualmente activas, el switch puede determinar: Cuántos "*Filtros de la Base de Datos*" independientes se exigen para encontrarse las ordenes que debe realizar; Por cada VLAN, en que los *Filtros de la Base de Datos* cargan cualquier información aprendida dentro (y usa la información aprendida).

El resultado es que cada VLAN es asociada con exactamente un Filtro de Base de Datos. Generalmente la mayoría de las aplicaciones del Filtro de Base de Datos que pueden soportar "m" independientes Filtros de Base de Datos, y pueden mapear "n" VLANs sobre cada Filtro de Base de Datos. Semejante a un switch es conocido como un Switch SVL/IVL.

De acuerdo a los requerimientos en este estándar reconoce que el Switch VLAN pueda ser implementado por diferentes capacidades en orden para encontrarse un amplio rango que necesita la aplicación, y que generalmente lleno el SVL/IVL próximo estos ambos no siempre son necesarios o deseables. El espectro completo de acuerdo a la implementación del Filtro de la Base de Datos es como sigue:

El SVL/IVL Switch, como se describió anteriormente, tal switch provee soporte para M Filtros de Base de Datos, con la habilidad de mapear "n" VLANs en cada una; Soporte para un único Filtro de Base de Datos. La información de dirección MAC es aprendida en una VLAN pudiendo ser usadas en las decisiones de filtraje

relativamente en todas las otras VLANs soportadas por el Switch. Los switches que soportan un solo Filtro de Base de Datos son conocidos como SVL Switches. Soporte para múltiples Filtros de Bases de Datos, pero solo una VLAN puede ser mapeada sobre cada Filtro. La información de la dirección MAC es aprendida en una VLAN y no puede ser usada para filtrar decisiones tomadas relativamente para alguna otra VLAN. Los switches que soportan este modo de operación son conocidas como Switches IVL.

### 2.2.4 Clasificación de VLAN

La tecnología de VLAN introduce los tres tipos básicos de tramas:

- **Una trama sin etiqueta** o tramas con prioridad de etiqueta no carga alguna identificación de la VLAN a la cual pertenece. Semejantes tramas son clasificadas como pertenecientes a una VLAN en particular basada en parámetros asociados con el puerto receptor, o, a través de una extensión propietaria del estándar, basada en el contenido de dato en la trama (dirección MAC, ID de capa 3, etc.).

Una trama VLAN etiquetada carga una identificación explícita de la VLAN a la cual pertenece; carga una etiqueta en el encabezado que lleva un VID no nulo. Tal trama es clasificada a una VLAN en particular basándose en el valor del VID que esta incluido en el encabezado de la trama. La presencia del encabezado de la trama transporta un VID no nulo mediante algún otro dispositivo, cualquier creador de la trama o de un Switch VLAN-enterada, hace mapeo dentro de esta trama VLAN e inserta el VID apropiado.

- **Reglas para marcar Tramas** Para marcar una VLAN, todas las tramas transmiten en un segmento de VLAN dada por una VLAN enterada Switch debe marcar el mismo camino del segmento. Estas deben ser cualquiera: Todas desetiquetadas; o Todas las VLAN etiquetadas con el mismo VID.
- **Spanning Tree** Este estándar define en entorno en donde una VLAN opera en un sencillo “*Spanning Tree*”. Todos los switches dentro de la infraestructura de un Switch LAN participa un “*Spanning Tree*” sencillo, como lo define la ISO/IEC 15802-3, donde múltiples VLAN pueden coexistir.

Como una consecuencia, los switches implementados de acuerdo con ISO/IEC 15802-3 pueden estar integrados en la infraestructura de una VLAN basada en la especificación que contiene este estándar. El objetivo primario del “*Spanning Tree*” es: Eliminación de bucles en la infraestructura de un Switch; Mejorar escalabilidad a lo largo de una red; Proveer de rutas redundantes, con las que puede ser activado en caso de falla.

Aquí están dos importantes elementos con respecto a la topología de Spanning Tree;

1. Primero, el Spanning Tree formado en un ambiente VLAN necesita no ser idéntico a la topología de las VLANs. Todas las VLANs son alineadas a lo largo del Spanning Tree con el que estas son formadas; una VLAN dada esta definida por una subconfiguración de la topología del Spanning Tree en el cual este opera.
2. Segundo, la topología de una VLAN dinámica. La estructura de una VLAN puede cambiar debido a nuevos dispositivos solicitados o descargados los servicios avalados por la VLAN. El carácter dinámico de VLANs tiene la ventaja de flexibilidad y conservación de ancho de banda, en el costo de administrar la complejidad de la red.

### 2.2.5 Trunks ó Troncal

Es un enlace punto a punto entre uno o más puertos del switch y otros dispositivos de red como routers o switches. Las troncales transportan el tráfico de múltiples VLANs sobre un solo enlace y permiten extender la red a través de toda la red. Las troncales requieren un protocolo de enlace especializado para comunicaciones. Puede tener uno o más opciones de encapsulamiento, como son las siguientes, dependiendo de la plataforma:

- Inter-Switch Link (ISL): ISL es una encapsulamiento propietario de cisco previo a la especificación 802.1Q.
- IEEE 802.1Q: Encapsulamiento estándar de la industria.

### 2.2.6 Resumen Ethernet

Ethernet es la tecnología para redes de área local (LAN) más popular gracias a su, eficiencia, escalabilidad y fácil uso, estudio de mercado indican que 90% de las redes LAN en el mundo son Ethernet.

#### 1. Características de Ethernet

- muy económica
- alta eficiencia
- independiente de la capa física
- QoS con 802.1Q
- altamente escalable
- tecnología bastante conocida
- estandarizada

#### 2. Desventajas de Ethernet

- recuperación en caso de fallas muy lento
- sólo se ofrecen aplicaciones punto a punto
- deficiente en aplicaciones sensible al retardo (voz)
- pobres capacidades de gestión de red
- no se contempla la compatibilidad multi servicios
- no contempla la topología de red en anillo

#### 3. Algunos de los estándares con los que trabaja Ethernet son:

- 802.1d Spanning Tree y conmutación por dirección Mac
- 802.1q conmutación por C\_VLAN (customer, cliente - VLAN) y MAC
- 802.1 ad conmutación por S-VLAN (service, proveedor- VLAN) y MAC
- 802.1p prioridad para CoS en la etiqueta de la VLAN

### 2.3 Características del ancho de banda

Las características que integran un perfil de ancho de banda son las siguientes.

- CIR (Committed Information Rate): es la cantidad promedio de información que se ha transmitido, teniendo en cuenta los retardos, pérdidas, etc. Tasa de información comprometida.

- CBS (Committed Burst Size): es el tamaño de la información utilizado para obtener el CIR respectivo. Tasa de ráfaga comprometida
- EIR (Excess Information Rate): especifica la cantidad de información mayor o igual que el CIR, hasta el cual las tramas son transmitidas sin pérdidas. Tasa de información excedida.
- EBS (Excess Burst Size): es el tamaño de información que se necesita para obtener el EIR determinado. Tasa de ráfaga excedida.

Estas características están definidas en el contrato de servicio entre cliente y empresa y es necesario conocerlas para realizar una evaluación adecuada del servicio contratado, ya que en caso de desconocerlas podríamos estar mal interpretando los resultados de las pruebas pensando que son inadecuados aun cuando están dentro de los parámetros contratados. CM modo de color sirve para determinar si una trama debe ser entregada de manera garantizada, si puede ser entregada sin garantía y si puede ser descartada, de acuerdo con los parámetros CIR, e EIR.

### 2.3.1 Diagrama de los Parámetros de Ancho de Banda

La grafica siguiente muestra los diferentes parámetros de ancho de banda que se utilizan en los servicios Metro Ethernet.

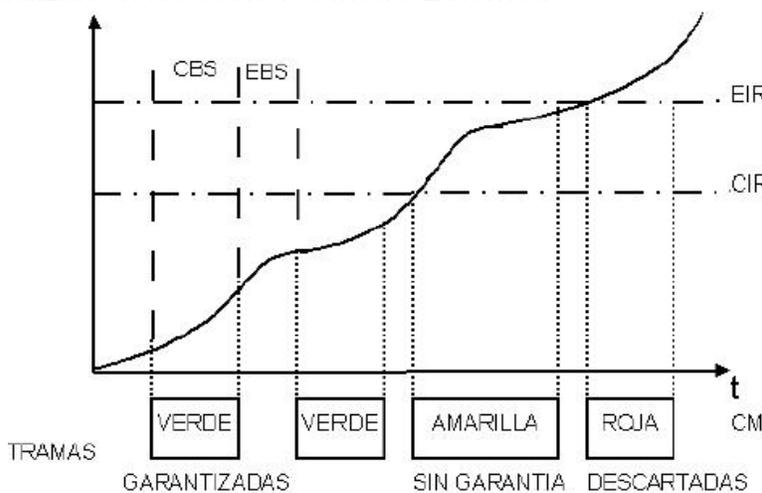


Fig. 2.13 Diagrama de los parámetros de ancho de banda.

### 2.3.2 Parámetros de desempeño

La RFC 2544<sup>4</sup> se ha adoptado como el mecanismo de evaluación para el desempeño de conexiones de datos en las redes, diseñada para evaluar dispositivos de red.

Sus parámetros de desempeño cumplen con la finalidad de evaluar el comportamiento de la red (dispositivo), simulando tráfico de diferentes condiciones.

Los parámetros de desempeño fijados por el Foro Metro Ethernet (MEF) en las conexiones virtuales Ethernet, están dados por:

- Pérdida de Tramas expresada en %
- Retardo de Tramas
- Retardo Variable de Tramas (Jitter)

La **metodología** para medir y evaluar estos parámetros, aun no se han oficializado por parte del MEF.

Ante la ausencia de una norma establecida para evaluar el desempeño de las conexiones Metro Ethernet, la RFC 2544 se ha adoptado en la industria como un estándar de facto.

La RFC 2544 está pensada para evaluar el desempeño de los elementos de interconexión de red (networking), sin embargo muchos proveedores de equipos de medición la han adoptado como su solución para las mediciones de conexiones Ethernet.

---

<sup>4</sup> Este documento analiza y define una serie de pruebas que pueden ser Utiliza para describir las características de funcionamiento de una red , Tradicionalmente, las pruebas de activación de capas 2/3, como RFC 2544, se realizan al instalar servicios de Ethernet. Luego de que los proveedores "certifican" sus redes con una prueba RFC 2544 (o incluso con la prueba nueva Y.1564) pueden seguir recibiendo quejas por un bajo rendimiento de la aplicación de parte de los clientes de negocios que usan las aplicaciones de videoconferencia, Youtube, Facebook o aplicaciones basadas en la nube. La brecha en las pruebas de instalación, es decir, la omisión de la prueba de capa del protocolo de control de transmisiones (TCP), que es esencial para que la capa de la aplicación del cliente final tenga un rendimiento óptimo, es la causa de esta desconexión. La figura 1 muestra una vista simplificada de la pila de protocolo y de la brecha entre las metodologías de las pruebas de activación actuales y la experiencia del usuario final.

[www.jdsu.com/test](http://www.jdsu.com/test)

La RFC 2544 no solo fija los parámetros de desempeño, si no la metodología de cómo hacerlo, las pruebas a realizar son:

- Troughput (ancho de banda)
- Retardo (latencia)
- Perdida de tramas
- Back to Back.

La RFC 2544 se ha adoptado como el mecanismo de evaluación para el desempeño de conexiones de datos en las redes, diseñada para evaluar dispositivos de red.

Sus parámetros de desempeño cumplen con la finalidad de evaluar el comportamiento de la red (dispositivo), simulando tráfico de diferentes condiciones.

Las pruebas de desempeño que se evalúan son las siguientes:

- **Troughput** (Caudal ò Ancho de Banda).- La velocidad más alta, a la que un dispositivo bajo prueba, puede transferir tramas de un puerto de entrada a uno de salida sin perder ninguna trama.
- **Retardo** (Latencia).- Es el tiempo que tarda una trama desde que entra en un dispositivo hasta que sale, revela el tiempo que le toma al dispositivo procesar la información.
- **Perdida de Tramas** (Frame Loss).- Determina el porcentaje de tramas que se perdieron o no se recibieron correctamente, del total de tramas enviadas al dispositivo bajo prueba (DUT).
- **Back to Back** (Ráfagas con Mínimo Espacio entre Tramas).- Prueba si el DUT tiene la capacidad de tramitar trafico a ráfagas de diferente tamaño con un espaciamiento mínimo entre tramas (Interframe GAP).

### 2.3.2.1 Prueba de Troughput

- *Objetivo:* Encontrar la velocidad máxima o caudal con la cual el dispositivo puede trabajar sin perder ninguna trama.
- *Utilidad:* Encontrar si la red cumple con la tasa de información comprometida (CIR) establecida en el SLA con el cliente.
- *Configuración:* La figura 2.14 muestra como se deberá conectar el equipo de medición, para una prueba de Troughput.

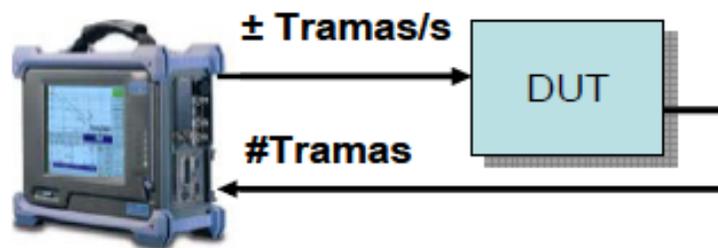


Fig. 2.14 Conexión del Equipo de Medición para una Prueba de Troughput

#### **Procedimiento:**

1. El equipo de medición envía hacia el puerto de entrada del DUT, un número de tramas equivalentes al máximo de velocidad de la interfaz. Esta velocidad también puede ser configurada por el usuario.
2. Verifica en el puerto de salida del DUT, que todas las tramas enviadas se recibieron correctamente.
3. Sí una o más tramas no se reciben correctamente, el equipo de medición disminuye en automático al 50% la velocidad de envió al DUT y vuelve a verificar las tramas recibidas.
4. Sí recibe todas las tramas correctamente sube su velocidad en un 50% de los últimos valores y así sucesivamente hasta encontrar el máximo de caudal que pudo pasar a través del DUT sin perder tramas.

La operación se ilustra en la figura 2.15.

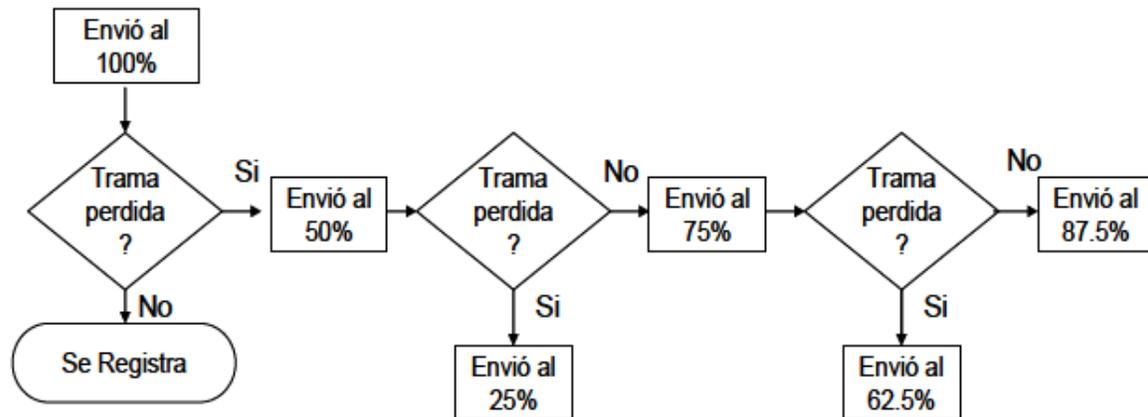


Fig. 2.15 Procedimiento medición para una prueba de Troughput.

- **Tamaño de Trama:** Debido a las distintas condiciones que puede presentar el tráfico, el DUT se prueba con siete tamaños de tramas (64, 128, 256, 512, 1024, 1280, y 1518 bytes), por lo que se realiza una prueba de Troughput para cada tamaño de trama.

Simulando así cualquier condición del tráfico.

- **Duración:** La duración es una prueba de 60 seg. Sin perder ni una trama para cada tamaño de trama.
- **# de Intentos:** Se realiza una única prueba para encontrar el troughput por cada tamaño de trama.
- **Resultado:** El resultado puede ser en forma grafica o en tabla en donde se muestre el máximo caudal o ancho de banda que el DUT pudo procesar sin perder tramas durante 60 seg, para cada uno de los siete distintos tamaños de trama utilizados.

### 2.3.2.2 Prueba de Pérdida de Tramas

*Objetivo:* Determinar la tasa de tramas perdidas por el DUT, para diferentes rangos de velocidades y tamaños de tramas.

*Utilidad:* Encuentra el porcentaje de tramas que no pudieron ser procesadas por la red (desempeño) a lo largo de la conexión.

Determina si la red cumple para las necesidades de la aplicación del cliente, en condiciones de alto tráfico, de acuerdo a lo establecido en el SLA.

*Configuración:* La figura 2.16 muestra como se deberá conectar el equipo de medición, para una prueba de Pérdida de Trama:

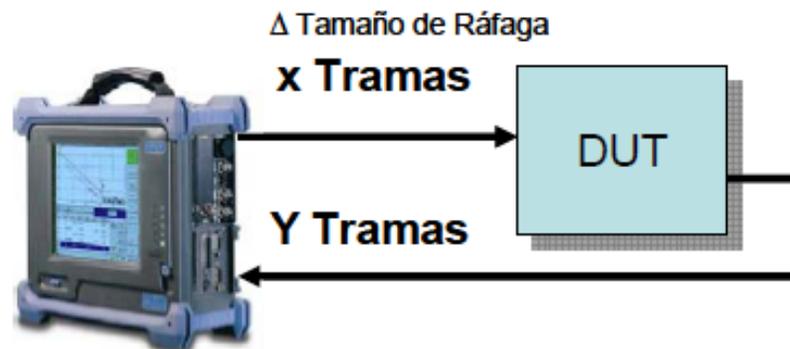


Fig. 2.16 conexión de equipo de medición

**Procedimiento:**

1. Se envía hacia el puerto de entrada del DUT un número de tramas, a una tasa de velocidad específica.
2. Se cuenta el número de tramas que salen del DUT en el puerto de salida, el cálculo se establece por la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de Pérdida de Tramas} = \frac{(\# \text{ de Tramas de entrada} - \# \text{ de Tramas de salida}) \times 100}{\# \text{ de Tramas de entrada}}$$

3. Se reduce la tasa de tramas a un 90% y se realiza una nueva prueba.
4. Se vuelve a reducir la tasa en decrementos del 10%, hasta encontrar 2 intentos consecutivos sin perder ninguna trama.
5. Este procedimiento se repite para cada tamaño de trama. El porcentaje final de tramas perdidas es un promedio de lo obtenido en las diferentes pruebas para cada tasa de tramas.

- **Tamaño de Trama:** Debido a las distintas condiciones que puede presentar el tráfico, el DUT se prueba con siete tamaños de tramas (64, 128, 256, 512, 1024, 1280, y 1518 bytes), por lo que se realiza una prueba de Pérdida de Trama para cada tamaño de trama. Simulando así cualquier condición del tráfico.
- **Duración:** La duración de la prueba es variable por cada tamaño de trama.
- **# de Intentos:** Se realiza una única prueba (de acuerdo al procedimiento) para encontrar el promedio de pérdida de trama por cada tamaño de trama.
- **Resultado:** El resultado se muestra en forma grafica o tabla indicando el porcentaje de tramas perdidas para cada uno de los siete diferentes tamaños de trama utilizados.

### 2.3.2.3 Prueba Back to Back

Algunas aplicaciones específicas envían datos con grandes cantidades de bytes (64K), que al entrar a redes Ethernet deben ser fraccionados (debido que el MTU de Ethernet es de 1500 bytes). Estos fragmentos son generados como una ráfaga de tramas con el mínimo espacio entre ellas, si alguna de estas tramas se perdiera, la información completa sería imposible de recuperar.

Ocasionando con ello retransmisiones de grandes cantidades de tramas.

El parámetro Back to Back determina el comportamiento de los equipos ante este tráfico generado a ráfagas y con mínimo espacio entre tramas, a continuación se describen las características de esta prueba.

- **Objetivo:** Caracterizar el DUT ante condiciones de tráfico con ráfagas de tramas con el mínimo espacio entre tramas (Inter Frame Gap).
- **Utilidad:** Se puede determinar el tamaño de los buffer y verificar el cumplimiento de CBS y EBS.

- **Configuración:** La figura 2.17 muestra como se deberá conectar el equipo de medición, para una prueba de Back to Back.

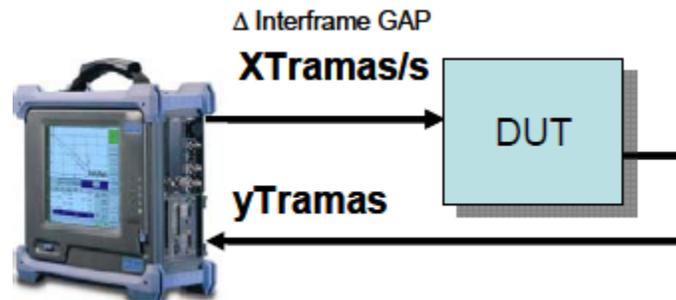


Fig. 2.17 Conexión del Equipo de Medición para una Prueba de Back to Back

**Procedimiento:**

1. Se envía una ráfaga de tramas con el mínimo espacio entre tramas hacia el DUT. Se cuenta el número de tramas reenviadas por el DUT a su salida.
  2. Si el número de tramas que entraron es igual al número de tramas que salen, entonces se incrementa el tamaño de la ráfaga y se vuelve a iniciar.
  3. Si existe una pérdida de tramas en la prueba entonces el tamaño de la ráfaga se disminuye y se vuelve a empezar.
- **Tamaño de Trama:** Debido a las distintas condiciones que puede presentar el tráfico, el DUT se prueba con siete tamaños de tramas (64, 128, 256, 512, 1024, 1280, y 1518 bytes), por lo que se realiza una prueba de Back to Back para cada tamaño de trama. Simulando así cualquier condición del tráfico.
  - **Duración:** La duración de la prueba es de 2 segundos.
  - **# de Intentos:** Se realiza la prueba 50 veces por cada tamaño de trama.
  - **Resultado:** El resultado se expresa en forma de tabla, indicando el número de tramas pertenecientes a la ráfaga más grande que el DUT pudo procesar sin perder ninguna trama, para cada uno de los siete diferentes tamaño de trama.

