El presente paper se basa en la tesina de seminario titulada "Diseño de una Red SDH para Dar Servicios de dos STM-1 y Dotar a un Call Center con 8 E1 Utilizando una Red Metro Ethernet con Tecnología TDMoIP" con el fin de dar una perspectiva técnica ante el diseño de una red basada en SDH y constatar que los criterios y decisiones técnicas son complemento de las decisiones financieras de una empresa.

Diseño de una Red SDH para Dar Servicios de 2 STM-1 y Dotar a un Call Center con 8 E1 Utilizando una Red MetroEthernet con Tecnología TDMoIP

Branly Zambrano Rivera - Juan Bacilio Pincay - Héctor Fiallos
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
branly.zambrano@gmail.com
jufer2415@hotmail.com
hfiallos@telconet.net

Resumen

El proyecto consiste en diseñar una red SDH para una empresa de portadores de servicios de Telecomunicaciones, con interfaces agregadas STM – 16 con dos hilos de fibra óptica, Transmisión – Recepción, con protección tipo anillo, teniendo como nodos principales las ciudades de Quito y Cuenca, donde se proveerá 2 STM – 1 como servicio o puerto tributario entre ambas ciudades, con la finalidad de proveer a una compañía de telefonía fija del país. Además diseñar un circuito Clear Channel de 8 E1 con tecnología TDM pura o TDMoIP desde la ciudad de Cuenca hacia el NAP de las Américas en su Meet Me Room, cuya salida internacional será por TRANSNEXA. Se muestran los costos de implementación de este proyecto y tipos de tecnología que existen en el mercado mostrados en el compendio completo de este proyecto presentado, otorgando los diferentes escenarios a ser presentados ante el CEO de la empresa de Telecomunicaciones que requiere dicho proyecto. Se realizó la simulación del proyecto, con puerto agregado de STM – 4, puerto tributario STM – 1 y los nodos pertinentes representando las ciudades de Quito, Cuenca y NAP, usando los equipos MSTP del Laboratorio de Redes Ópticas de la ESPOL.

Palabras Claves: Red SDH, Fibra Óptica, STM-16, STM-1, E-1, TDM Pura, TDMoIP, Puerto Agregado, Puerto Tributario

Abstract

The project is about the design of a SDH network for a carrier company in Telecommunication services, with STM – 16 as backbone with two optical fiber threads, Transmission - Reception, with protection type ring, having like main nodes the cities of Quito and Cuenca, where two STM - 1 will be communicating both cities, in order to provide telephony services to a communications company. In addition the project require a Clear Chanel circuit with eight E1 with TDM pure or TDMoIP from the city of Cuenca towards the NAP of the Americas in its Meet Me Room, whose international exit will be by TRANSNEXA. The cost of implementation of this project and types of technology that exist in the market are shown in the full compendium of this project, granting the different scenes to be presented before the CEO of the company of Telecommunications that requires this project. The simulation of the project was done with STM – 4 as backbone, tributary port STM - 1 and the pertinent nodes representing the cities of Quito, Cuenca and NAP, using the MSTP equipment from the Laboratory of Optical Networks of ESPOL.

Keywords: SDH Network, Optical Fiber, STM-16, STM-1, E1, TDM Pure, TDMoIP, Backbone, Tributary Port.

1. Introducción

El acceso a Internet a altas velocidades se ha convertido rápidamente para todo el mundo, en una necesidad, por lo que se requiere una estructura de banda ancha que permita la generación y la distribución de la información.

El objetivo del proyecto es estudiar, diseñar, analizar y escoger la mejor opción técnica del diseño complementando los conocimientos de ingeniería aprendidos durante el seminario, para la

---

implementación de una red que transportará voz, usando la tecnología SDH a nivel interurbano y fibra óptica oscura o Gigabit Ethernet a nivel MAN como tecnologías de acceso.

Para el anillo SDH, se alquilarán los servicios de algún Carrier existente en el mercado actual o se implementará la propia Red.

Se considera de gran importancia el desarrollo de este proyecto de grado, para conocer lo que un Ingeniero de diseño ejecuta, integrando sus conocimientos técnicos para evaluar un proyecto

2. Estrategias y Acciones Realizadas

El proyecto propuesto analiza dos posibles soluciones: Alquiler de redes ya existentes en el mercado o implementación de la Red solicitada en su totalidad.