### 2.3.2.4 Prueba de Retardo

El retardo es la última prueba ya que se emplea una tasa de tramas a la cual el DUT no pierda ninguna trama (Throughput), esta prueba se define de acuerdo a la forma en que los dispositivos procesan la información:

- **Para dispositivos en Store and Forward:** El intervalo de tiempo inicia cuando el último bit de la trama alcanza el puerto de entrada y termina cuando el primer bit de la trama alcanza el puerto de salida.
- **Para dispositivos en Bit Forwarding:** el intervalo de tiempo inicia cuando el primer bit de la trama alcanza el puerto de entrada y termina cuando el primer bit de la trama alcanza el puerto de salida.
- **Objetivo:** Determinar el retardo que impone el DUT al procesar las tramas.
- **Utilidad:** Revela el desempeño del DUT con respecto al tiempo que le toma el procesamiento de la información
- **Configuración:** La figura 2.18 muestra como se deberá conectar el equipo de medición, para una prueba de Retardo.

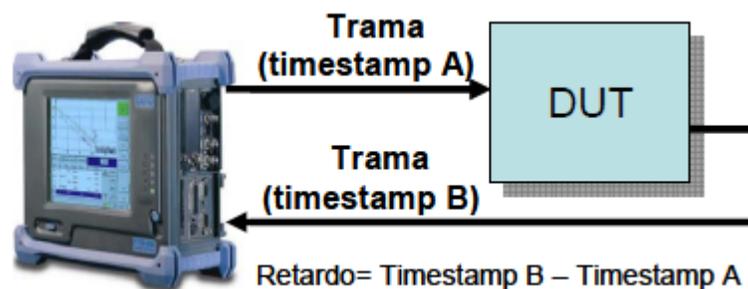


Fig. 2.18 Conexión del Equipo de Medición para una Prueba de Retardo.

#### **Procedimiento:**

1. Se determina el Throughput del DUT para cada uno de los 7 tamaños de trama utilizados.
2. Se manda una tasa de tramas a la velocidad del Throughput hacia el puerto de entrada del DUT durante 120 segundos.

3. Cada 60 segundos se agrega una etiqueta con el timestamp<sup>5</sup> al terminar de transmitir una trama, se identifica la llegada de esa trama en el puerto de salida del DUT y se fija un timestamp de llegada.
4. El retardo se obtiene de restar los valores de los timestamp, la prueba se repite al menos 20 veces por cada tamaño de trama mostrándose el promedio obtenido para cada tamaño de trama.

*Timestamp A (se impone al terminar de enviar la trama hacia el DUT)*

*Timestamp B (se toma a la llegada de la trama que contiene el timestamp A)*

### **Retardo= Timestamp B – Timestamp A**

- **Tamaño de Trama:** Debido a las distintas condiciones que puede presentar el tráfico, el DUT se prueba con siete tamaños de tramas (64, 128, 256, 512, 1024, 1280, y 1518 bytes), por lo que se realiza una prueba de Retardo para cada tamaño de trama. Simulando así cualquier condición del tráfico.
- **Duración:** La duración de la prueba es de 120 Segundos para cada tamaño de trama.
- **# de Intentos:** Se realiza la prueba 20 veces por cada tamaño de trama.
- **Resultado:** El resultado se expresa en forma de tabla, indicando el promedio de retardo de los 20 intentos para cada uno de los siete diferentes tamaños de Trama.

---

<sup>5</sup> **Timestamp** es una secuencia de caracteres, que denotan la hora y fecha (o alguna de ellas) en la cual ocurrió determinado evento. Esta información es comúnmente presentada en un formato consistente, lo que permite la fácil comparación entre dos diferentes registros y seguimiento de progresos a través del tiempo; la práctica de grabar timestamps de forma consistente a lo largo de la información actual, se llama **timestamping**.

Los timestamps son típicamente usados para seguimiento de eventos (*logging*), en este caso, cada evento en un *log* es marcado con un timestamp. En sistemas de archivos, la palabra puede referirse a la hora y fecha de creación, acceso o modificación a un archivo que se queda registrada.

## 2.4 Configuración de las Mediciones

Hasta ahora hemos descrito los procesos de cómo se ejecuta cada una de las pruebas del RFC 2544, dichos procesos se llevan a cabo dentro del equipo de medición.

Sin embargo, como operadores requerimos saber cómo manejar a los equipos de medición para obtener los resultados deseados.

A continuación se describirán los procedimientos a seguir por el operador, para realizar una medición de desempeño con RFC 2544.

### 2.4.1 Tipos de Equipos de Medición

El hecho de que los servicios Metro Ethernet sean relativamente nuevos, ha provocado que surjan algunas soluciones propietarias.

Un ejemplo claro, son los fabricantes de equipos de medición, quienes ante la ausencia de ciertos estándares han planteado sus particulares propuestas de solución para las mediciones de estos servicios.

El operador telefonico se basa en los equipos que son homologados por el propio carrier, adquirido para los CM's y COM's, entre otros, los siguientes equipos:

- El MTS 8000 (de JDSU) con modulo TBER.
- El FTB 400 (de EXFO) con modulo FTB 8510 (Packet Blazer).
- El Smart Class Ethernet (de JDSU)
- En todos los equipos incorporan en sus posibilidades la evaluación del RFC 2544.



Fig. 2.19 Equipo de medición servicios

Dependiendo del fabricante, los equipos cuentan con las siguientes posibilidades de configuración de prueba:

- Mediciones con un solo puerto y loopback (One Port Loopback)
- Mediciones con dos puertos (Dual Ports Test)
- Mediciones con dos equipos (Dual Test Set)

En la figura 2.20 se ilustra el diagrama general de configuración para cada tipo de prueba.

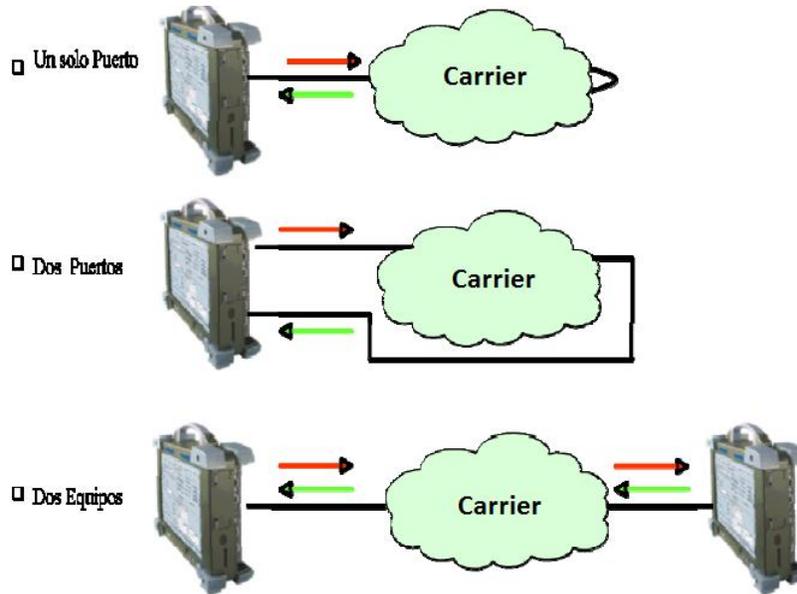


Fig. 2.20 se ilustra el diagrama general de configuración para cada tipo de prueba.

### 2.4.2 Medición con un Solo Puerto y Loopback

En esta configuración se conecta el equipo de medición en la interfaz UNI de entrada a la red. Mientras que en la interfaz UNI de salida de la red deberá establecerse un loopback físico o por software.

La configuración de la prueba se ilustra en la figura 2.21

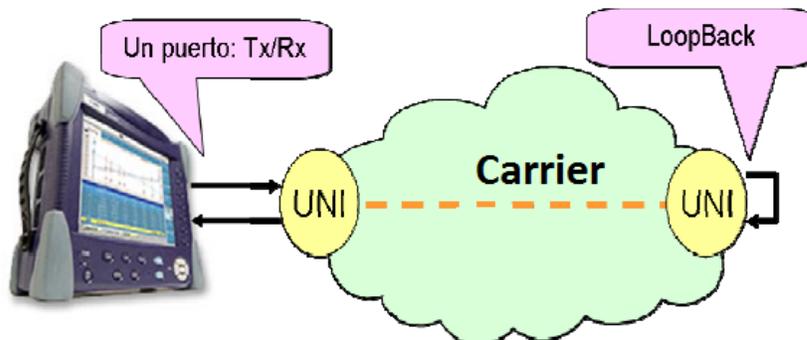


Fig. 2.21 Medición con un Solo Puerto y Loopback

**Ventajas:**

- Sencillo de Implementar.
- Se recomienda para enlaces orientados a la conexión (ETS-ETS).
- Puede funcionar en enlaces no orientados a conexión (ETS-ETB), por el proceso de flooding de los switches.
- Bueno para probar continuidad.
- Bueno para probar Pérdida de Tramas en round trip (vuelta completa).
- Bueno para probar Troughput.

**Desventajas:**

- La prueba mide las tramas hasta que completa un viaje completo (ambas direcciones), los resultados de la medición deberán contemplarse como una medición round trip, lo cual no es lo más adecuado.
- Debido a su configuración, en caso de problemas es imposible determinar en cual dirección ocurren. En caso de enlaces no orientados a conexión (ETS-ETB), la continuidad ocurre por el proceso de flooding de los Switches. Sin embargo, se debe tener cuidado que las direcciones MAC destino y fuente no sean las mismas y no se encuentre habilitado el protocolo Spanning Tree Protocol.
- El parámetro de retardo proporciona un resultado round trip, por lo que no se puede establecer con precisión en cual dirección ocurre mas retardo.
- Si a lo largo de la conexión se involucra un dispositivo de capa 3 (enrutador) la prueba no funcionara, debido a que las tramas devueltas por el loop back, no serán reenviadas por el dispositivo de capa 3. Ver figura 2.22

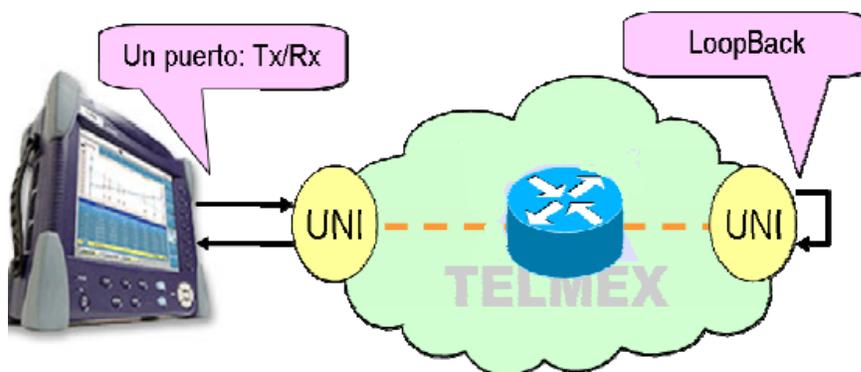


Fig. 2.22 conexión que involucra un dispositivo de capa 3.

### 2.4.3 Medición con dos puertos

En esta configuración se utilizan dos puertos del equipo de medición, conectando un puerto a la interfaz UNI de entrada y el otro puerto a la interfaz UNI de salida de la red.

Las mediciones se realizan enviando tramas del puerto A y recibíéndolas en el puerto B, se pueden hacer mediciones en una sola dirección (A→B o B→A) o en forma bidireccional (A↔B).

La configuración de la prueba se ilustra en la figura 2.23

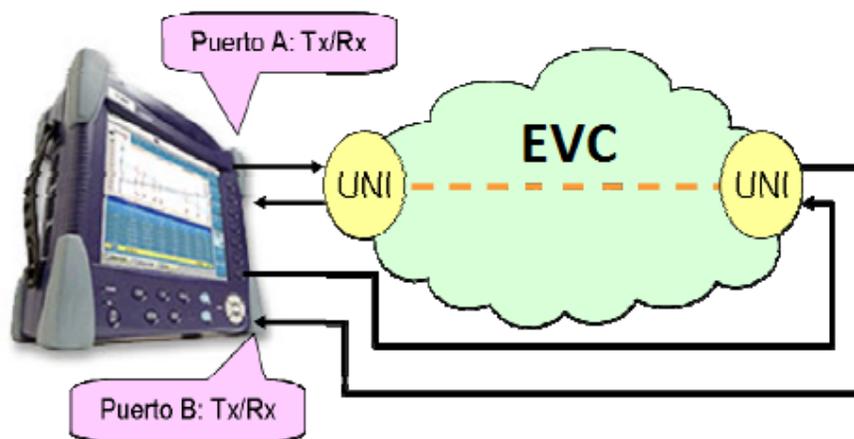


Fig. 2.23 Conexión del Equipo de Medición para una Prueba con Dos Puertos.

#### Ventajas:

- Es una configuración bastante segura.
- Se evalúan correctamente todos los parámetros de desempeño para cada dirección.
- Se observa cualquier problema y la dirección en que ocurre.
- No requiere de conexiones adicionales, solo los ilustrados en la prueba.
- Se observa claramente la configuración de ambos puertos en el equipo de medición, minimizando los errores de configuración.
- La prueba la puede realizar un solo operador.

- Con las debidas configuraciones IP, es posible medir inclusive si se encuentra habilitado STP, o existen dispositivos de capa 3 (routers) a lo largo de la conexión.

**Desventajas:**

- Debido a que el puerto de entrada y salida de la red se conectan a un solo equipo de medición, ambos puertos deberán estar en el mismo sitio físico, por lo que esta configuración solo es posible en laboratorio o maqueta.
- Se utilizan más recursos (cables y/o Jumper ópticos) que con la configuración de un solo puerto.

**2.4.4 Medición con dos equipos**

Esta configuración es la más seria para medir el desempeño de las conexiones en las redes. Cada fabricante de equipo de medición utiliza su propia solución, algunos utilizan dos equipos con la misma capacidad (caso de Exfo<sup>6</sup>), otros fabricante proponen que uno de los equipos sea de menor capacidad (menos costoso) y haga las funciones de espejo (JDSU<sup>7</sup>).

En la figura 2.24 se ilustra la configuración para la medición con dos equipos.

---

<sup>6</sup> **Exfo** es una marca multinacional Canadiense, especialista en medidores de FO. Como productos más destacados, Exfo le ofrece equipos OTDR para fibra óptica:

<sup>7</sup> **JDSU** (Nasdaq: JDSU; y TSX: JDU) Un proveedor líder de productos de óptica y soluciones de prueba y medición para la industria de las comunicaciones, la cartera de tecnología de JDSU es un factor clave para soluciones ópticas en industrias tales como las comunicaciones de banda ancha, la mejora de la marca y la autenticación, la fabricación y la energía.

JDSU la innovación es el catalizador de una multitud de soluciones y servicios innovadores que vida de las personas de contacto todos los días. En el coche y en casa, en el trabajo, en el cine y el centro comercial, incluso en el banco o la oficina del doctor, JDSU la tecnología es parte de los productos de última generación que hacen lo inimaginable es posible.

**Comunicaciones Ópticas** Componentes, módulos y subsistemas, para apoyar a los clientes en telecomunicaciones y comunicaciones de datos de la empresa, incluidas las soluciones de comunicaciones ópticas necesarias para construir y mantener redes ópticas ágiles (AONs).

**Prueba y Medida** De alto rendimiento, soluciones flexibles para la prueba y medición de banda ancha, incluidos los instrumentos y servicios para operadores de redes de comunicaciones y fabricantes de equipos. Asimismo, los sistemas de garantía de servicio que garantizan una alta calidad de experiencia del usuario en comunicaciones de banda ancha, tales como vídeo bajo demanda y servicios de voz sobre IP.

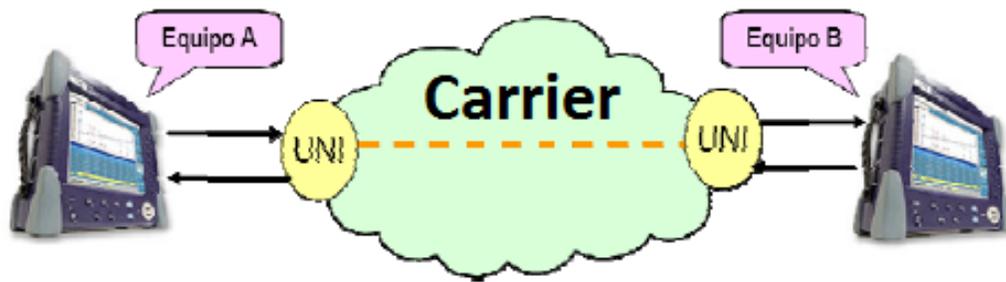


Fig. 2.24 Conexión del Equipo de Medición para una Prueba con Dos Equipos.

### Ventajas:

- Es una configuración que permite medir cuando los puntos de entrada y salida de la red se encuentran en distintos sitios físicos.
- Se evalúan correctamente todos los parámetros de desempeño para cada dirección.
- Se observa cualquier problema y la dirección en que ocurre.
- Con las debidas configuraciones IP, es posible medir inclusive si existen dispositivos de capa 3 (routers) a lo largo de la conexión y/o se encuentra habilitado STP en los Switches.

### Desventajas:

- Requiere de dos equipos de medición (uno por punta). Se incrementa la posibilidad de errores en la configuración del equipo de medición debido a que se encuentran en sitios separados y operados por distinto personal.
- En el caso de la medición de retardo, ambos equipos deberán tener la misma base de tiempo (hh:mm:ss:ms), por lo que se requiere de conexiones adicionales de los equipos de medición hacia un servidor con NTP o en su caso medir el retardo en round trip)
- En algunos equipos, se requieren configuraciones adicionales para operar en dual set.

- Debido a que los fabricantes presentan su propia solución, no es posible la compatibilidad entre equipos de medición de diferente marca, por lo que ambos equipos deberán de ser del mismo fabricante.

La diferencia de relojes entre los equipos de medición puede causar errores de interpretación en la prueba de retardo. Ya que el timestamp que se le impone a la trama en el equipo A se basa en su propio reloj, y el timestamp que se registra cuando la trama llega corresponde al reloj del equipo B. El retardo resultante no solo corresponde al retardo que experimenta la trama al viajar por la red, si no que se ve afectado por la diferencia de relojes existente entre los equipos A y B.

La solución para este problema es conectar los equipos de medición a un servidor de tiempo común, a través de NTP (Protocolo de Tiempo de Red). La figura 2.25 ilustra la configuración de esta medición:

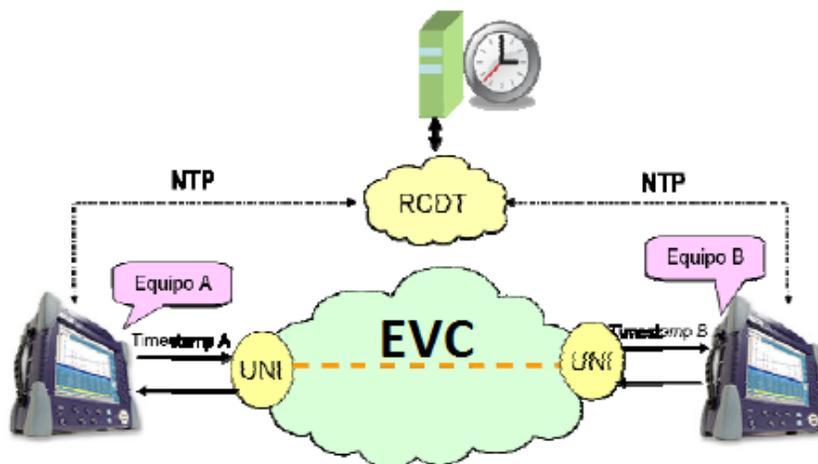


Fig. 2.25 Protocolo de Tiempo de Red.

## 2.5 Consideraciones Generales en las Mediciones

Una de las principales causas del fracaso o de los problemas que nos enfrentamos al realizar una evaluación en cualquier conexión Ethernet, es el desconocimiento y/o errores en aspectos comunes de configuración y/o procedimiento.

En este subcapítulo se tratarán los aspectos generales a considerar previos y durante una medición.

### **2.5.1 Configuración de las Interfaces**

Los servicios Metro Ethernet se pueden prestar a través de diferentes interfaces de acceso, las más usuales son:

⇒ 10,100,1000 Base x

⇒ 1Ge Óptico

Existen consideraciones específicas para cada una de ellas, las cuales son:

#### ***Consideraciones para interfaces eléctricas 10,100, 1000 base x:***

- En la mayoría de los casos se debe habilitar tanto en el equipo de medición como en el puerto local de la ISA la auto negociación.
- La auto negociación logra fijar en las interfaces la velocidad más alta a la que ambas pueden trabajar, así como su modo de trabajo (Half o Full Duplex).
- Para el caso en que el equipo del cliente (CE) tenga una interfaz Ethernet que no soporte auto negociación, deberá deshabilitarse en el puerto local de la ISA así como en la interfaz del equipo de medición.
- El configurar un puerto con auto negociación, mientras que en el otro extremo no, puede provocar que no haya link (enlace) entre ambos puertos.

El link solo indica la comunicación a nivel de capa 2 entre dos interfaces conectadas, más no garantiza la continuidad del tráfico a través de toda la conexión Ethernet.

#### ***Consideraciones para interfaces Ópticas 1GbE:***

- En las ISAS ES16 y en algunos equipos de medición la interfaz 1GbE requiere del uso de transceptores del tipo SFP (Small Form-Factor Pluggable).

- Existen SFPs para diferentes aplicaciones, por lo que al utilizarlos hay que asegurarse que sea para 1GbE (en la mayoría de los casos, es necesario consultar con el número de parte en la página web del fabricante).
- Existen diferentes longitudes de onda para transmitir 1GbE, por lo que se requieren diferentes tipos de fibra óptica. El estándar para 1GbE SX utiliza 850nm y fibra óptica multimodo (normalmente de color naranja), mientras que el estándar 1GbE LX utiliza 1310nm y fibras monomodo (normalmente color amarillas).
- No es posible utilizar fibra monomodo en transceptores de estándar SX y tampoco fibra multimodo en transceptores LX, ya que no se logra continuidad en la señal óptica.
- El link solo indica la comunicación a nivel de capa 2 entre dos interfaces conectadas, más no garantiza la continuidad del tráfico a través de toda la conexión Ethernet.

En la tabla 2.2 se muestran algunos de los transceptores más comunes y sus características.

Modulo SFP	Marca	Aplicación	Estándar
TRPAG1LXDBBS	OCP	1GbE	LX
TRP-G1BC	OCP	1GbE	SX
1GbESXDDM	Fiberxon	1GbE	SX
TRP-G1L1BC	OCP	1GbE	LX

Tabla 2.2

### 2.5.2 Consideraciones en el Ancho de Banda

El ancho de banda para una conexión Ethernet esta determinado por los perfiles reguladores de tráfico (descriptores de tráfico). Sin embargo, para efecto de una

medición de desempeño se debe de considerar únicamente el CIR, ya que solo al tráfico que pertenece a esta tasa se le garantiza su desempeño. A continuación se enumeran algunas consideraciones para configurar el ancho de banda:

- Al realizar una medición con RFC 2544 es necesario conocer los perfiles de ancho de banda establecidos para la conexión, para ajustar la velocidad de transmisión en el equipo de medición.
- Si la velocidad de transmisión del equipo es mayor a la establecida en la conexión Ethernet, la red comienza a tirar tramas reflejándose como un porcentaje de pérdida de tramas muy alto, a su vez la prueba de Troughput tarda más en encontrar el resultado.

Si no se conoce el CIR de la conexión, este se puede encontrar realizando la prueba de Troughput con el 100% de la velocidad de la interfaz del equipo de medición. El resultado arrojará un Troughput mayor para las tramas más pequeñas debido a la capacidad de los buffer en la red, por lo que el resultado de Troughput en las tramas grandes es la que reflejara con certidumbre el CIR de la conexión.

### **2.5.3 Escenarios de Medición**

Es importante entender y visualizar el escenario completo de una conexión Ethernet, para realizar la medición de desempeño con una configuración adecuada que nos permita obtener los resultados más reales del comportamiento de la red en dicha conexión.

En caso de tener recursos limitados (un solo equipo de medición), la correcta visualización del escenario en la conexión nos permitirá conocer nuestras limitantes así como los posibles resultados a esperar.

A continuación se ilustraran algunos escenarios de medición y las consideraciones a tomar en cuenta por el carrier correspondiente.

**Escenario de Medición 1**, Descripción: en este escenario se evaluara una conexión punto a punto transparente (ETS-ETS) en donde el ancho de banda de la conexión está determinado únicamente por el VCG (grupo virtualmente concatenado) asignado en los recursos SDH.

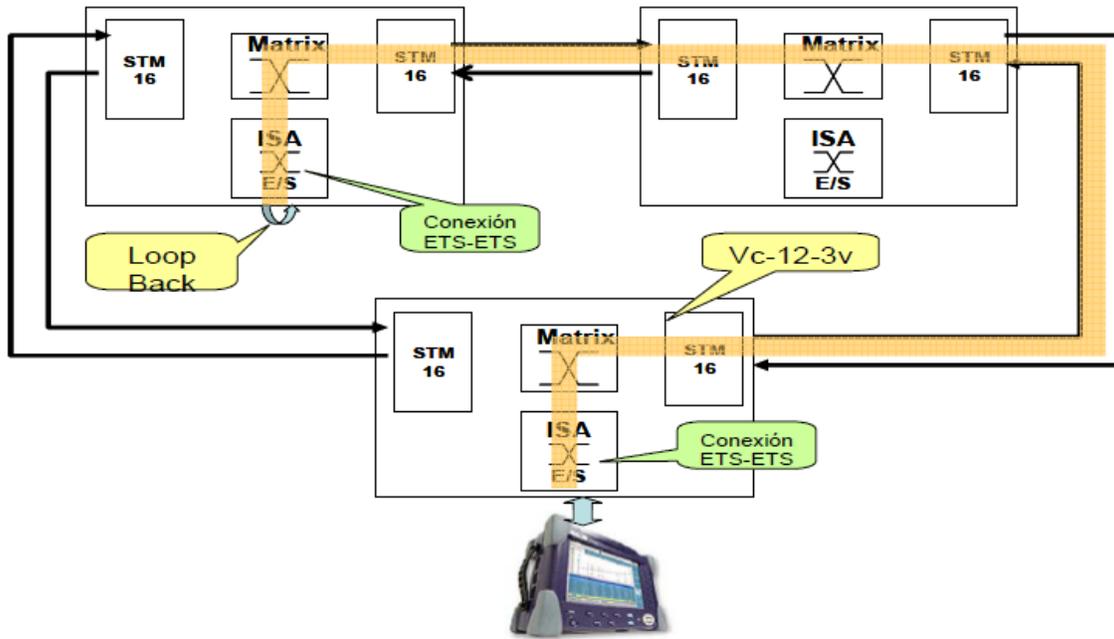


Fig. 2.26 Escenario de medición 1.

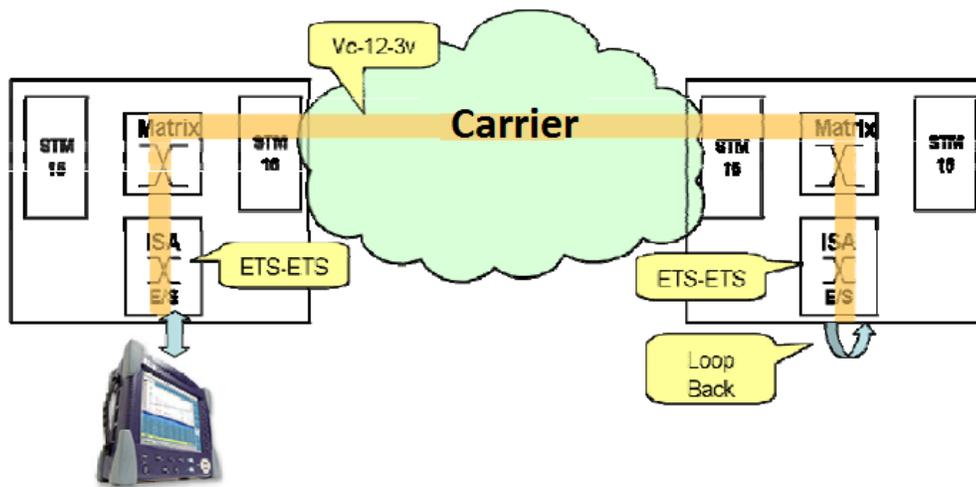


Fig. 2.27 Conexión Puerto-Puerto Transparente Terminada en Diferente Anillo.

- **Configuración:** Debido a que esta configuración es una conexión transparente y no usa dispositivos de capa 2, la configuración de un solo puerto y loopback funciona bien.

- **Equipo:** Se utiliza un solo equipo y tanto el MTS 8000 como el FTB 400 se pueden utilizar sin problemas para realizar las mediciones.
- **Consideraciones:** El ancho de banda de la conexión se determina por el VCG asignado en las facilidades SDH, por lo que la velocidad de transmisión de la interfaz del equipo de medición deberá igualarse al ancho de banda de la conexión.

Debido a que es una conexión transparente, el retardo de tramas es mínimo por lo que medir el retardo en round trip no tiene efecto significativo.

Si a lo largo de la conexión se incluye un dispositivo de capa 3 (router), la configuración de un puerto y loop back no será posible, por lo que se tendrá que medir con dos equipos de medición con su respectiva configuración IP

**Escenario de Medición 2 Descripción:** En este escenario se evaluará una conexión punto a punto (ETS-ETB) en donde el ancho de banda de la conexión está determinado por los perfiles de ancho de banda contratados (CIR, PIR), involucrando VLAN's de cliente y de proveedor sin dispositivos de capa 3.

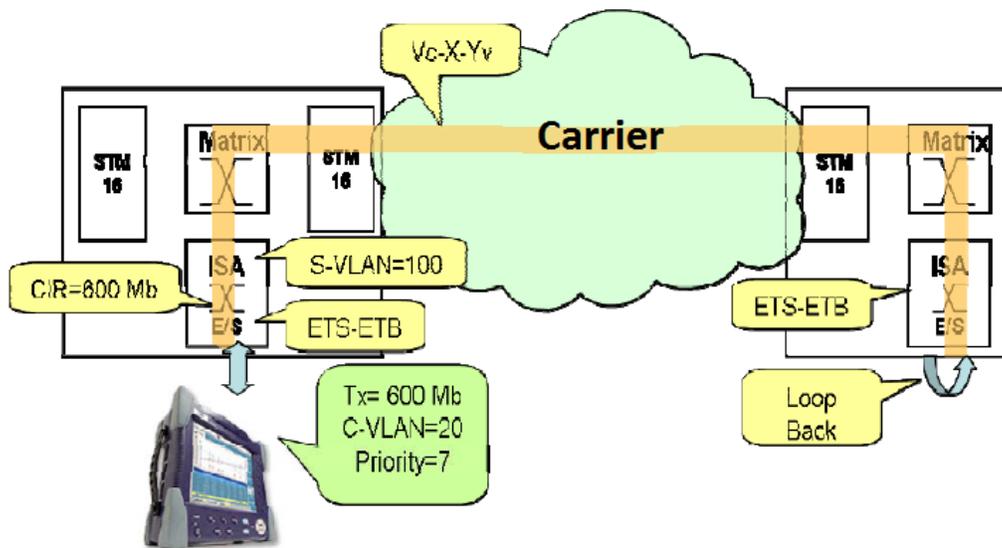


Fig. 2.28 Conexión ETS-ETB sin Dispositivos de Capa 3 en Loop Back.



Se deben configurar los valores adecuados de C-VLAN ID y Priority, en los equipos de medición de acuerdo a lo establecido en el SLA con el cliente.

**Escenario de Medición 3** *Descripción:* En este escenario se evaluará una conexión punto a punto (ETS-ETB) en donde el ancho de banda de la conexión está determinado por los perfiles de ancho de banda contratados (CIR, EIR) involucrando VLAN's de cliente, de proveedor y dispositivos de capa 3.

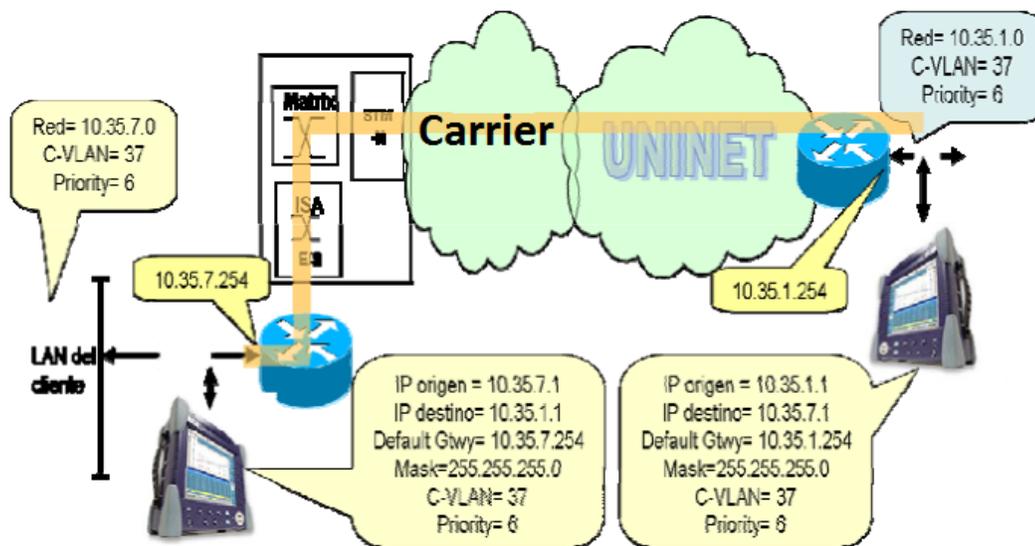


Fig. 2.30 conexión punto a punto (ETS-ETB).

- **Configuración:** Esta conexión involucra dispositivos de capa 3 (enrutadores) por lo que las pruebas en loop back no funcionan, de modo que la configuración más adecuada es usando dos equipos de medición (dual test set) con la debida configuración IP.
- **Equipo:** La configuración con dos equipos de medición funciona tanto para el MTS 8000 como con el FTB 400 cuidando que los dos equipos en la medición sean iguales. En el caso del MTS 8000 se corre la prueba de capa 3 en terminado y uno de los dos equipos se le habilita la facilidades de loop back remoto.

- **Consideraciones:** El ancho de banda de la conexión la determina el CIR asignado, por lo que la velocidad de transmisión de la interfaz del equipo de medición deberá igualarse al ancho de banda del CIR en la conexión.

Se deben configurar los valores adecuados de C-VLAN ID y Priority en los equipos de medición de acuerdo a lo establecido en el SLA con el cliente.

Se debe de cuidar la configuración de IP a detalle para minimizar errores.

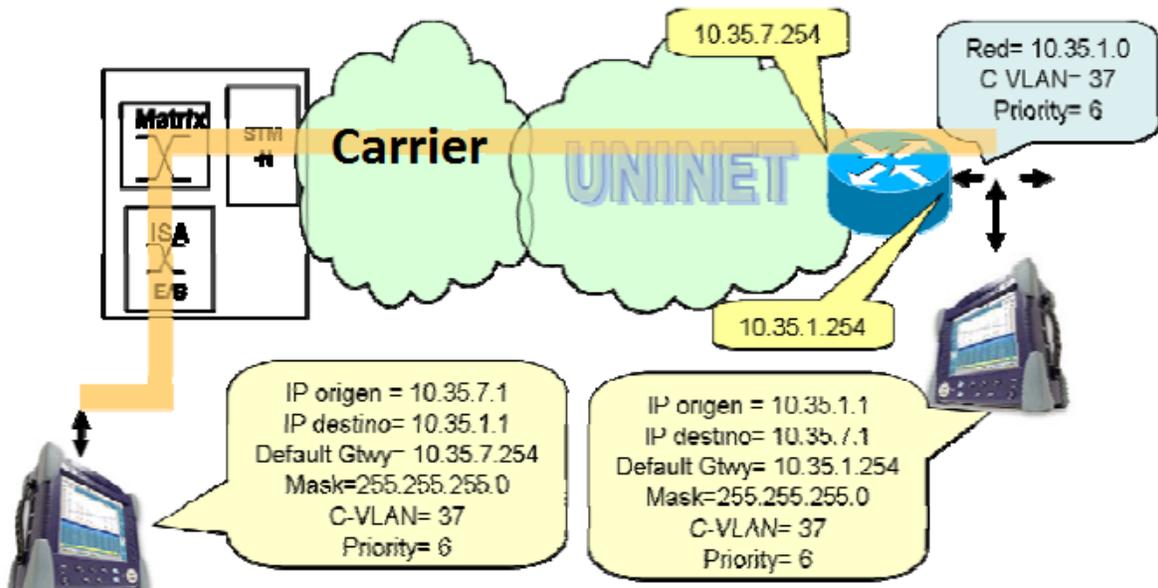


Fig. 2.31 Conexión con un Solo Enrutador

### Capítulo 3

## Topología y dimensionamientos lada enlaces Ethernet de 100 Mbps hasta 1 Gbps punto multipunto

El operador telefonico proporciona a los clientes del mercado empresarial conectividad de servicios de datos, para que los clientes extiendan sus redes en los ámbitos locales, nacionales o internacionales. Para lo cual el carrier ofrece diferentes soluciones dependiendo las necesidades de sus clientes y las facilidades que se tengan en la red de telecomunicaciones.

Las velocidades disponibles para la transmisión de datos van desde 64 Kbps hasta STM-64 para tecnologías tradicionales y Ethernet<sup>1</sup> desde 10 Mbps hasta 1 Gbps. Durante el desarrollo de este capítulo analizarás las características de los Lada enlaces como proveedores, tecnologías, interfaces de cliente, etc.

La creciente demanda por los usuarios para tener acceso a la Internet y el aumento del tráfico de datos para los diferentes servicios que requieren, han provocado que las redes de transporte de los proveedores de servicios de internet (ISP), evolucionen o migren hacia a otras tecnologías para satisfacer esta demanda de servicios.

Se han modificado las redes existentes de TDM (Multiplexación por División de Tiempo) con tecnología SDH<sup>2</sup> para poder los servicios de tráfico de Ethernet (10 Mbps) y de Fast Ethernet (100 Mbps), a lo que se le ha denominado Ethernet sobre SDHEoS:

- (Ethernet Over SDH) Ethernet sobre SDH (EoS o EoSDH) o Ethernet sobre SONET, Red Óptica Sincrona (Synchronous Optical Network en Ingles) se

---

<sup>1</sup> La teoría sobre ethernet se menciona en el capitulo dos de este trabajo de tesis a partir del punto 2.1.2

<sup>2 2</sup> la teoría de la Jerarquía Digital Sincrona (SDH) se hace mención en el Anexo1

refiere a un conjunto de protocolos que permiten transmitir tráfico Ethernet sobre redes de jerarquía digital síncrona (SDH, Synchronous Digital Hierarchy en inglés) de forma eficiente y flexible. Las mismas funcionalidades están disponibles en SONET (estándar usado predominantemente en América del Norte).

Las tramas Ethernet que son transmitidas sobre el enlace SDH lo hacen a través de un bloque de encapsulamiento GFP (*Generic Framing Procedure* en inglés) para crear un flujo síncrono de datos a partir de los paquetes asíncronos Ethernet. El flujo síncrono de datos encapsulados pasa a través de un bloque mapeado el cual utiliza normalmente la concatenación virtual (**VCAT**) para dirigir el flujo de bits en una o más rutas SDH. Debido a que SDH utiliza el mecanismo de intercalamiento de bytes para el armado de la trama, EoS proporciona un mejor nivel de seguridad en comparación con otros mecanismos de transporte Ethernet.

Después de recorrer las rutas SDH, el tráfico es procesado en sentido inverso: el procesamiento de concatenación virtual extrae la secuencia original de bytes síncronos, seguido de una desencapsulación para convertir el flujo de datos síncronos en una secuencia asíncrona de tramas Ethernet.

- Las rutas SDH pueden contener contenedores VC-4, VC-3, VC-12 o VC-11. Para formar un **Grupo de Concatenación Virtual**, se pueden emplear hasta 64 contenedores VC-11/VC-12, o 256 contenedores VC-3/VC-4. Los contenedores dentro de un grupo son referidos como "miembros". Un grupo virtualmente concatenado **VCG** (*Virtually Concatenated Group*) es referido por la notación <TipoDeContenedor> - <X>V, donde <TipoDeContenedor> es VC-4, VC-3, VC-12 o VC-11, y X es el número de miembros en el grupo.
  - **10-Mbit/s** usualmente es transportado con un VC-12-5v, permitiendo el total uso del ancho de banda para todos los tamaños de paquetes.
  - **100-Mbit/s** usualmente es transportado con un VC-3-3v, permitiendo el uso total del ancho de banda para paquetes pequeños (<250 bytes) y el

control de flujo Ethernet restringe la tasa de tráfico para paquetes más grandes.

- **1000-Mbit/s** (o 1-GigaE) es usualmente transportado en un VC-3-21v o un VC-4-7v, permitiendo el total uso del ancho de banda para todos los tamaños de paquetes.

La capacidad de ancho de banda es mostrada en la siguiente tabla:

Contenedor (SDH)	Contenedor (SONET)	Tipo	Capacidad de tráfico (Mbit/s)
VC-11-Xv	VT-1.5-Xv SPE	Bajo Orden	$X \times 1.600$ (X = 1 to 64)
VC-12-Xv	VT-2-Xv SPE	Bajo Orden	$X \times 2.176$ (X = 1 to 64)
VC-3-Xv	-	Bajo Orden	$X \times 48.384$ (X = 1 to 256)
VC-3-Xv	STS-1-Xv SPE	Alto Orden	$X \times 48.384$ (X = 1 to 256)
VC-4-Xv	STS-3c-Xv SPE	Alto Orden	$X \times 149.76$ (X = 1 to 256)

Tabla 3.1 Grupo de Concatenación Virtual

- **EoS** descarta los paquetes inactivos (*idle*) antes de encapsular la trama Ethernet con GFP, siendo recreado en el otro extremo durante la desencapsulación. Por ello, EoS proporciona un mejor rendimiento en comparación con el transporte Ethernet nativo.

Un protocolo adicional, denominado LCAS permite a los dos extremos de la ruta SDH negociar cuales rutas están trabajando y pueden transportar tráfico frente a las que no deben ser utilizadas<sup>3</sup>

Lo cual no implica grandes inversiones ya que se utiliza la infraestructura existente y la utilización de la concatenación virtual para poder tener una granularidad de los servicios.

Lo cual es una buena solución para las rede locales y metropolitanas, pero para dar servicio a las redes dorsales (Back Bone) o nacionales, donde el

<sup>3</sup> <http://goo.gl/8tNdi>

tráfico de datos son muy superiores es necesario buscar nuevas alternativas para solucionar y evitar pérdidas de información debido a saturación de las redes, provocando por ende un malestar de los usuarios del mismo.

La solución es Gigabit Ethernet, las cuales emplean las redes de fibra óptica en vez de las redes de cobre tradicionales, pero las redes SDH basadas en la **Rec G.707**, ya no pueden transportar aun con la concatenación virtual más ancho de banda de los servicios de datos.

Por lo cual es necesario modificar esta concatenación virtual por el uso de un nuevo esquema, este se definió por la recomendación **UIT G709** (OTN Optical Telecommunication Network), y el uso de la tecnología DWDM, lo cual nos garantiza un ancho de banda de acuerdo a las necesidades de cada cliente y tener una red de transporte para soporta servicios nuevos como el video o el llamado triple Play, pero sobre todo utilizar la infraestructura que ya se tiene instalada.

Los equipos que se describen en este capítulo están basados en la red de nueva generación y que son utilizados por el carrier correspondiente, siempre y cuando estos sean homologados por el mismo.

### 3.1 Lada enlaces

- **E1.** El servicio LADA enlace NxE1 permite tener acceso a redes corporativas y Redes Administradas por medio de un enlace privado donde N=1 hasta N=16 con interfaz G.703 o V.35 en el sitio del cliente. En la modalidad Punto-Multipunto permiten la conectividad de sus distintas oficinas o sucursales con sus sitios más importantes.

- **E3.** El servicio LADA enlace 34 Mbps es un servicio punto a punto ó punto multipunto en sus modalidades E3 clear channel y E3 canalizado (interfaz STM-1).

Cuando el servicio LADA enlace 34 Mbps es modo punto multipunto, los servicios remotos (multipuntos) son servicios E1.

Si se utiliza fibra óptica, la velocidad de enlace entre CPE (Equipo propiedad del cliente (Customer Premises Equipment). Equipo terminal que se instala en el sitio del cliente para conectarlo a la red del operador telefónico.) y equipo en central Carrier es de 155 Mbps (STM-1)<sup>4</sup>

- **STM1** El servicio LADA enlace STM-1 es un servicio punto a punto ó punto multipunto de 155 Mbps en sus modalidades STM-1 clear channel y STM-1 canalizado. El servicio se ofrece en configuración 1+1 en equipamiento, el medio de transmisión se configura 1+1 teniendo 2 acometidas de fibra con rutas diferentes hacia el sitio de cliente y no deben de tener puntos en común, las trayectorias deben ser independientes.
- **STM64.** Actualmente Teléfonos de México ofrece a sus clientes Premier, Mayores, Nacionales, Operadores de Telecomunicaciones, ISP's y Revendedores de Servicio, los servicios Lada enlace con una capacidad de hasta STM-16, con la incorporación de este servicio se logra tener cubierto una amplia gama de servicios con las características de línea privada digital con transporte en SDH.