La primera solución básicamente es contratar los servicios de una portadora ya establecida y reofertar los dos STM-1 para intercomunicar a las ciudades de Quito y Cuenca, así mismo con los ocho E1 para dotar al Call Center en Cuenca, hacia el NAP.

La propuesta de implementar la Red solicitada en su totalidad es una de las soluciones analizadas como la mejor, puesto que brinda a la empresa implementadora, opción de crecimiento en pro de aumentar sus ingresos aumentando su lista de clientes. En la figura 1 se puede observar el diagrama de bloques de la Red a diseñar, en ella podemos observar 3 subredes principales: la Red Internacional, la Red Interurbana, la red Metropolitana.

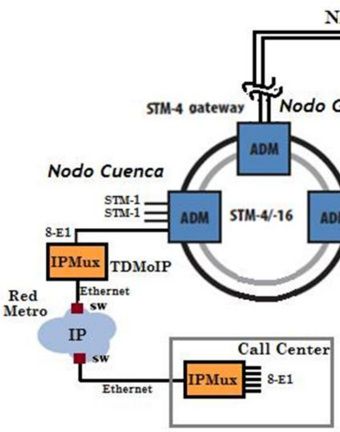


Figura 1. Red diseñada

En cuanto a la salida internacional, bien por Guayaquil o por Quito, hay que considerar los precios de cable submarino para cada caso y que la empresa implementadora en base a su estudio financiero y sus intereses, tome una decisión de por cual nodo desee salir al NAP en Miami.

La Red Interurbana es la compuesta por los nodos de Guayaquil, Quito, Cuenca al igual que los regeneradores ubicados en las diferentes ciudades por donde pasa la Fibra óptica que los intercomunica.

Para hablar de la Red Metropolitana hay que decidir qué tipo de tecnología usar, ya sea TDM Pura ó TDMoIP. Las características de “Pseudowire” de TDMoIP dieron a relucir que es la tecnología de acceso que se adapta de mejor manera a este proyecto, puesto que TDM Pura por necesitar un canal dedicado para cada comunicación internacional, resultaría más costoso para la empresa implementadora que utilizar la tecnología TDMoIP, que por correr sobre Fibra Óptica la hace más económica a la hora de su implementación frente a una intercomunicación de cobre que es la que utilizaría TDM pura. Una vez decidido que tecnología de acceso utilizar, se usará la Red MetroEthernet dispuesta en la ciudad, asegurando la seguridad de datos, la calidad de servicio, su resiliencia y su escalabilidad.

Hablando detalladamente sobre el Backbone a implementar, se escoge el tipo de fibra óptica a utilizar: ADSS, principalmente por su robustez frente a posibles atenuaciones, cabe recalcar que las características de este tipo de fibra siguen lo sugerido por los estándares de la ITU-T-G652. Una vez escogido el tipo de fibra óptica a utilizar, se decidió implementarla vía aérea, sobre los postes de alumbrado eléctrico, principalmente por los costos frente a una implementación subterránea.

La configuración de los equipos consiste básicamente en seguir los pasos detallados en el diagrama de bloques de la figura 2.

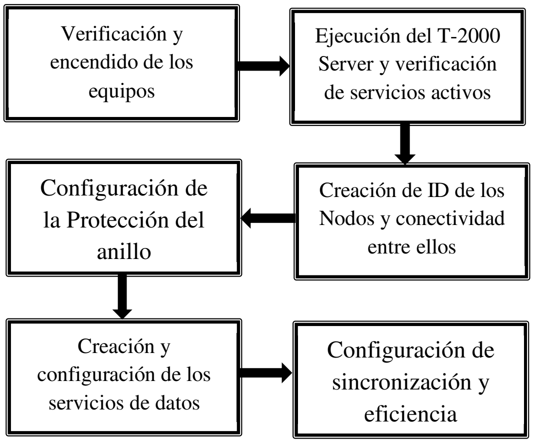


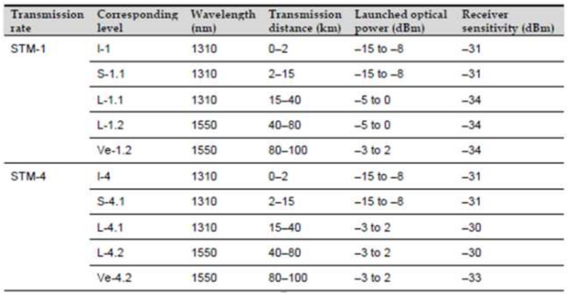
Figura 2. Esquema de Configuración de Equipos