Con la disposición de este servicio, el cliente podrá transferir información entre dos puntos a una velocidad de 9,953,280 Kbit/s correspondiente a un STM-64, utilizando como medio de transmisión Fibra Óptica.

---

<sup>4</sup> **Recomendación** UIT-T G.709/Y.1331, Interfaces para la red óptica de transporte

- **Lada enlaces Ethernet** El servicio LADA enlace Ethernet es un servicio con el cual el cliente puede tener conectividad en anchos de banda desde 10 Mbps hasta 1000 Mbps.

La configuración para este servicio es punto a punto y punto multipunto (hub and spoke) transparente y se ofrece siempre y cuando exista la infraestructura necesaria en la red de acceso y la red de transporte (Local ó L.D.).

Se proporciona con interfaz 10/100 Base T con conector RJ-45 ó Gigabit Ethernet Base Sx/Lx, 802.3Z en el sitio del cliente.

### 3.2 La topología de los Lada Enlaces

#### 3.2.1 Lada enlaces vía cobre

**3.2.1.1 Topología punto a punto** Los Lada enlaces que utilizan cobre en la red de acceso son de velocidades menores a 10 Mbps. También se conocen como Lada enlaces de baja velocidad.

A continuación mostramos la topología de un LADA enlace Ethernet punto a punto que puede tener velocidades de 2, 4, 6 y hasta 8 Mbps en configuración 1+0.

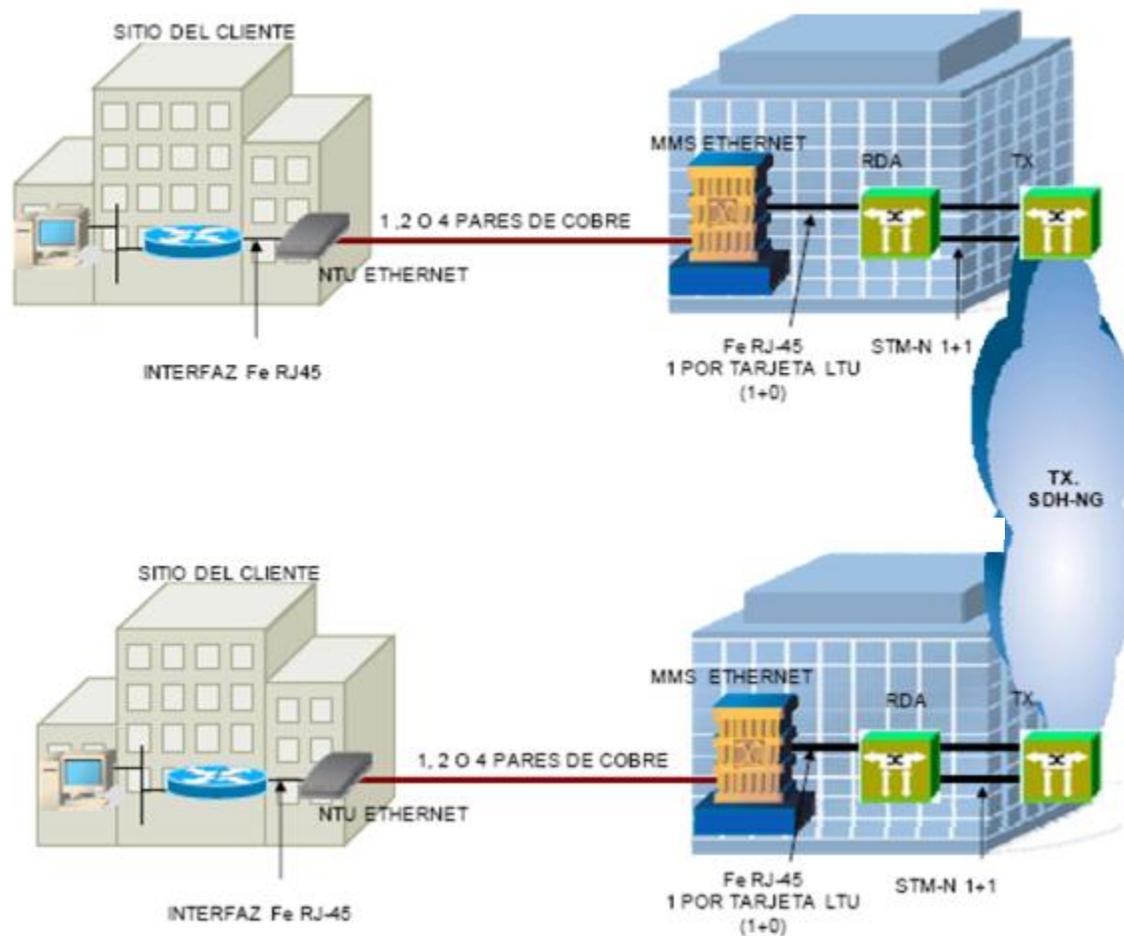


Fig. 3.1 Lada enlace Ethernet punto a punto.

### 3.2.1.2 Topología punto multipunto

A continuación se muestra un LADA enlace Ethernet punto multipunto (hub and spoke) de 4 Mbps hasta 8 Mbps, todos los enlaces utilizan cobre como medio de transmisión en la red de acceso.

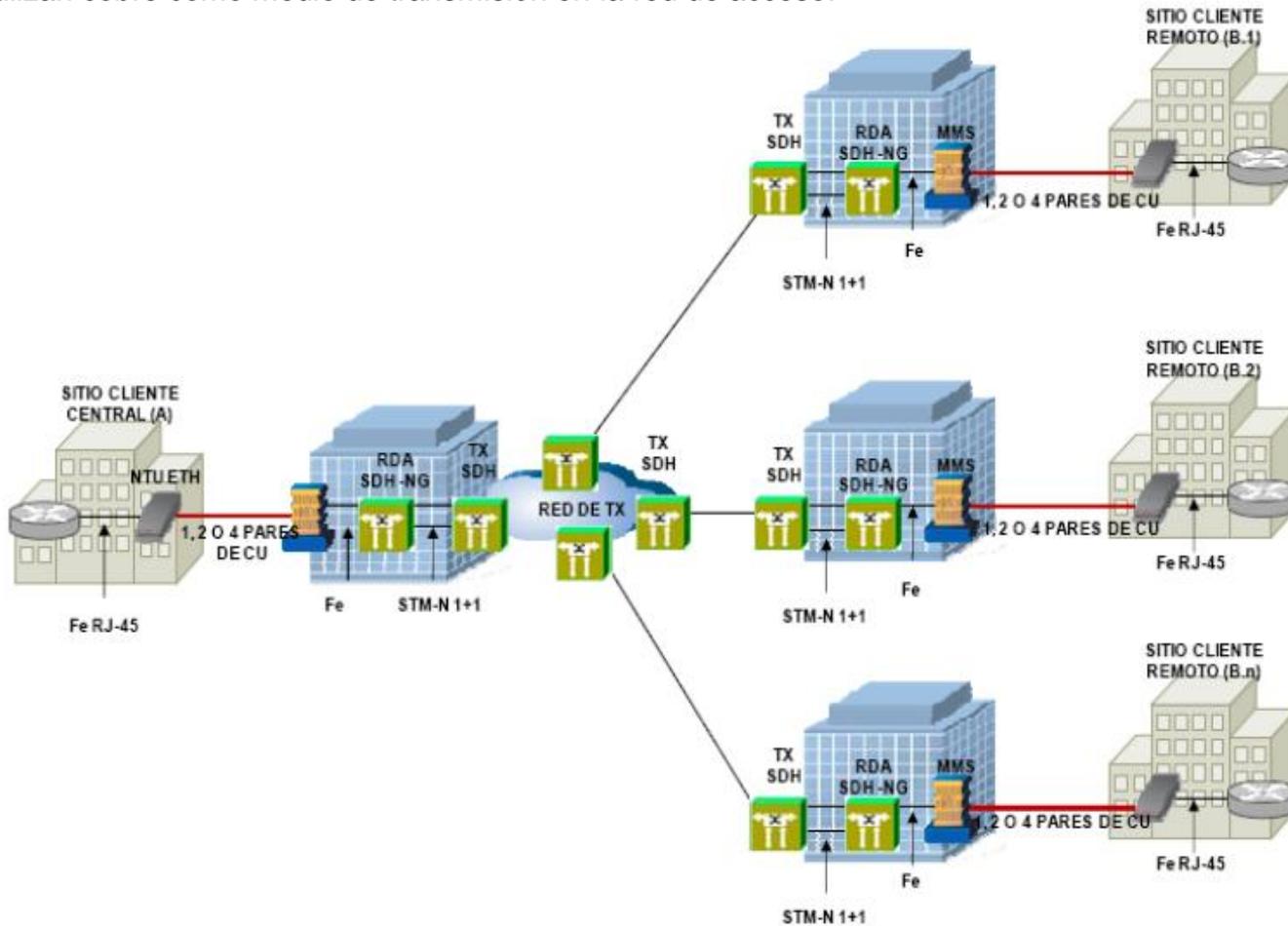


Fig. 3.2 Lada enlace Ethernet punto multipunto.

### 3.2.1.3 Topología punto a multipunto

Cuando los clientes requieren un servicio punto multipunto con más de 4 sitios remotos, se instala en el sitio concentrador o HUB un equipo de fibra óptica en la red de acceso, para soportar los sitios remotos que el cliente solicite. En la siguiente figura se muestra el LADA enlace Ethernet punto multipunto (hub and spoke) utilizando fibra óptica para soportar LADA enlaces Ethernet de alta capacidad (mayores a 10 Mbps de acuerdo a lo ofrecido comercialmente).

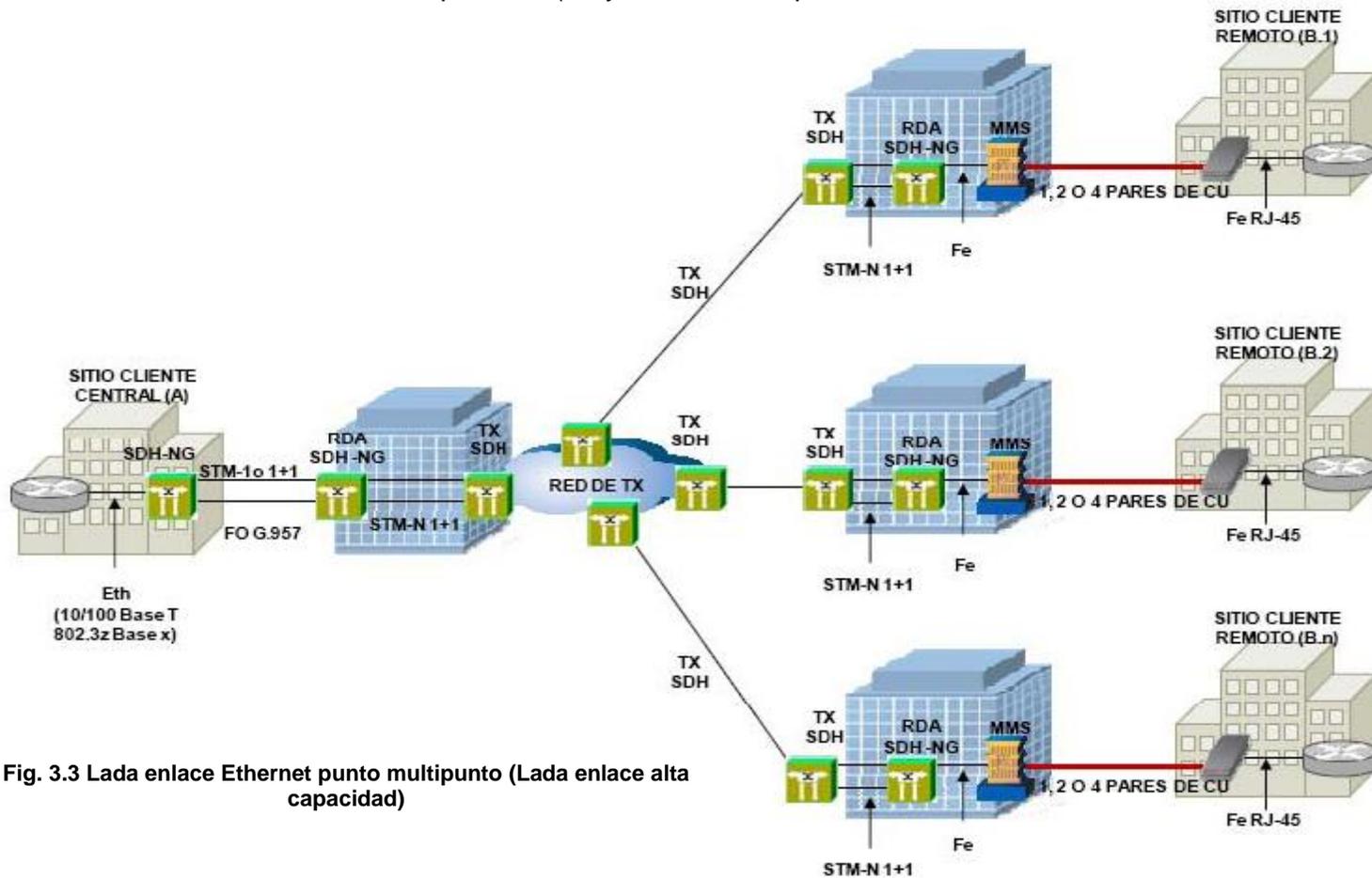


Fig. 3.3 Lada enlace Ethernet punto multipunto (Lada enlace alta capacidad)

**Interfaces.** A continuación se muestran las interfaces que se utilizan dependiendo del ancho de banda solicitado:

LADA enlace Ethernet	Interfaz equipo Lado Cliente	Velocidad de acceso	Tipo de protección de acceso	Interfaz lado central	Tipo de nodo lado central
2-8 Mbps	10/100BASE-T RJ-45	5.7 Mbps	1+0	G.SHDSL	MMS Ethernet

Tabla 3.2 Interfaces

**Perfiles de suministro** Los perfiles de suministro indican la cantidad de VC-12's requeridos en los equipos de transporte para proporcionar los diferentes anchos de banda solicitados (2, 4, 6, ó 8 Mbps).

ANCHO DE BANDA SOLICITADO	VC-12's asignados en la red de transporte
LADA ENLACE ETHERNET BAJA VELOCIDAD 2 Mbps	1
LADA ENLACE ETHERNET BAJA VELOCIDAD 4 Mbps	2
LADA ENLACE ETHERNET BAJA VELOCIDAD 6 Mbps	3
LADA ENLACE ETHERNET BAJA VELOCIDAD 8 Mbps	4

Tabla 3.3 Perfiles de suministro

### 3.2.2 Modelo de los Servicios Ethernet

El modelo se los servicios Ethernet, esta definido desde el punto de vista del Cliente y se compone de cuatro partes fundamentales:

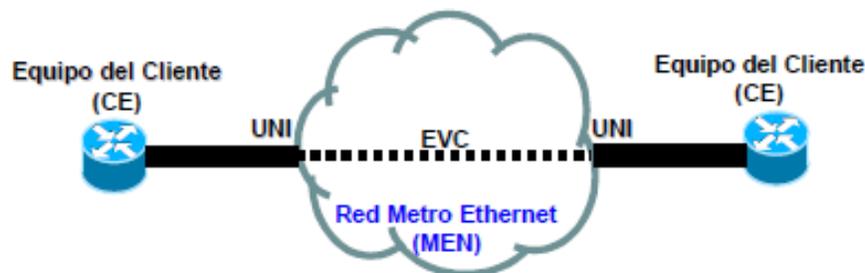


Fig. 3.4 Modelo de los servicios Ethernet.

- **Equipo del Cliente (CE; Customer Equipment):** Normalmente un Switch o un Router, que se conecta a la red de TELMEX como una Interfase de Red de Usuario en una interfase estándar Ethernet.
- **Interfase de Red de Usuario (UNI; User Network Interface):** Punto frontera entre el equipo del cliente y la Red de TELMEX para actividades de conectividad, aprovisionamiento, detección de fallas y administración.
- **Red Metro Ethernet (MEN; Metro Ethernet Network):** La red puede estar compuesta de una variedad de servicios y tecnologías como SDH, C/DWDM, RPR, QinQ, independientemente de la tecnología la conexión hacia el usuario será siempre Ethernet.
- **Conexión Virtual Ethernet (EVC; Ethernet Virtual Connections):** Actúa como una representación lógica de conectividad dentro de la red permitiendo la transferencia de tramas Ethernet entre dos o más UNI's.

### 3.2.2.1 Servicio Punto a Punto (P-P)

Los servicios con este tipo de conexión consisten en un circuito Ethernet punto a punto provisto entre dos sitios del cliente (interfase de usuario o UNI).

Se aprovisionan sobre diferentes tipos de infraestructura y ofrecen una gran variedad de anchos de banda, es atractivo para los clientes que requieren pocos enlaces (ya sea a un Centro de Datos o a proveedores de almacenamiento).

Para este servicio los circuitos a establecer serán con cobertura Local (dentro de la misma ciudad o localidad) y de Larga Distancia (entre ciudades).

### 3.2.2.2 Modo de operación Transparente

Conexión punto a punto orientada a puerto en el que solamente se asocia un EVC a la UNI, que tiene la característica principal de comportarse como un enlace dedicado, en donde la Red del operador telefonico es transparente para el cliente. Los protocolos de control de capa 2 del cliente viajan extremo a extremo por la red del carrier.

En este modo de operación el cliente podrá activar diferentes mecanismos inherentes a la tecnología ethernet, mismos que están descritos en la **norma de ingeniería para proporcionar el servicio lada enlace ethernet.**

### 3.2.2.3 Arquitectura de Red

La Arquitectura de Red para el servicio Punto a punto se muestra en la siguiente figura donde se observa que los niveles de red establecidos se conservan tanto en la red de transporte local como en la red de larga distancia.

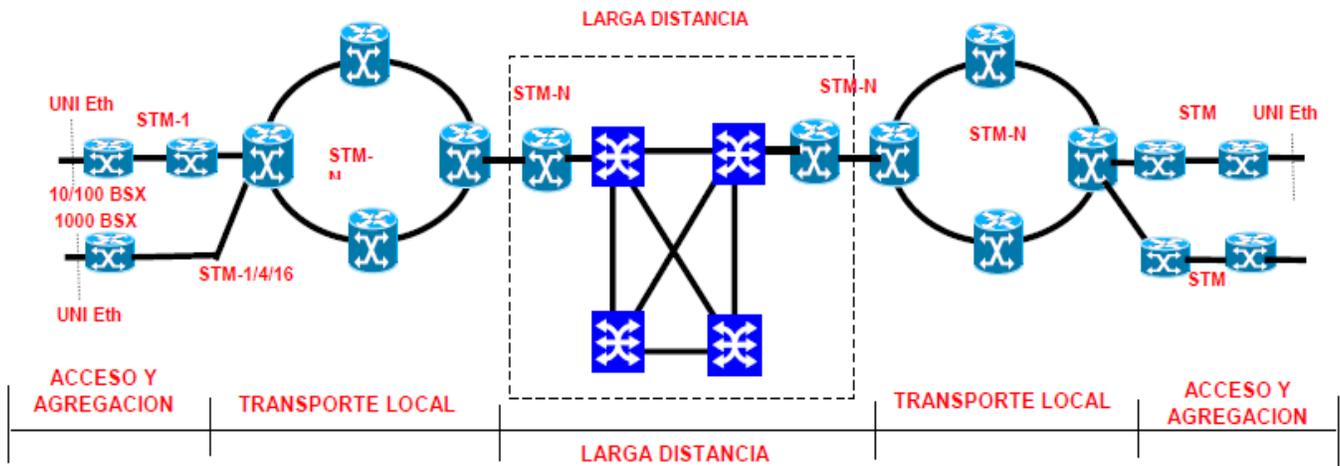


Fig. 3.5 Para transportar un servicio de 10 a 1000 Mbps se entrega a la red de acceso la cual lo agrupa en VC's empleando VCAT y el equipo de agregación realiza el mapeo empleando GFP y se transporta en la red.

### 3.2.3 Lada enlaces por F.O

El servicio LADA enlace Ethernet de alta capacidad es un servicio con el cual el cliente puede tener conectividad en anchos de banda desde 10 hasta 1000 Mbps, **(El servicio depende de la capacidad del anillo y el tipo de tarjeta que tenga implementado como solución el proveedor del equipo).**

La configuración para este servicio es punto a punto y punto multipunto (hub and spoke) transparente y se ofrece siempre y cuando exista la infraestructura necesaria en la red de acceso y la red de transporte (Local ó L.D.).

A continuación se listan las principales premisas para la prestación del servicio:

- El servicio se proporciona utilizando como medio de transmisión fibra óptica en configuración 1+0 para velocidades de 10 hasta 30 Mbps y 1+1 para velocidades de 40 hasta 1000 Mbps.
- Para servicios de 10 Mbps hasta 150 Mbps, el equipo que se instala en el sitio del cliente se conecta a un nodo RDA.
- Para servicios de 200 a 1000 Mbps, el equipo que se instala en el sitio del cliente se conecta de forma directa al equipo de transporte local.
- Para servicios de 10 hasta 150 Mbps la velocidad de transmisión entre el CPE y equipo central del carrier es de 155 Mbps (STM-1).
- Para servicios de 200 a 600 Mbps la velocidad de transmisión entre el CPE y el equipo central del carrier es de 622 Mbps (STM-4) y de 600 a 1000 Mbps es de 2.5Gbps (STM-16).
- El servicio LADA enlace Ethernet en su modalidad punto a punto se ofrece de forma local y nacional, en modalidad punto multipunto se ofrece de forma local.
- Para servicios de 10 Mbps hasta 100 Mbps se utiliza la interfaz eléctrica 10/100 BaseT con conector RJ-45. Para servicios mayores a 100 Mbps se utiliza la interfaz óptica de acuerdo al estándar Gigabit Ethernet Base Sx/Lx, 802.3Z en 850nm.
- El equipo de acceso en el lado central debe entregar tráfico a la red de transporte local en una interfaz SDH STM-n óptica. La Red de transporte debe contar con equipos que soporten interfaces STM-n para poder proporcionar este servicio<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> **G- 709**, SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES, Equipos terminales digitales – Generalidades SERIE Y: INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN, ASPECTOS DEL PROTOCOLO, INTERNET Y REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN, Aspectos del protocolo Internet – Transporte.

### 3.2.3.1 Topología punto a punto 10 a 30 Mbps

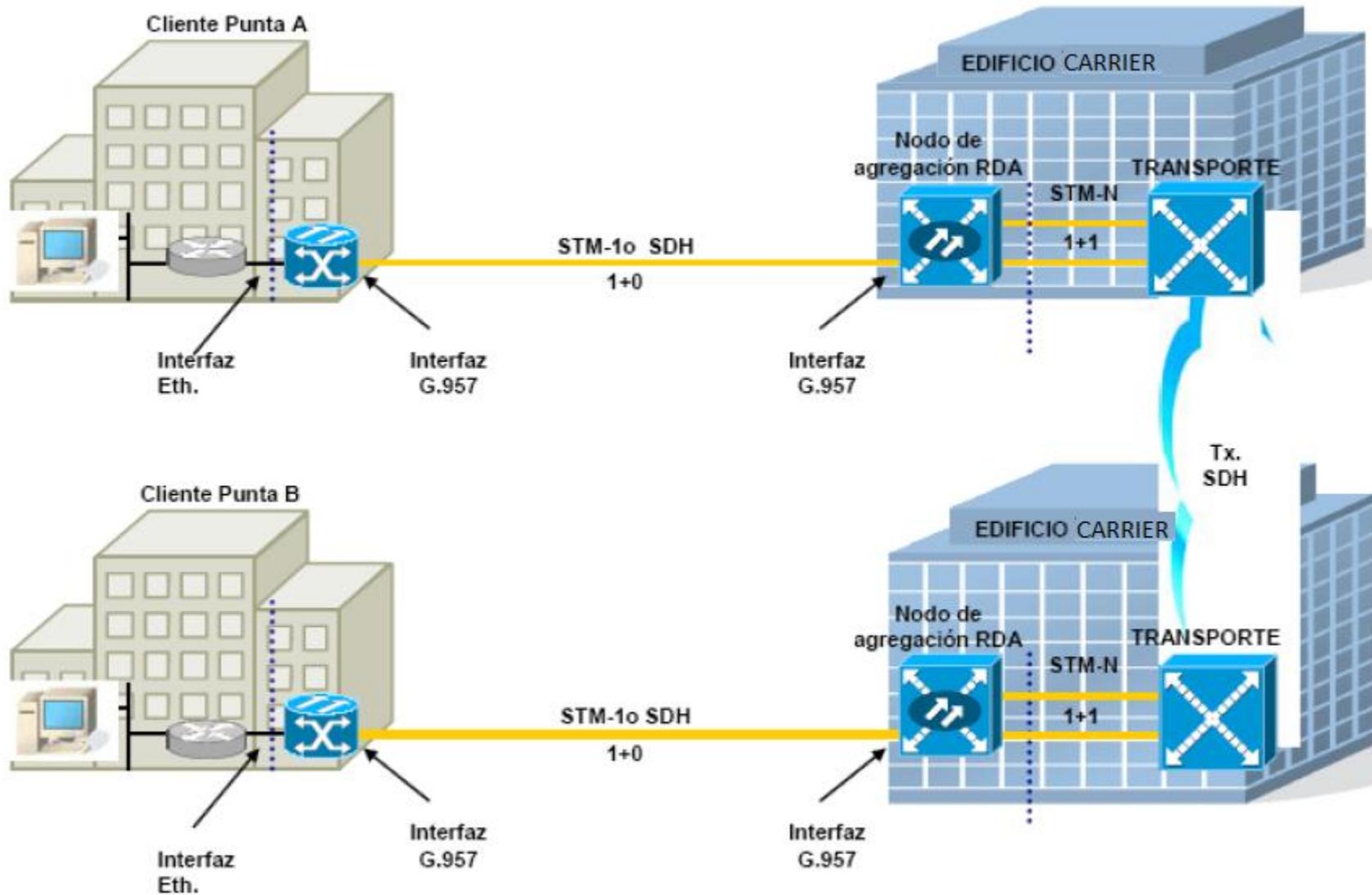


Fig. 3.6 Topología punto a punto 10 a 30 Mbps.

### 3.2.3.2 Topología punto a punto 40 a 150 Mbps

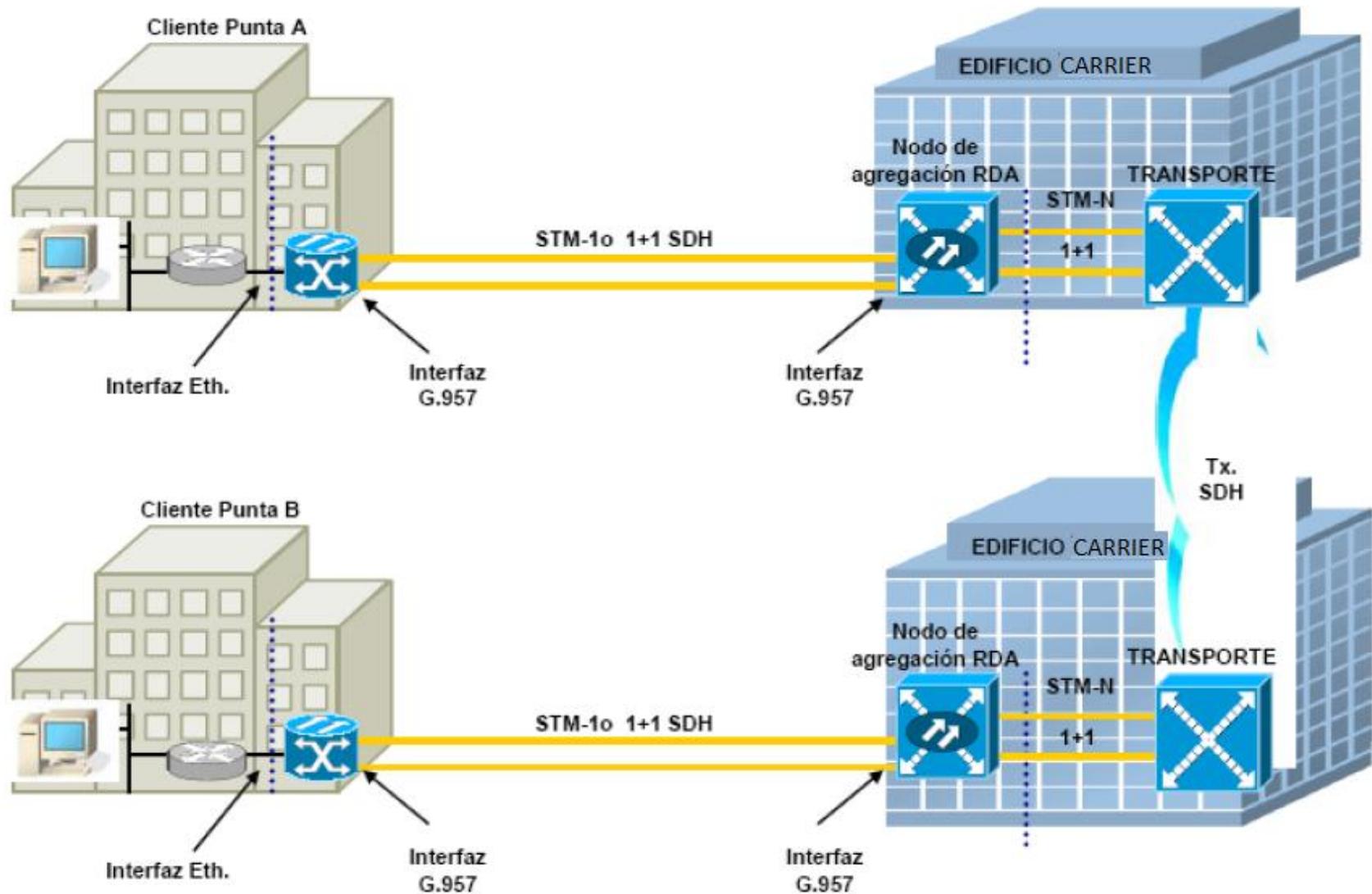


Fig. 3.7 Topología punto a punto 40 a 150 Mbps.

### 3.2.3.3 Topología punto a punto 150 a 1000 Mbps

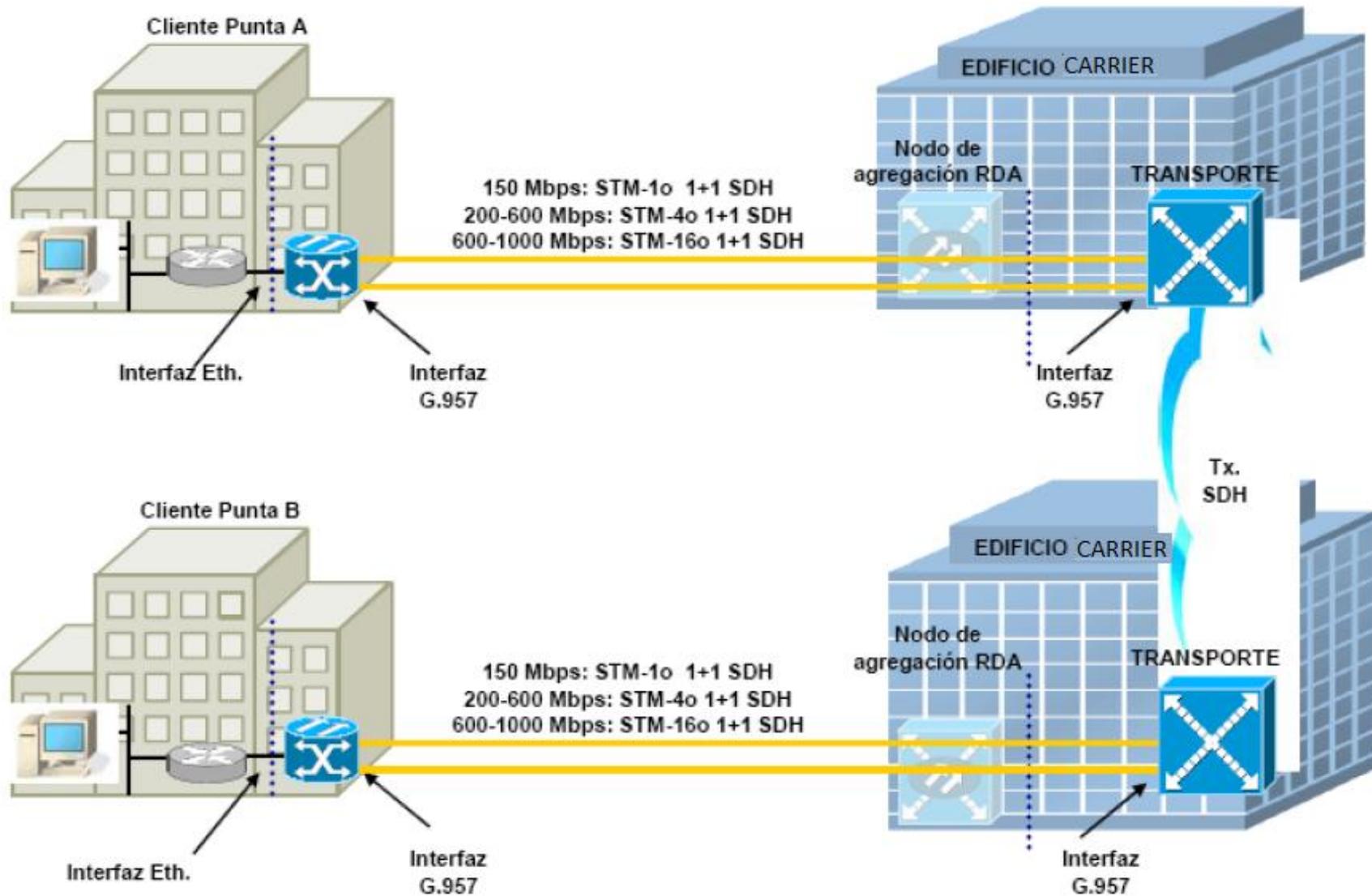


Fig.3.8 Topología punto a punto 150 a 1000 Mbps

### 3.2.3.4 Servicio Punto a Multipunto (P-MP)

Los servicios con este tipo de conexión consisten en un circuito Ethernet punto a multipunto provisto entre diferentes sitios del cliente (interface de usuario o UNI).

Cuando existen sólo dos UNIs en el circuito, se pueden agregar más si se requiere, lo cual lo distingue de la conexión punto a punto. El servicio puede proveer conectividad transparente entre sitios o un número limitado de conexiones virtuales. Cualquier sitio puede iniciar la comunicación con cualquier otro.

Para este servicio los circuitos a establecer serán con cobertura Local (dentro de la misma ciudad o localidad) y de Larga Distancia (entre ciudades).

### 3.2.3.5 Modo de operación Transparente.

Conexión punto a punto orientada a puerto en el que solamente se asocia un EVC a la UNI, que tiene la característica principal de comportarse como un enlace dedicado, en donde la Red del carrier es transparente para el cliente.

Los protocolos de control de capa 2 del cliente viajan extremo a extremo por la red del carrier. En este modo de operación el cliente podrá activar diferentes mecanismos inherentes a la tecnología ethernet, mismos que están descritos en la Norma de Servicios Ethernet.

Cuando el servicio contiene más de un EVC, se tiene una variante que es el E-Line Hub & Spoke, es cuando el cliente tiene la necesidad de tener varios enlaces punto a punto, partiendo de un nodo principal llamado hub y varios nodos remotos, los cuales serían enlaces punto a punto independientes.

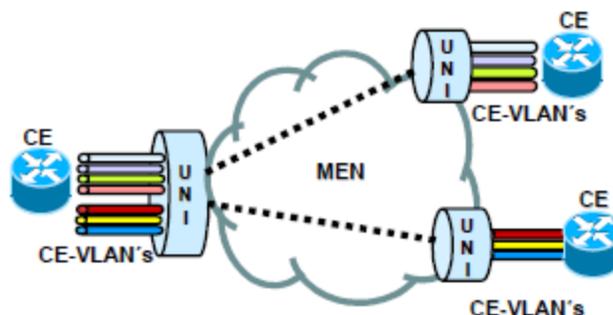
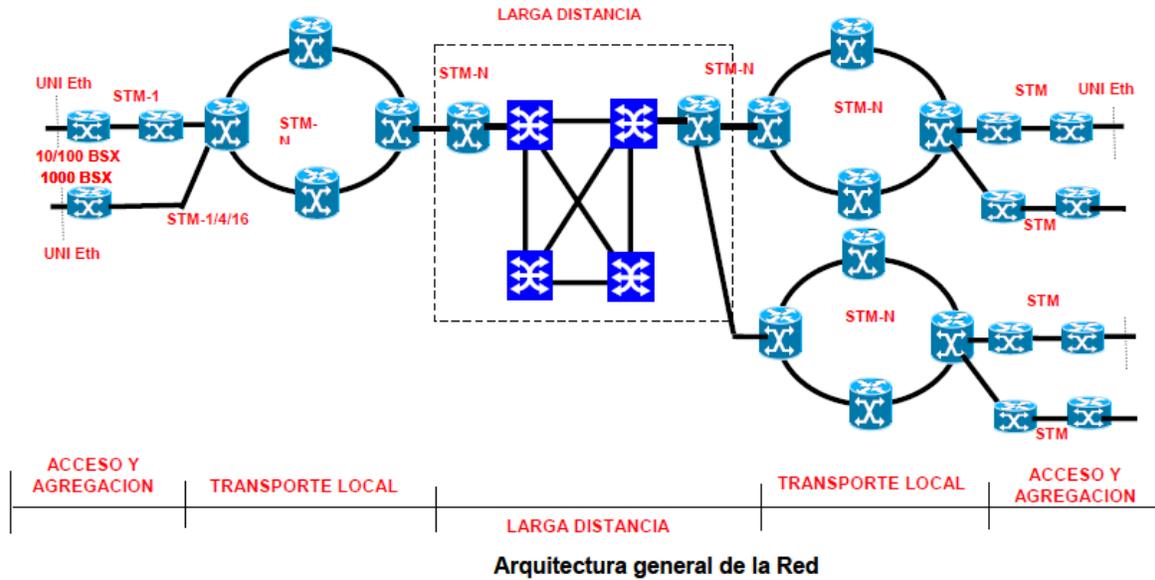


Fig.3.9 Ethernet Line (E-Line) Hub & Spoke

### 3.2.3.6 Arquitectura de Red para servicio punto multipunto

La Arquitectura de Red para el servicio Punto a multipunto se muestra en la siguiente figura donde se observa que los niveles de red establecidos se conservan tanto en la red de transporte local como en la red de larga distancia.



### 3.2.4 Topología punto multipunto (hub and spoke) 200 a 1000 Mbps

Para el servicio LADA enlace Metro Ethernet punto multipunto, se crean servicios punto a punto lógicos, es decir, cada sitio remoto tiene una conexión punto a punto con el sitio central de acuerdo al ancho de banda solicitado por cada sitio remoto,

En el sitio central, se entrega única y exclusivamente una interfaz Ethernet (eléctrica u óptica) hacia la red del usuario y dependiendo del ancho de banda contratado se entregan 1 ó 2 interfaces ópticas **SDH G.957**<sup>6</sup> hacia la red del carrier, el nivel de granularidad de los servicios remotos o spokes es a nivel de VC-12 y quien se encarga de conjuntar, el trafico es el switch Ethernet interno de cada equipo instalada en el sitio del cliente.

<sup>6</sup>Recomendación UIT-T G.957 Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona

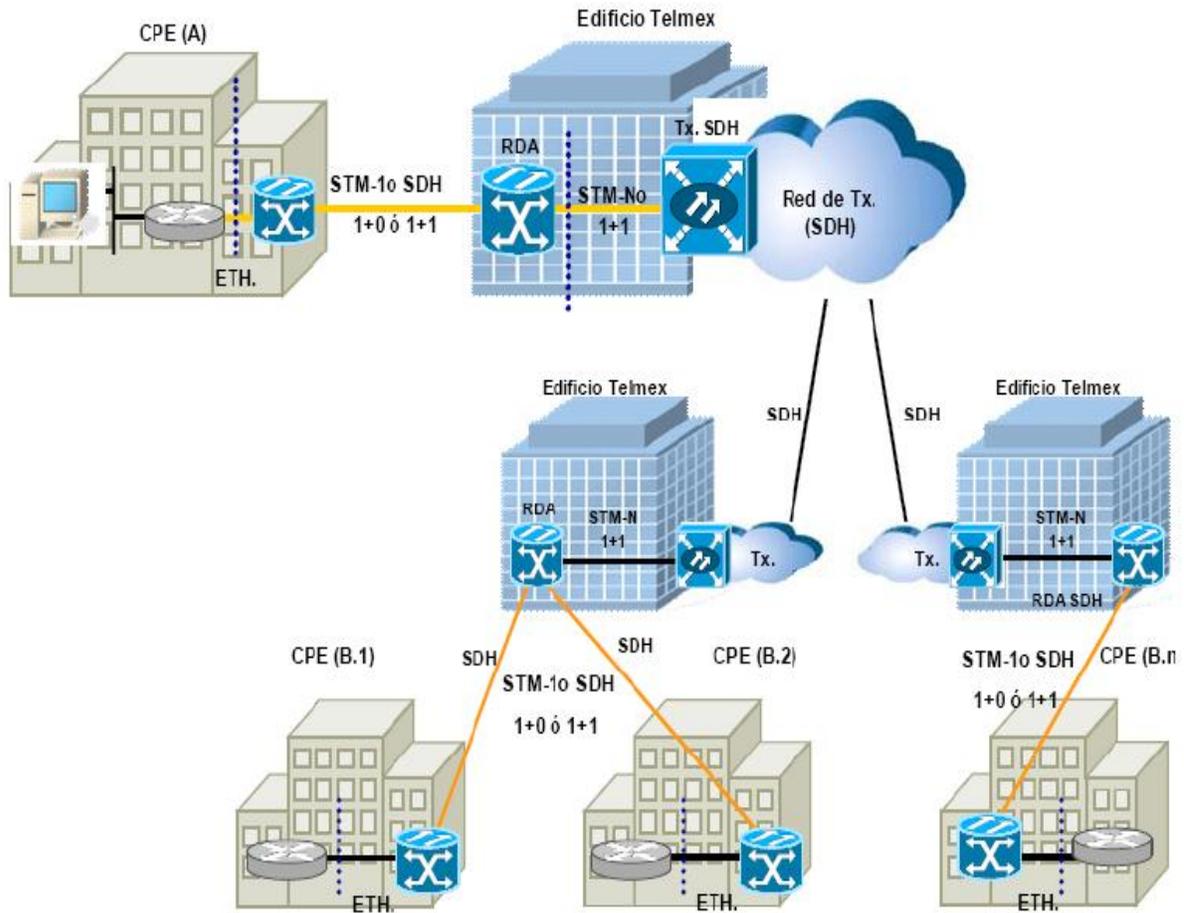


Fig. 3.10 Topología punto multipunto 150 a 1000 Mbps

**Interfaces** Es importante hacer notar que el ancho de banda de conexión entre el equipo del cliente y el CPE del operador telefónico es independiente al ancho de banda del servicio, de tal manera que es posible que un cliente que contrato 10 Mbps puede notar una velocidad de conexión mayor en la interfaz de su equipo, pero el ancho de banda real está determinado por la configuración en la red de acceso y transporte, de la misma manera, se debe poner especial atención en los casos en que el ancho de banda se pueda configurar entre el CPE y el equipo del cliente, para que dicho ancho de banda coincida con lo contratado.

A continuación se muestran las interfaces que se utilizan dependiendo del ancho de banda solicitado.

LADA enlace Ethernet	Interfaz equipo Carrier lado cliente	Velocidad de acceso (Mbps)	Tipo de protección de acceso	Interfaz lado central	Tipo de nodo lado central
10-30 Mbps	10/100Base-T RJ-45	STM-1(155 Mbps)	1+0	G.957	RDA Agregación
40-100 Mbps	10/100Base-T RJ-45	STM-1(155 Mbps)	1+1	G.957	RDA Agregación
100-150 Mbps	Ge Sx/Lx, 802.3z	STM-1(155 Mbps)	1+1	G.957	RDA Agregación
200-600 Mbps	Ge Sx/Lx, 802.3z	STM-4(622 Mbps)	1+1	G.957	Transporte local
650-750 Mbps	Ge Sx/Lx, 802.3z	STM-16(2.5 Gbps)	1+1	G.957	Transporte local

Tabla 3.4 interfaces que se utilizan dependiendo del ancho de banda solicitado.

Perfiles de suministro 10 a 100 Mbps				
LADA ENLACE	BW solicitado (Mbps)	BW REAL (Mbps)	VC-12	BW (Mbps)
FAST ETHERNET P-P DE 10 MBPS	10	10.86	5	10.86
FAST ETHERNET P-P DE 20 MBPS	20	21.72	10	21.72
FAST ETHERNET P-P DE 30 MBPS	30	32.58	15	32.58
FAST ETHERNET P-P DE 40 MBPS	40	43.44	20	43.44
FAST ETHERNET P-P DE 50 MBPS	50	54.3	25	54.3
FAST ETHERNET P-P DE 60 MBPS	60	65.16	30	65.16
FAST ETHERNET P-P DE 70 MBPS	70	76.02	35	76.02
FAST ETHERNET P-P DE 80 MBPS	80	86.88	40	86.88
FAST ETHERNET P-P DE 90 MBPS	90	97.74	45	97.74
FAST ETHERNET P-P DE 100 MBPS	100	102.084	47	102.084
GIGA BIT ETHERNET P-P DE 100 MBPS	100	102.084	47	102.084

Tabla 3.5 Perfiles de suministro 10 a 100 Mbps.

Perfiles de suministro 150 a 1000 Mbps						
LADA ENLACE GIGA BIT ETHERNET P-P	BW solicitado (Mbps)	BW REAL (Mbps)	VC-3	BW (Mbps)	VC-4	BW (Mbps)
150 MBPS	150	149.762			1	149.762 <sup>1</sup>
200 MBPS	200	193.62	4	193.62 <sup>1</sup>		
250 MBPS	250	241.9	5	241.9 <sup>1</sup>		
300 MBPS	300	299.522			2	299.522 <sup>1</sup>
350 MBPS	350	338.66	7	338.66 <sup>1</sup>		
400 MBPS	400	387.04	8	387.04 <sup>1</sup>		
450 MBPS	450	449.282			3	449.282 <sup>1</sup>
500 MBPS	500	483.8	10	483.8 <sup>1</sup>		
550 MBPS	550	532.18	11	532.18 <sup>1</sup>		
600 MBPS	600	599.042			4	599.042 <sup>1</sup>
750 MBPS	750	748.82			5	748.82 <sup>1</sup>
1000 MBPS	1000	1048.321			7	1048.32 <sup>1</sup>

Tabla 3.6 Perfiles de suministro 150 a 1000 Mbps

Para los servicios marcados con el superíndice “1” el ancho de banda real es menor al ofrecido comercialmente, esto es debido a la concatenación de los diferentes VC-n, el cliente puede optar por el siguiente servicio.

SERVICIO	ALTERNATIVA	PRIORIDAD	PROVEEDOR	LADO CENTRAL	LADO CLIENTE	INTERFAZ CLIENTE	TECNOLOGIA
ETHERNET 10-100 Mbps	FIBRA	DEPENDE DE LA REGIONALIZACION	ALCATEL	1650 OPTINEX	1642 FOX	10/100 Base Tx, RJ-45	SDH NG
			CISCO	ONS 15305	ONS 15302	10/100 Base Tx, RJ-45	SDH NG
			NEC	V-NODE	C-NODE	10/100 Base Tx, RJ-45	SDH NG
ETHERNET 150 Mbps	FIBRA	DEPENDE DE LA REGIONALIZACION	ALCATEL	1650 OPTINEX	1650 OPTINEX	Gigabit Ethernet Base Sx/Lx	SDH NG
			CISCO	ONS 15305	ONS 15305	802.3z	SDH NG
			NEC	V-NODE	V-NODE	1000 Base Sx/Lx	SDH NG
ETHERNET 200-600 Mbps	FIBRA	DEPENDE DE LA REGIONALIZACION	ALCATEL	1660 OPTINEX	1650 OPTINEX	Gigabit Ethernet Base Sx/Lx	SDH NG
			CISCO	ONS 15305	ONS 15305	802.3z	SDH NG
			NEC	V-NODE WBM	V-NODE	1000 Base Sx/Lx	SDH NG
ETHERNET 650-1000 Mbps	FIBRA	DEPENDE DE LA REGIONALIZACION	ALCATEL	1660 OPTINEX	1660 OPTINEX	Gigabit Ethernet Base Sx/Lx	SDH NG
			CISCO	ONS 15305	ONS 15305	802.3z	SDH NG
			NEC	V-NODE	V-NODE	1000 Base Sx/Lx	SDH NG

Tabla 3.7 Tabla de equipamiento por proveedor

### 3.2.5 Radio en enlaces E1

Cuando no se tengan facilidades de cobre y la distancia del enlace es hasta 50 kms, para servicios de hasta 4 E1's, utilizar equipos de los proveedores Mixbaal y Stratex del modelo de 4xE1, en caso de que no sea posible la instalación de equipo del proveedor Mixbaal o Stratex, se utilizan radios en bandas del carrier (8, 15 o 23 Ghz) de proveedores Alcatel y NEC.

Prioridad	Proveedor	Opción	Lado Central	Lado Cliente	Interfaz cliente	Tecnología
3	STRATEX	a	UTU-914	ETU-914	V.35, G.703	PDH 5.8 Ghz
4	MIXBAAL	a	LIAISSON 5800	LIAISSON 5800	V.35, G.703	PDH 5.8 Ghz
Depende de la regionalización	NEC	a	PASOLINK +	PASOLINK	G.703	SDH 8, 15, 23, GHZ
		b	PASOLINK MX	PASOLINK MX	G.703	SDH 8, 15, 23, GHZ
		c	PASOLINK V4	PASOLINK V4	G.703	SDH 8, 15, 23, GHZ
	ALCATEL	a	9400UX FLAT	9400UX FLAT	G.703	SDH 8, 15, 23, GHZ
		b	MELODY PDH	MELODY PDH	G.703	SDH 8, 15, 23, GHZ

Tabla 3.8 Radio enlaces E1.

#### 3.2.5.1 Radio en la red de transporte

Si la red de transporte no cuenta con diversidad de trayectoria como en topologías de punto a punto y bus, se debe proteger este enlace preferentemente con otro medio de transmisión, siempre y cuando el ancho de banda de la demanda de servicios TDM y Ethernet de la red de acceso supere los 45 Mbps, tal como se muestra en la figura 3.11

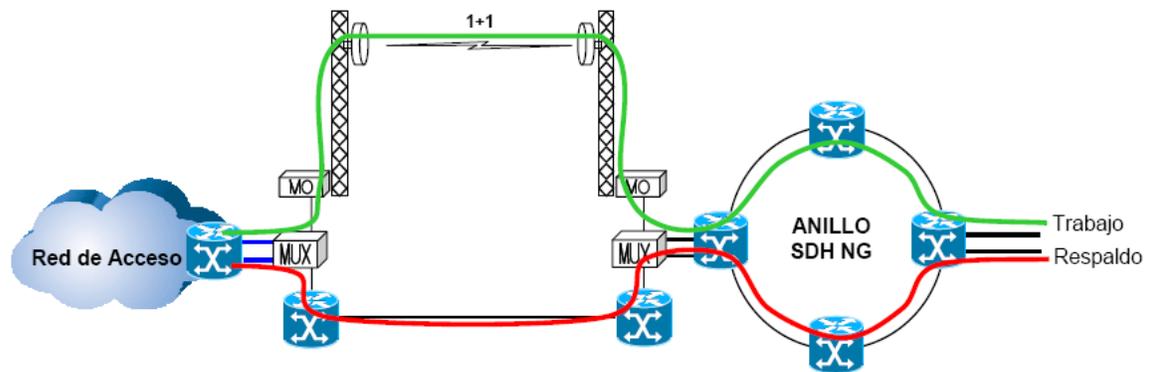


Fig. 3.11 Radio en la red de transporte

Los enlaces de trabajo y de respaldo deben de enrutarse en la red de transporte (local y larga distancia) por trayectos diferentes.

- Proceso de suministro de Lada enlaces**  
 A continuación se muestra un diagrama del proceso de suministro de Lada enlaces, en el que se observan las interrelaciones de las áreas que participan.

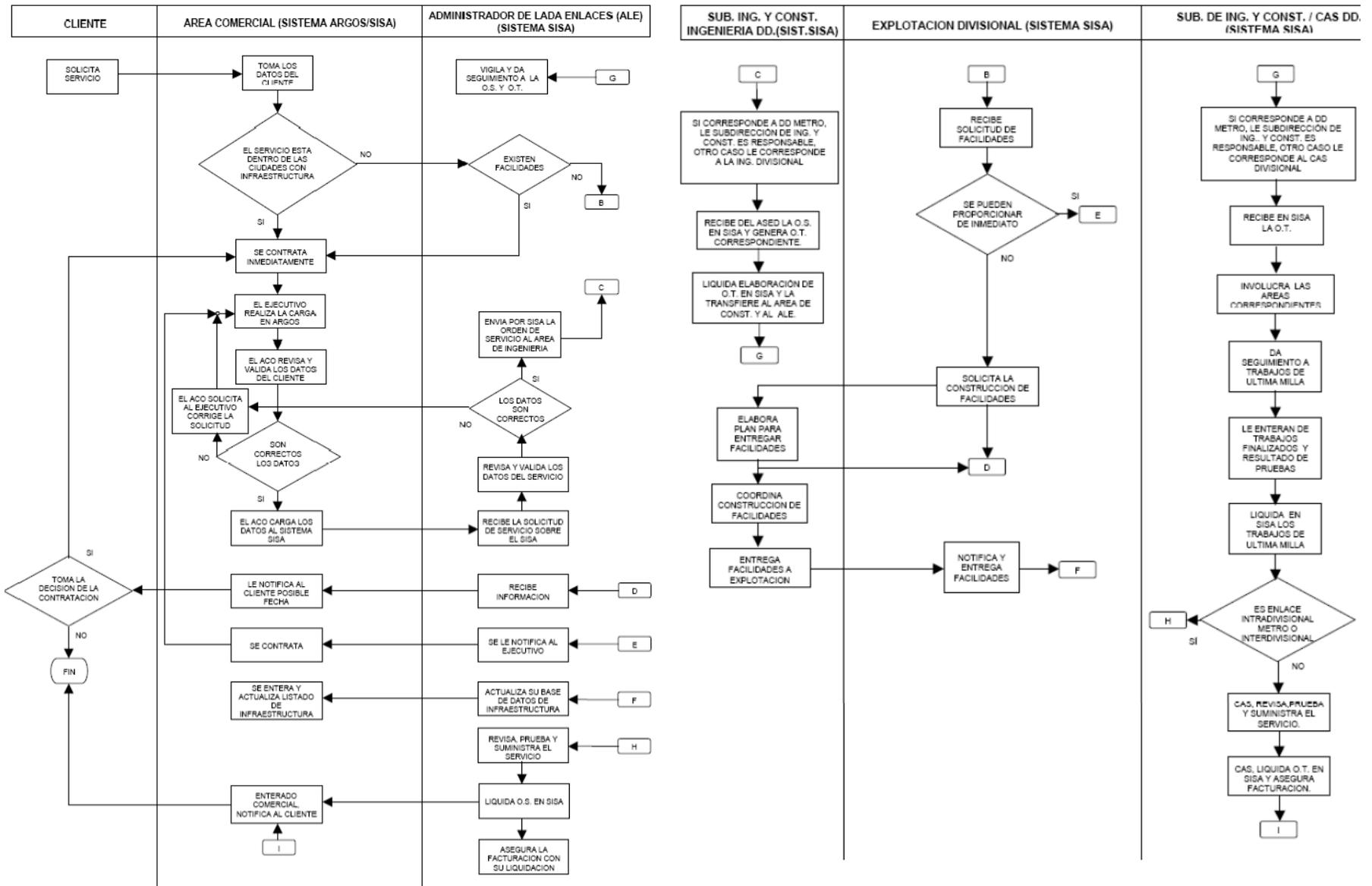


Fig. 3.12 Proceso de suministro de Lada enlaces

### 3.3 Dimensionamiento de equipos para Lada enlaces

El transporte de datos Ethernet e IP sobre NG SDH facilita la prestación de nuevos servicios como los impulsados por el MEF (Foro Metro Ethernet), estos servicios demandan parámetros de desempeño de la red que para evaluarse requieren a su vez de nuevos equipos de medición, equipos como el MTS 8000 de JDSU y el FTB-400 (con modulo FTB-8510 Packet Blazer). Estos equipos cumplen con el standard internacional (MEF) y se deben ser homologados por carrier que los utilice

Los servicios Metro Ethernet son pensados para proporcionar los enlaces para aplicaciones de datos, voz e incluso video, transportando la información a través de conexiones virtuales, en tramas Ethernet.

Los equipos que utiliza el operador telefónico de esta familia son:

- **ONS 15302**, Es un equipo que utiliza la tecnología SDH con capacidad de transporte STM-1 (155.520 Mbps) y con tipo de carga hasta 100 Mbps, tipo Fast ethernet<sup>7</sup>
- **ONS15305** Es un equipo que utiliza la tecnología SDH con capacidad de transporte STM-4 (622.080 Mb/s) y con tipo de carga hasta 100 1Gbps, tipo Giga bit ethernet<sup>8</sup>
- **ONS 15454** Equipo utilizado entre anillos a nivel STM-16 (2488.320 Mbps) , que es configurable respecto a las necesidades del cliente

Cada aplicación demanda diferentes parámetros de desempeño de la red, para poder evaluarlos se pueden utilizar las siguientes dos vertientes:

- Parámetros de desempeño para una conexión Ethernet fijada por el MEF.

---

<sup>7</sup> **Fast Ethernet** o Ethernet de alta velocidad es el nombre de una serie de estándares de IEEE de redes Ethernet de 100 Mbps (megabits por segundo).

<sup>8</sup> **Gigabit Ethernet**, también conocida como GigaE, es una ampliación del estándar Ethernet (concretamente la versión 802.3ab y 802.3z del IEEE) que consigue una capacidad de transmisión de 1 gigabit por segundo, correspondientes a unos 1000 megabits por segundo de rendimiento contra unos 100 de Fast Ethernet (También llamado 100BASE-TX).

<http://goo.gl/rkqNG>

- Parámetros de desempeño y procedimiento para evaluar un elemento de interconexión (networking) de la RFC 2544.

A continuación presentaremos los parámetros de desempeño a medir en estos servicios, así como la metodología para hacerlo, presentando diferentes posibles escenarios.

Las redes que utilizan los Lada enlaces son las redes de acceso o ultima milla en los extremos del enlace y las redes intermedias de transporte local y/o el transporte de larga distancia.

Los equipos de transmisión instalados en dichas redes son de varios proveedores y están regionalizados en las diferentes áreas del país, es decir en la zona norte por ejemplo se utilizan preferentemente equipos de transmisión del proveedor NEC.

Es muy importante realizar el dimensionamiento de los equipos, en función de las necesidades de los clientes y de acuerdo a la tecnología de los proveedores instalada en la región correspondiente.

A continuación se describe un ejemplo de dimensionamiento para el caso del proveedor cisco.

La familia ONS de equipos CISCO, son nodos de la red de telecomunicaciones que extienden la frontera de la red multiservicios, hacia el sitio del cliente. Estos nodos tienen gran variedad de interfaces y trabajan con tecnología SDHNG haciendo que los servicios de voz y datos con formato TDM ó Ethernet se puedan integrar en una trama SDH convencional para transportarse de manera transparente a través de fibras ópticas entre los sitios del cliente.

### 3.3.1 15302

ONS 15302 es un dispositivo de acceso compacto que combina tráfico ethernet y tráfico TDM para transportarlo sobre una estructura SDH STM-1 en redes de fibra óptica monomodo (SM) o multimodo (MM). En otra versión de hardware, el dispositivo está provisto con un interfaz eléctrico STM-1.

Cada tributario E1 se mapea en un VC-12 mientras que el tráfico Ethernet se configura en nxVC-12 o nxVC-3 para formar la interfaz de salida SDH STM-1.

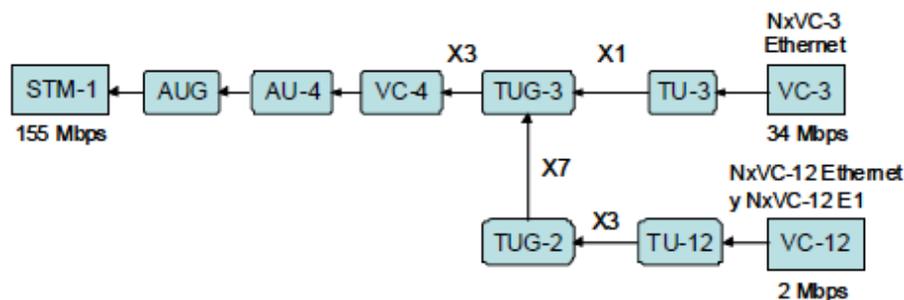


Fig. 3.13 ONS 15302

**Parte TDM** La parte TDM de este dispositivo trabaja solamente como multiplexor terminal. La cantidad de tributarias TDM es de 12 con capacidad de 2048 Kbps cada una (E1). Los puertos tributarios pueden estar acondicionados para trabajar a 120 ó 75 ohms. Cada tributario puede configurarse individualmente de dos modos:

- Modo transparente en el que la información se transmite sin una estructura de trama (G.703)
- ISDN con estructura de acceso primario (PRI).

**Parte Ethernet**, La parte Ethernet del ONS 1532 es un puente (bridge) con 4 puertos LAN y 4 puertos WAN. Los puertos LAN soportan 10/100 Base T Ethernet para cable UTP.

Cada puerto puede tener su propia dirección MAC, pero en la mayoría de las configuraciones, con una sola dirección MAC para todo el puente es suficiente.

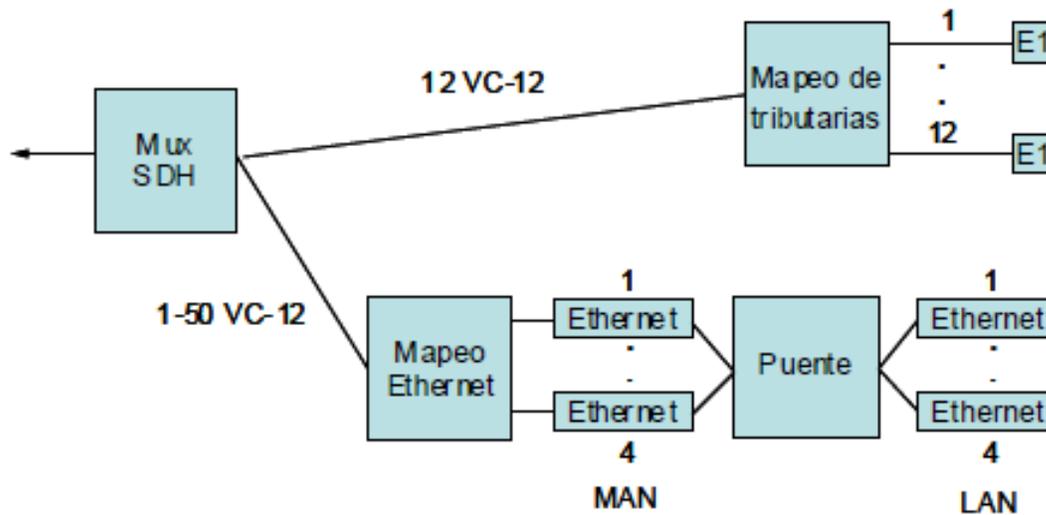


Fig. 3.14 Parte Ethernet.

### 3.3.2 15305

El ONS 15305 es un dispositivo que integra las funciones de un multiplexor inserción/extracción (ADM) de tecnología SDH y un conmutador (switch) para combinar tráfico TDM (E1, E3/T3, STM1, STM4 y STM16) y Ethernet (10/100 Base T, GigE) y conducirlo a través de un enlace SDH de hasta 2.5 Gbps.

Tiene una matriz de cross-conexión de 64X64 con granularidad de VC- 12/VC-3 y VC-4.

Este dispositivo es de gran flexibilidad para proporcionar diferentes servicios debido a que se compone de un armazón con 4 ranuras en las que se pueden insertar gran variedad de módulos de tráfico, dependiendo de las necesidades del cliente.

- **Parte TDM** La parte TDM del ONS 15305 puede trabajar como multiplexor terminal, multiplexor de inserción/extracción ó cross-conector.
- **Parte Ethernet** La parte Ethernet del ONS 15305 es un conmutador (switch) para conexión de LAN y WAN.
- **Mapeo** El mapeo se hace de acuerdo a la estructura SDH que se muestra a continuación:

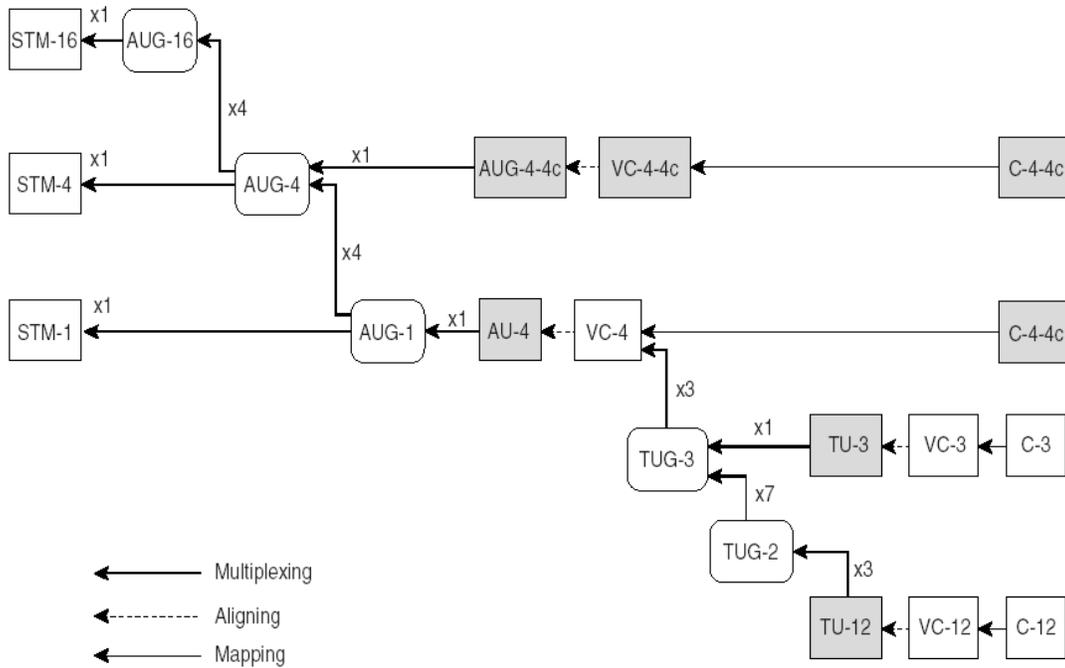


Fig. 3.15 Estructura de mapeo para el cisco 15305.

### 3.3.3 Equipo en el sitio del cliente

En este caso el ONS 15305 se utiliza como equipo terminal de clientes muy grandes o como equipo terminal para varios clientes pequeños en un mismo edificio. El equipo tiene conexión a la red de transporte mediante fibra óptica.

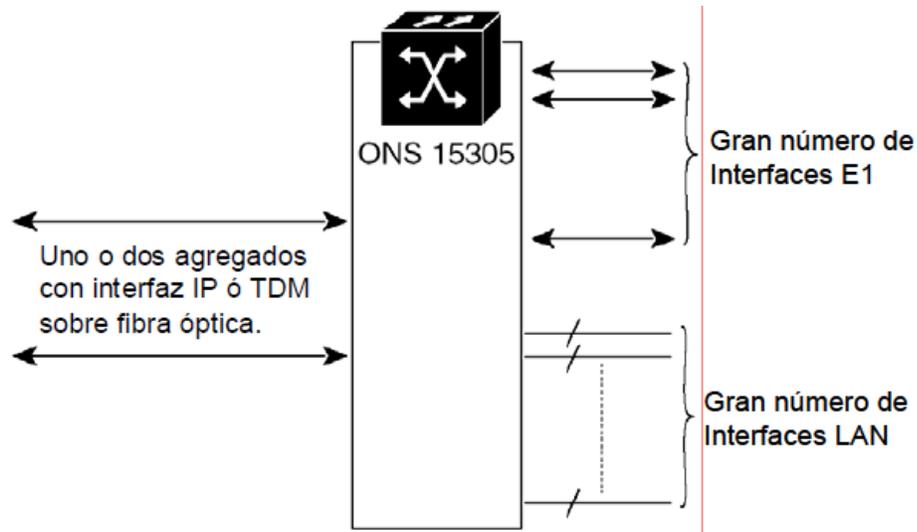


Fig. 3.16 Equipo terminal de clientes.

**Concentrador de pequeña capacidad** En este caso el ONS 15305 se conecta con varios clientes mediante diferentes medios de transmisión. El ONS 15305 opera como interfaz entre la red de acceso y la red de transporte.

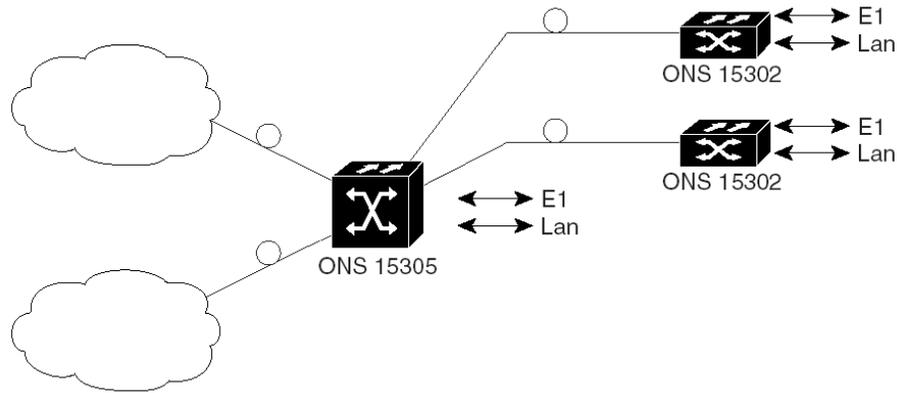


Fig. 3.17 Concentrador de pequeña capacidad.

**Concentrador de alta capacidad** Esta aplicación se usa cuando la cantidad de interfaces del ONS 15305 no es suficiente para la conexión de muchos clientes.

El tráfico existente en la red de acceso lo manejan varios ONS 15305, los cuales se agrupan hacia dos ONS 15305 que trabajan como concentradores y tienen conexión redundante hacia la red de transporte.

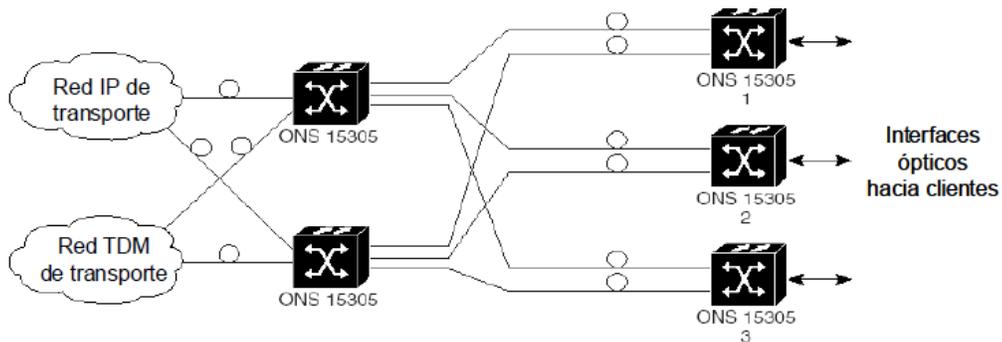


Fig. 3.18 Concentrador de alta capacidad.

**ADM** En esta aplicación el ONS 15305 puede trabajar tanto con tributarias IP como TDM.

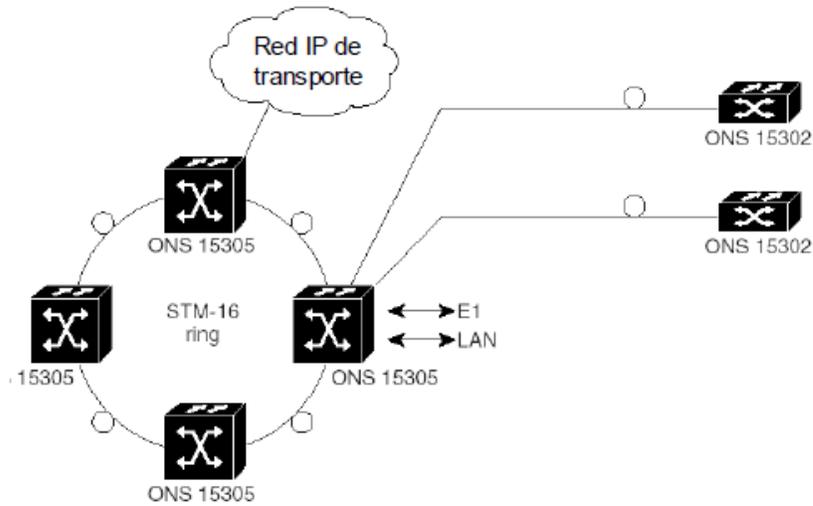


Fig. 3.19 ADM

**Protección** La posibilidad de protección del ONS 15305 es de dos modos:

- Protección MSP 1+1
- Protección SNC<sup>9</sup>

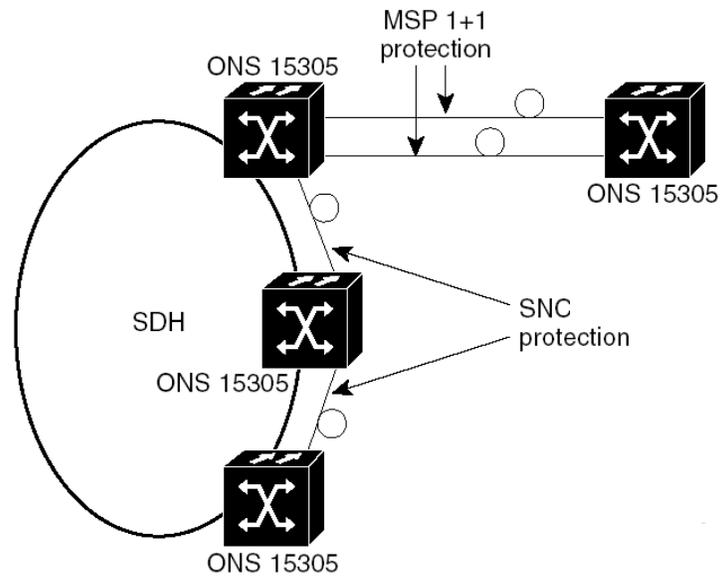


Fig. 3.20 tipo de protecciones

<sup>9</sup> NORMA DE INSTALACION DE LOS EQUIPOS ONS 15302 y ONS 15305

## **Anexo 1**

### **Tecnología SDH (Jerarquía Digital Síncrona)**

La demanda de nuevos servicios, los requerimientos de mayor calidad de las comunicaciones y el incremento de la transmisión de voz, datos e imágenes, nos llevan a tener nuevas demandas de sistemas de transmisión con mayores ventajas que satisfagan o que permitan implementar sistemas que cubran estas necesidades de comunicación. Como respuesta a esto, se definió un nuevo sistema conocido como Jerarquía Digital Síncrona, SDH.

Esto ha permitido el optimizar los costos e incrementar la calidad de las telecomunicaciones porque se utilizan sistemas que requieren menos mantenimiento, son más confiables y tienen más capacidad para transportar canales. Pero además de estas ventajas, tiene la característica de contar con más facilidades de administración de red lo cual nos lleva hacia la tendencia a formar una red de redes.

La SDH será la infraestructura que permita el transporte de grandes volúmenes de datos a altas velocidades, constituyendo lo que algunas revistas han dado por llamar la supercarretera de la información.

#### **A1 Características de los sistemas SDH**

La SDH puede ser introducida conectándose con las redes ya existentes, como son los sistemas PDH que tenemos actualmente y que se pueden conectar a los sistemas SDH y ser transportados a través de los sistemas SDH en forma transparente.

Los sistemas SDH permiten el mezclar los sistemas PDH con norma europea European Telecommunications Standardization Institute (ETSI) o con norma americana American National Standards Institute (ANSI). De esta forma, en un mismo sistema podemos llevar ambas señales de sistemas PDH como lo es la señal con norma americana de 1.544 Mbit/s y la señal con norma europea de 2.048 Mbit/s.

- **Tiene compatibilidad Horizontal.** La SDH tiene una normalización en la línea, es decir, hacia el medio de transmisión, que permite el mezclar equipos de diferentes proveedores en el mismo sistema de transmisión.
- **Está preparado para futuras aplicaciones.** Los sistemas SDH están preparados para transportar las ya existentes señales de sistemas PDH y las futuras señales de modo de transferencia asíncrono ATM, pero la tecnología está abierta para incluir otras aplicaciones tales como las de la televisión de alta definición (HDTV) y las de redes de área metropolitana (MAN).
- **Realiza una multiplexación más práctica.** Una señal SDH está compuesta de señales de más bajo nivel, es decir, señales de más bajas velocidades enclavadas como en los actuales sistemas PDH. Sin embargo, los sistemas SDH de más bajo nivel pueden ser fácilmente identificados de los sistemas de más alto nivel. Esto hace posible el segregar y el agregar (add and drop) a partir de los canales de tráfico incrustados en los sistemas SDH en forma mucho más simple que en los sistemas PDH, lo cual también hace más versátiles y económicos estos sistemas.
- **Tiene canales para la administración de red.** En la señal misma del SDH están incrustados canales de datos para la operación y el mantenimiento de la red SDH y por tanto, están disponibles en los elementos de la red SDH. La SDH permite el control centralizado de la red. Esto se logra a través de los canales de administración de la red dentro de la señal de la SDH y por medio de sus recomendaciones, el ajuste de los elementos de la red SDH.

## A.2 Velocidades de SDH

El siguiente (tabla A.1) muestra las velocidades de la Jerarquía Digital Síncrona SDH Cabe mencionar que el nivel STM-64 aun cuando la mayoría de los fabricantes ya lo desarrolló a nivel experimental, todavía no se aplica a nivel comercial.

Nivel SDH	Designación de la señal	Velocidad Mbit/s
001	STM-1	155.520
004	STM-4	622.080
016	STM-16	2488.320
064	STM-64	9953.280

tabla A.1 Velocidades SDH

- **Estándar Americano** SONET es la Jerarquía Estandarizada de Transmisión Óptica. Su nombre proviene del Inglés Synchronous Optical network y fue propuesto por BellCore y estandarizado por ANSI, por lo que se considera la norma americana de SDH. La siguiente tabla (A.2) muestra las velocidades de SONET:

Nivel Sonet	Velocidad Mbits/s	Compatibilidad
STS 1	51.840	
STS 3	155.520	con STM-1
STS 9	466.560	
STS 12	622.080	con STM-4
STS 18	933.120	
STS 24	1244.160	
STS 36	1866.240	
STS 48	2488.320	con STM-16

Tabla A.2 Estándar Americano.

### A.3 Estructura Básica de la Multiplexación

La estructura de multiplexación del SDH le permite transportar distintos tipos de señales. En la siguiente (figura A.1) se muestra cómo se acomodan las cargas o señales de información que transportan los sistemas SDH.

## INTERCONEXION DE SISTEMAS PDH AL SDH

### ESTRUCTURA BASICA DE MULTIPLEXION

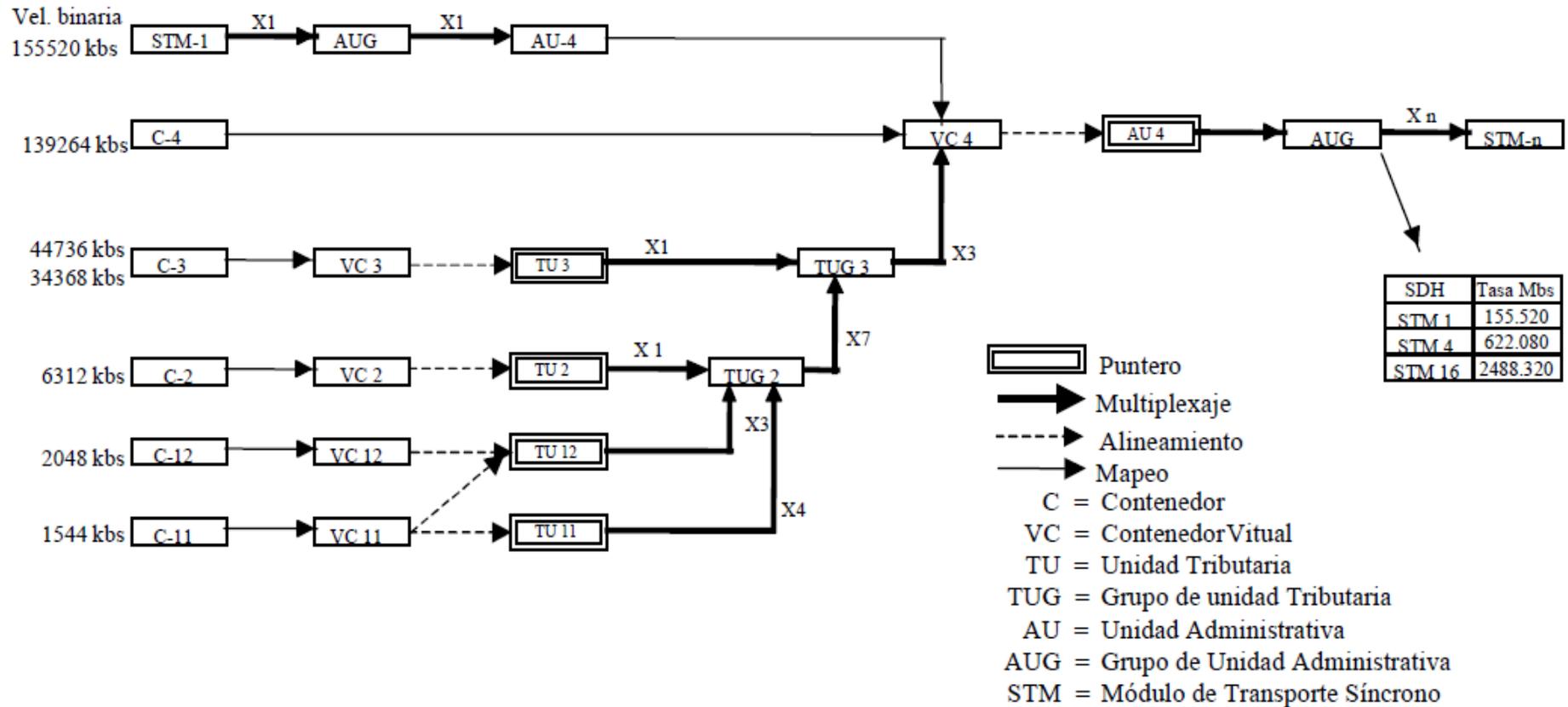


Fig. A.1 Estructura Básica de la Multiplexación

El método para multiplexar las señales de bajo orden a la señal requerida de orden SDH se ilustran en las siguientes figuras. A continuación describiremos sus principales elementos.

- **Contenedor (C-n)** Es la estructura que forma la carga útil de información. Es la "caja o recipiente" en el cual se colocan las señales de información de entrada. Para diferentes contenedores, se dan reglas para el mapeo o adaptación de las distintas velocidades de los flujos de entrada hacia la estructura SDH. En particular los contenedores dan una justificación para las señales PDH (similar a lo que se ha implementado en PDH). La justificación compensa las desviaciones en frecuencia entre la señal PDH entrante y el sistema SDH. El dígito n define el nivel del contenedor y se refiere al nivel de la velocidad de PDH que se acomoda en el contenedor. El nivel más bajo se subdivide en dos, el C-11 para el primer orden americano de 1544 kbits/s y el C-12 para el primer orden europeo de 2048 kbits/s.
- **Contenedor Virtual (VC-n).** Estructura de información usada para establecer conexiones entre los distintos niveles del trayecto. En el Contenedor Virtual (VC) se agregan las facilidades para la supervisión y el mantenimiento (encabezado) de las trayectorias de punta a punta del contenedor o grupos de unidades tributarias. Los contenedores virtuales llevan información de extremo a extremo entre dos puntos de acceso de trayectoria a través del sistema SDH.
- **Unidad Tributaria (TU-n).** En las unidades tributarias se agregan apuntadores a los contenedores virtuales. Un apuntador permite al sistema SDH el compensar las diferencias de fase o frecuencia dentro de la red SDH y también localizar el inicio del contenedor virtual. El dígito n se refiere al nivel del contenedor virtual que corresponde directamente con la unidad tributaria.
- **Grupo de Unidad Tributaria (TUG-n).** Un grupo de unidades tributarias agrupa a varias unidades tributarias (TU-n) que se multiplexan juntas. El dígito n se refiere al nivel de Unidad Tributaria que corresponde

directamente con el grupo de Unidad(es) Tributaria(s), como en el caso donde no se requiere multiplexación (TU-3 y TUG-3)

- **Unidad Administrativa (AU-n).** Su función es el agregar apuntadores a los contenedores virtuales, en forma similar que con las unidades tributarias. Estructura de información que adapta información entre la trayectoria de alto orden y la sección multiplexora.
- **Grupo de Unidad Administrativa.** Un grupo de unidades administrativas agrupa a varias unidades administrativas que van juntas para formar un sistema SDH de primer orden. En la multiplexación, de acuerdo con la estructura de la ETSI, el AUG es idéntico a la única Unidad Administrativa que se define.
- **Módulo de Transporte Síncrono (STM-n).** En el módulo de transporte síncrono se agregan las facilidades para la supervisión y el mantenimiento (sección de encabezado SOH) de las secciones de multiplexor y de regeneradores a un número de grupos de unidades administrativas. El dígito n define el orden del módulo de transporte síncrono. En la estructura de multiplexación, n también es el número de AUGs o STM-1s que son transportados en el módulo.
- **Entrelazado de Bytes.** Existen dos métodos de multiplexar para formar un STM-N. Uno es el de multiplexar STM-1's, es decir, tener varios STM-1 y multiplexar byte a byte para formar el STM-N. Otro es multiplexar AU-4's y luego agregar un SOH especial para formar el STM-N. El primer método es el más utilizado. La forma de hacerlo se llama "entrelazado de bytes". Esto se ilustra en la siguiente figura (A.2):

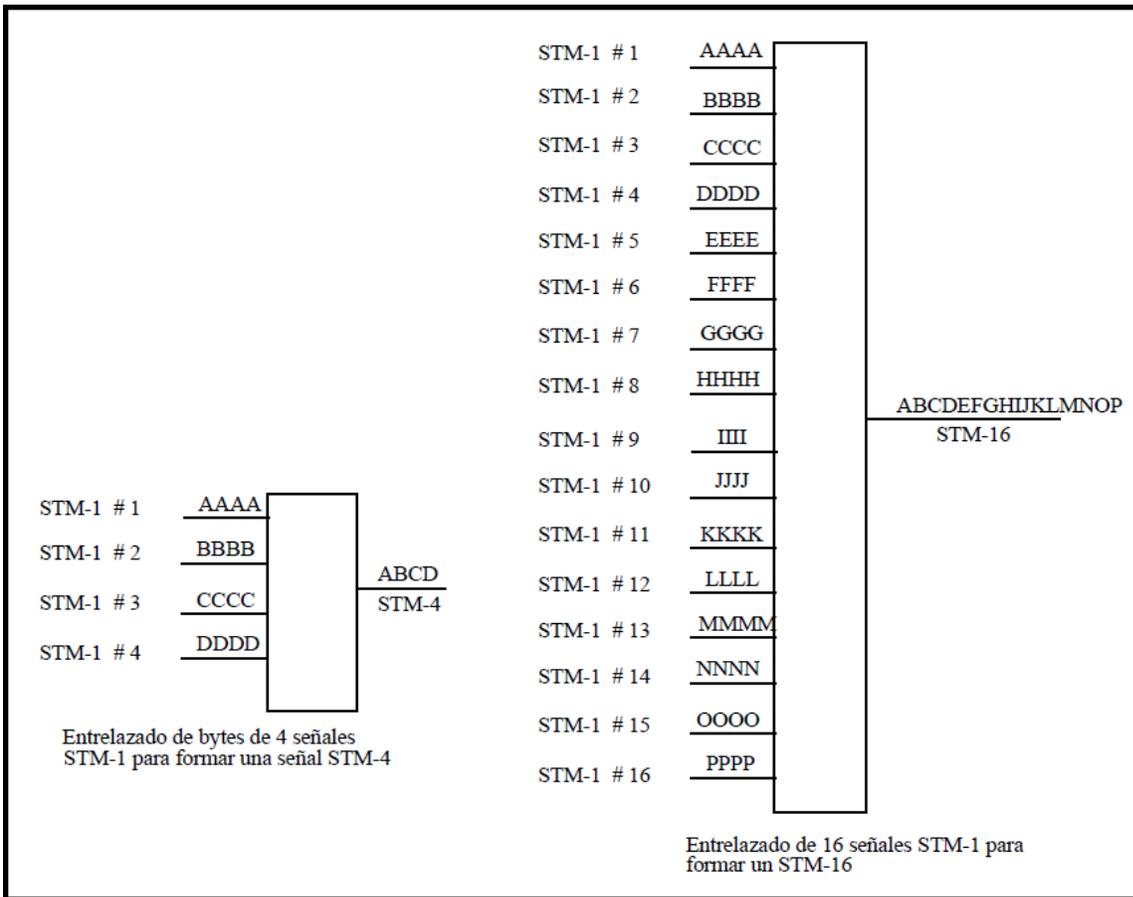


Fig. A.2 Entrelazado de bytes usado en multiplexación SDH.

### A.4 Estructura de una Señal SDH

La estructura de la señal de un sistema de transporte SDH se divide en dos grande partes:

El encabezado de sección (SOH), que si hacemos una analogía lo podíamos imaginar como la cabina o la máquina de un tren y

La carga útil (payload) que se podría imaginar como el trailer o los trenes de carga.

A continuación tenemos la estructura de una señal SDH de nivel uno (figura A.3):

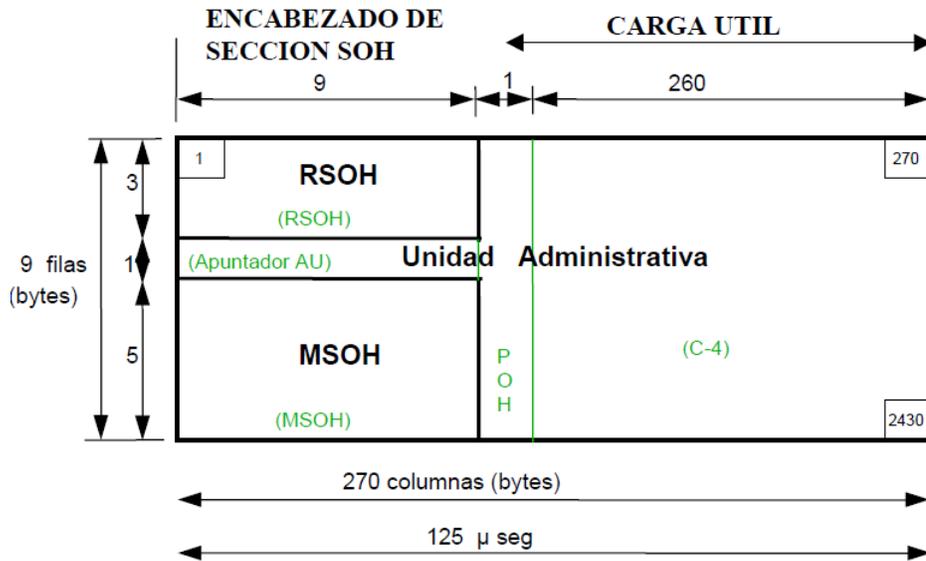


Fig. A.3 STM-1: Modulo de Transporte Síncrono de Nivel 1.

- Los primeros 9 bytes en cada fila llevan información que el sistema utiliza para sí mismo.
- La sección de encabezados es: SOH = RSOH + MSOH.
- Encabezado de Sección para Regeneradores (RSOH) que tiene tres filas por nueve bytes.
- Encabezado de la Sección Múltiple (MSOH) que tiene cinco filas por nueve bytes.
- Un apuntador, que ocupa 9 bytes de una fila.
- Los restantes 261 bytes por fila se utilizan para la capacidad de transporte o carga útil del sistema SDH. Sin embargo, parte de esa capacidad el sistema SDH la utiliza para encabezados adicionales.

### A.5 Velocidad de un STM-1

La trama del STM-1 se transmite a 8000 veces por segundo, la cual también es la velocidad de muestreo de un sistema PCM, por lo tanto, el periodo de la trama es de 125 μs.

La velocidad de transmisión del STM-1 se obtiene de la siguiente forma:  
velocidad= (8000 tramas/seg)\*(9 filas/trama)\*(270 bytes/fila)\*(8 bits/byte)  
velocidad= 155,520 Kbits/s.

- **Forma de transmisión.** Como en muchas otras redes de telecomunicaciones, lo que se transmite es simplemente un tren de bits. El tren de bits de la señal SDH es una cadena de bytes (cada byte tiene ocho bits). También sabemos que las señales PDH y SDH se pueden subdividir en varios canales para diferentes aplicaciones.

De acuerdo con la figura anterior, la señal STM-1 se puede ver como una trama formada por 9 filas y 270 columnas. La secuencia de transmisión es una fila a la vez, comenzando desde arriba.

Cada fila se transmite de izquierda a derecha y cada byte se transmite primero comenzando por el bit más significativo (MSB o Most Significant Bit).

- **SOH de un STM-1.** Las señales SDH, cualquiera que sea su nivel jerárquico, es decir, ya sean STM-1, STM-4, STM-16 o STM-64, llevan un encabezado de sección SOH (Section Overhead), en donde se lleva información adicional y se divide en dos partes:
  - El encabezado de sección de regeneradores (RSOH) (Figura A. 4)
  - El encabezado de sección múltiplex (MSOH) (Figura A. 4)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
RSOH	1	A1	A1	A1	A2	A2	A2	C1		
	2	B1			E1			F1		
	3	D1			D2			D3		
	4	APUNTADOR AU								
MSOH	5	B2	B2	B2	K1			K2		
	6	D4			D5			D6		
	7	D7			D8			D9		
	8	D10			D11			D12		
	9	S1	Z1	Z1	Z2	Z2	M1	E2		

- |          |   |        |  |
|----------|---|--------|--|
| A1, A2   | Palabra de Alineación de trama F6H, 28H                                 | M1     | MS-FEBE sección de Mux                               |
| D1-D3    | 192 kbit/s canal de datos para la administración de regeneradores       | B1     | Chequeo de paridad BIP-8                             |
| D4 - D12 | 576 kbits/s canal de datos para la administración de equipo multiplexor | B2     | Chequeo de paridad BIP-24                            |
| C1 (J0)  | Identificación de STM-1   | K1, K2 | Señalización de protección para la sección multiplex |
| E1, E2   | Canal de servicio   | Z1, Z2 | Libres   |
| F1       | Canal de usuario  |        | Reservados para uso nacional                         |
| S1       | Informe de calidad de sincronización                                    |        | No usados  |

Fig. A. 4 Encabezado de sección del STM-1

- SOHs de un STM-n.** La señal SDH de primer orden STM-1 tiene una estructura de trama. También existe una estructura parecida para las señales STM-N, de un tamaño de STM-1 X N, por haber sido multiplexada N veces. La diferencia es de que no todos los bytes de la sección SOH que se mencionaron para la trama STM-1 se repiten N veces. Esto se muestra en las siguientes figuras para el STM-4 y el STM-16. (Figura A.5, A.6).
 

Dese cuenta que, algunos bytes, por ejemplo, los del byte B1 solamente aparecen una sola vez. En este caso, solamente se utiliza el byte del primer STM-1, o sea, los bytes similares de los otros STM-1s no se utilizan. En otros casos, como en los bytes de trama A1 y A2 todos los bytes se utilizan.

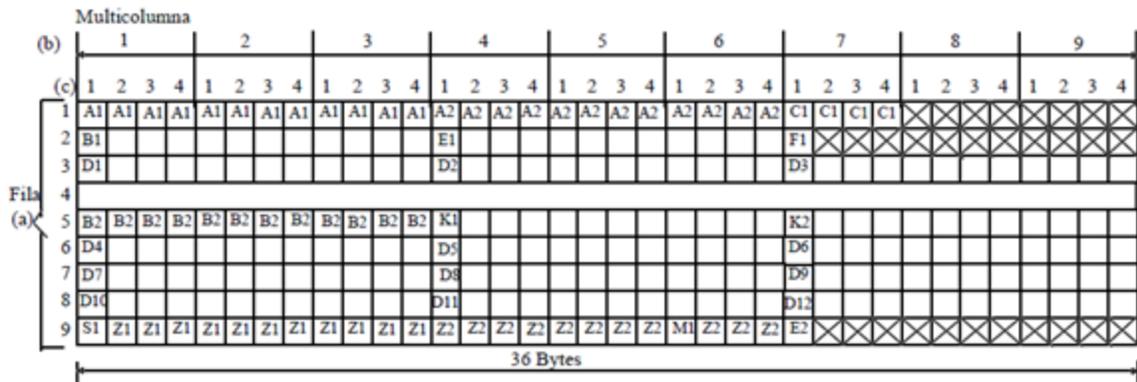


Fig. A.5 Encabezado de sección de un STM-4

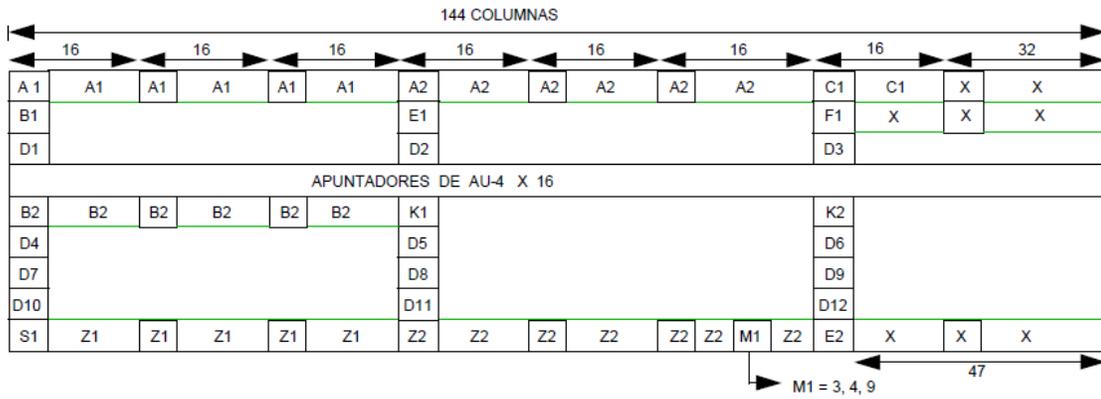


Fig. A.6 Encabezado de sección SOH de un STM-16.

## Conclusiones

La conectividad de alta capacidad con la que la red del usuario crecerá, está asegurada con LADA Enlaces Ethernet del operador telefónico que la suministre, los cuales le garantizan el ancho de banda contratado. Los servicios LADA Enlaces Ethernet, se pueden contratar con las siguientes topologías:

- Punto a Punto.
- Punto Multipunto o "Hub".

Para ambas topologías el ancho de banda es "garantizado", es decir, recibe el ancho de banda contratado sin ningún tipo de sobre-suscripción en el transporte.

## Beneficios

- El servicio Punto a Punto le permite contar con una LAN extendida, con la cual optimiza los recursos de su red, obteniendo una latencia más baja.
- Incremento del ancho de banda sobre la misma infraestructura.
- Incremento de ancho de banda granulado.
- Un solo equipamiento.
- Un solo aprovisionamiento.
- Mismo protocolo para redes LAN.
- Ahorro de equipamiento en redes LAN/WAN.
- Anillos redundantes en el transporte.
- 

## Modalidades

- Fast Ethernet Baja Velocidad. 2 Mbps hasta 8 Mbps.
- Fast Ethernet. 10 Mbps hasta 100 Mbps.
- Gigabit Ethernet. 100 Mbps hasta 1 Gbps.

## ¿A quién va dirigido?

LADA Enlaces Ethernet va dirigido a Empresas que tengan la necesidad de:

- Conexión de oficinas remotas.

- Conexión de Cajeros automáticos.
- Comunicación con Puntos de Venta.
- Transferencia de archivos.
- Formación de Redes Dorsales.
- Acceso a Redes Públicas de Datos.

Las redes de nueva generación no solo son rentables si no que aumenta las capacidades de las redes tradicionales. Al integrar redes de nueva generación a redes tradicionales se tienen mayor calidad y disponibilidad de servicio, pero algunas pruebas y monitoreo se utiliza para asegurar que la mezcla de tecnología puedan proveer la demanda creciente de ancho de banda.

Hoy, las redes de naturaleza óptica aportan:

- Aprovechamiento de las fibras existentes unido a un notable incremento de la capacidad.
- Integración de servicios tradicionales junto con servicios de última generación.
- Desarrollo de topologías punto a punto, anillos y mallas.
- Capacidades de protección y recuperación comparables a las ofrecidas en SDH.
- Unificación desde la perspectiva tecnológica, y convergencia entre organismos estandarizadores y fabricantes.

Mañana la próxima frontera será la internet óptica:

- Routers y conmutadores ópticos con capacidad de leer, borrar y re-escribir el contenido de una etiqueta en el dominio óptico
- La latencia de estos dispositivos será inferior a 1ns
- El reto actual es la fabricación y miniaturización de nuevos componentes: buffers ópticos, puertas lógicas ópticas, etc.

Por éste y otros motivos apuntados, los mayores operadores de telecomunicaciones (Telmex, Alestra, Telefónica, BT, France Telecom...) están ofreciendo ya servicios Ethernet como alternativa a otras tecnologías de comunicación de datos de larga distancia.

El avance vertiginoso de las telecomunicaciones y la convergencia de servicios demandan a las naciones a integrarse a la era digital para no quedar rezagadas en su desarrollo.

Uno de los temas jurídicos más relevantes en la actualidad en nuestro país, por la importancia que reviste este sector en la economía, es el del marco jurídico que regula las telecomunicaciones y la radiodifusión (radio y televisión abiertas), pues la “doble ventanilla” entre la SCT y la COFETEL genera grandes problemas que entorpecen la interlocución con las empresas de la industria.

Con la transición de la industria de las telecomunicaciones, el énfasis de los operadores es cumplir con las necesidades del cliente con ajustado presupuesto.

Las tecnologías digitales dan a los ciudadanos la posibilidad de acceder a la Sociedad de la Información y del Conocimiento. En este sentido resulta indispensable contar con una infraestructura de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) con cobertura universal, de calidad y convergente.

La convergencia plena es prioritaria para la Comisión Federal de Telecomunicaciones (Cofetel), por lo que las medidas que se están adoptando con la participación de la industria que se ha manifestado en consultas públicas tienden a promover la modernización de las redes existentes y a actualizar la regulación que las rige.

El modelo de negocios en un entorno de redes de nueva generación cambia radicalmente. Recordemos el ejemplo de la interconexión, en la que la calidad y la capacidad se vuelven fundamentales.

El nuevo marco legal y regulatorio debe garantizar un entorno competitivo para el sector a través de la regulación con el fin de, cuando se alcance este entorno, poder desregular como se ha hecho en otros países. Por ejemplo, continuando con la reducción de áreas de servicios locales para terminar con una sola, eliminando la larga distancia y el roaming, lo cual aumentaría el tráfico. Si logramos asegurar que estos puntos críticos obtengan la atención que merecen y sean resueltos, contribuirán a mejorar el desempeño del sector de telecomunicaciones y, en consecuencia, la competitividad del país.

Es claro que el crecimiento económico, el desarrollo social y la competitividad del país son asuntos demasiado importantes, pero también demasiado complejos, para dejarlos solamente a la deriva de la operación del mercado. Esta hoy en manos de la industria y de las autoridades del sector aprovechar efectivamente el potencial de las telecomunicaciones como el sector líder.

Es por ello que está en mano de los legisladores, sentar las bases para el aprovechamiento efectivo del potencial de las telecomunicaciones y a la radiodifusión como el sector líder necesario para acceder a un estadio superior de desarrollo integral del país.

El hecho de concluir este trabajo de tesis es de entera satisfacción ya que la recopilación de datos en libros y páginas de internet fue una ardua labor de investigación ya que este trabajo se basa en redes ópticas con capacidad de 2.5 Gb/s abriendo la puerta para la configuración de 10 Gb/s.

Los objetivos planteados se alcanzaron plenamente, como se menciona en los primeros párrafos de este texto que hace mención a los beneficios, modalidades y a quien va dirigido.

Concluyendo, la redes ópticas están en desarrollo, lo que las limita es la capacidad de los equipos que se encuentran actualmente.

---

---

**Glosario**

**ACO** Corte de alarma

**ADM** Multiplexor de inserción/extracción (Add/Drop Multiplex)

**AU** Unidad administrativa (Administrative Unit)

**AUG** Unidad administrativa de grupo

**AU-n** Unidad administrativa (n)

**BDFO** Bastidor Distribuidor de Fibras Opticas

**BDTD** Bastidor Distribuidor de Troncales Digitales

**BDTD** Bastidor Distribuidor de Troncales Digitales

**BLT** Bastidor Lateral de Tensiones

**CCIR** Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones

**C-n** Contenedor n

**CPE** Equipo propiedad del cliente (**C**ustomer **P**remises**E**quipment). Equipo terminal que se instala en el sitio del cliente para conectarlo a la red de Telmex.

**DCC** Canales de conmutación de datos

**DSC** Canal digital de servicio (Digital Channel Service)

**DTE** Equipo terminal de datos

**EAR** Equipo de acceso lado red

**EAU** Equipo de acceso lado cliente

**EOW** Canal de ordenes de servicio (Engineering Order Wire)

**ESD** Descarga electrostática

**Ethernet** Tecnología de comunicación entre computadoras para conformar redes de ares local (LAN) que se basa en tramas de datos.

**F** Interfaz para el terminal de operación

**FI** Frecuencia Intermedia

**GUT** Gabinete Universal Telmex

**HDSL** Línea digital de abonado de alta velocidad (High Digital Subscriber Line)

**HSB** Espera en caliente (Hot StandB)y

**HUB** Servidor central al cual se conectan los clientes

**IDU** InDoor Unit

---

**IDU** Unidad para Interior (Indoor Unit)

**ITU** Unión Internacional de Telecomunicaciones

**LAN** Red de área local (Local Area Network).

**LAU** Unidad de Línea de Acceso

**LCT** Terminal local del operador (Local Craft Terminal)

**LIU** Interface de Unida de Línea

**MAN** Red de área metropolitana (Metropolitan Area Network). Es mayor que una LAN pero menor que una WAN.

**MSPP** Plataforma de aprovisionamiento de multiservicios (Multiservice Provisioning Plataform).

**NE** Elemento de red

**NMC** Centro de gestión de redes

**NMS** Sistema de gestión de redes

**NTU** Unidad Terminal de red (Network Terminal Unit)

**ODU** Unidad externa (OutDoor )

**ODU** Unidad para Exterior (Outdoor Unit)

**OL** Oscilador Local

**PDH** Jerarquía Digital Plesiócrona (Plesiochronous Digital Hierarchy)

**PSK** Modulación por desplazamiento de fase (Phase Shift Keying)

**PTN** Punto Terminal del Nodo

**PTR** Punto Terminal de Red

**QAM** Modulación por cuadratura en amplitud (Quadrature Amplitud Modulation )

**QPSK** Modulación por desplazamiento de fase (Quadrature Phase Shift Keying)

**RDA** Red Digital de Acceso

**RF** Radio Frecuencia

**RX** Recepción

**SDH** Jerarquía Digital Sincrona (Synchronous Digital Hierarchy)

**SDH NG** Jerarquía Digital Síncrona Nueva Generación (Synchronous Digital Hierarchy New Generation).

**STM-N** Módulo de Transporte Sincrono de nivel N (Synchronous Transport Module-level N)

**TDM** Modulación por división de tiempo (Time Division Modulation)

**TX** Transmisión

**UTP** Cable de par trenzado sin malla (Unshielded Twisted Pair)

**WAN** Red de área amplia (Wide Area Network)

**Bibliografía**

1. **Arzate** Molineros Pablo, Taller de tecnologías SDH y Ethernet, Abril 2010.
2. **Couch** Il Leon W. (1997). Digital and analog communications systems (5ªed.). U.S.A.: Prentice-Hall International Inc.
3. **G- 709**, SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES, Equipos terminales digitales – Generalidades SERIE Y: INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN, ASPECTOS DEL PROTOCOLO, INTERNET Y REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN, Aspectos del protocolo Internet – Transporte.
4. **Guía** de procedimientos del Cisco ONS 15302, 15305. 15454 SDH Documentación y productos: Versiones 4.1 y 4.5 Julio de 2003, Norma de instalación de los equipos ONS 15302 y ONS 1530
5. **Inttelmex**, División de Ingeniería, Redes de Telecomunicaciones, Fecha de actualización: Noviembre de 2001.
6. **Inttelmex**, Nueva Tecnología, SDH de Nueva Generación, Nueva Tecnología, Taller de trasmisión y pruebas de SDH ethernet, Número y fecha de actualización Noviembre de 2011.
7. **Inttelmex**, Redes Digitales, Nueva Tecnología, Taller de trasmisión y pruebas de SDH ethernet, Número y fecha de actualización Noviembre de 2011.
8. **Inttelmex**, Protocolo de recepción del equipo pasolink de NEC instalado en gabinete universal de RDA. (Ref. r/02/115/01).
9. **Inttelmex**, Nodo-C de SpectralWave Multiplexor Compacto STM-4/STM-1 Versión 2.3 Manual del usuario.
10. **Inttelmex**, Norma de Instalación para el equipo de Radio Punto-Punto Pasolink del Proveedor NEC (Ref. TMX/N/T/98/0019).
11. **Inttelmex**, Procedimiento para el Suministro de Lada Enlaces Ethernet Baja Velocidad. P/06/004/02.
12. **Inttelmex**, Procedimiento de Suministro de Servicios Ethernet de Alta Velocidad (Banda Ancha). P/06/003/02. Manual del usuario.
13. **R.C.** Alferness, H. Kogelnik, T. H. Wood. "The evolution of optical systems: Optics everywhere". Bell Labs Technical Journal. Vol. 5. 2000.
14. **Recomendación UIT-T G.957** Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona
15. **Stallings** William (2004). Comunicaciones y Redes de computadores (7ª ed.). Madrid: Pearson Educación S.A.
16. **Transmission Networking: SONET and the Synchronous Digital Hierarchy** Sexton, Mike Reid, Andy Artech House London

**Referencias Electrónicas**

1. [http://apuntescientificos.org/ley\\_de\\_rayleigh.html](http://apuntescientificos.org/ley_de_rayleigh.html)
2. <http://fibremex.com/fibraoptica/index.php?mod=contenido&t=3>
3. <http://www.angelfire.com/wi/ociosonet/29.html>
4. [http://www.compasstech.com.mx/ct-html/telefonía\\_ip.html](http://www.compasstech.com.mx/ct-html/telefonía_ip.html)
5. <http://www.mailxmail.com/curso-jerarquia-digital-síncrona-sdh/elementos-sistema-transmision-síncrona>
6. <http://librosnetworking.blogspot.com/2006/11/introduccion-ospf.htm>
7. <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.2-1998.pdf>
8. <http://standards.ieee.org/regauth/llc/llctutorial.html>
9. [file:///C:/CISCO\\_CCNA/Exploration1IntSpanish/theme/cheetah.html?cid=0600000000&l1=tl&l2=en&chapter=intro](file:///C:/CISCO_CCNA/Exploration1IntSpanish/theme/cheetah.html?cid=0600000000&l1=tl&l2=en&chapter=intro)
10. <http://goo.gl/rkqNG>