3. Resultados

Un parámetro importante para determinar la distancia entre los regeneradores es la atenuación causada por las pérdidas por distancia, éste permite calcular la distancia máxima que se puede extender una fibra óptica sin que la señal se distorsione, esta distancia máxima depende de la longitud de onda y la potencia con la que se transmiten los datos.

En la tabla 1 se adjuntan las especificaciones técnicas de la tarjeta STM-4 (utilizada en la implementación de este proyecto) propiedad del Laboratorio de Telecomunicaciones de la ESPOL, de la cual se extrajeron los valores correspondientes al nivel L-4.2.

Tabla 1 Parámetros de módulos ópticos de tarjetas SDH



Transmission rate	Corresponding level	Wavelength (nm)	Transmission distance (km)	Launched optical power (dBm)	Receiver sensitivity (dBm)
STM-1	I-1	1310	0–2	–15 to –8	–31
	S-1.1	1310	2–15	–15 to –8	–31
	L-1.1	1310	15–40	–5 to 0	–34
	L-1.2	1550	40–80	–5 to 0	–34
	Ve-1.2	1550	80–100	–3 to 2	–34
STM-4	I-4	1310	0–2	–15 to –8	–31
	S-4.1	1310	2–15	–15 to –8	–31
	L-4.1	1310	15–40	–3 to 2	–30
	L-4.2	1550	40–80	–3 to 2	–30
	Ve-4.2	1550	80–100	–3 to 2	–33

La potencia de transmisión a 1550 nm es de -3 a 2 dbm, y su sensitividad es de -30dbm, el alcance máximo sin que se atenúe considerablemente la señal es 80Km, mostrado en la tabla anterior, considerando que estos datos son tomados para una fibra monomodo.

Las distancias que indican los manuales de un equipo se basan en estándares, por tanto se puede hacer el cálculo (en base a la calidad de fusiones, empalmes y fibra óptica) siguiente para determinar el alcance real máximo.

En un diseño de RED se toma en consideración lo siguiente: mientras mayor sea la potencia de transmisión y menor la potencia de sensitividad que se elija, mejor respuesta tendrá frente a daños futuros de atenuación. Es decir que si asumimos:
$P_t = -1 dbm d_{max} = 80km$

$P_s = -26\ dbm$ Reserva de -4 dbm

Usando la fórmula siguiente para el cálculo de atenuación:

$$a_t = a_{coef.}L + a_e\#_e + a_c\#_c$$

$$a_t = \left(0.2\,{}^{db}\!/_{km}\right)(80km) + (0.05db)(19) + (0.5)(2)$$

$$a_t = 17.95db$$

De acuerdo a los Estándares, para $\lambda = 1550nm$ el coeficiente de atenuación es $a_{coef} = 0.2\,{}^{db}\!/_{km}$

La potencia recibida por el equipo receptor se obtiene;

$$P_{R_x} = -1 - 17.95 \quad P_{R_x} = P_t - a_t$$

$$P_{R_x} = -18.95$$

La potencia de sensibilidad que muestra la tarjeta STM-4, siguiendo la tabla 1, es de -30db, se considera en -26db como valor máximo para dejar una reserva y así salvaguardar la RED en -4db.

$$P_M = (P_t - a_t) - P_s$$

$$P_M = (-1 - 17.95) - (-26)$$

$$P_M = 7.05db$$

La potencia real de margen P_M es 7.05db

$$dmáx = 80km + \frac{7.05db}{0.2db/km}$$

$$dmáx = 115.25km$$

Esto quiere decir que cada 115.25 km se colocaría un regenerador. Los cálculos arrojan un promedio de 2 Empalmes por cada 3,5 Km de distancia, debido a que la fibra es obtenida en rollos de 4 kilómetros, dejando los 500 metros restantes de reserva por si acaso alguna bovina de fibra venga con una extensión menor a 4 kilómetros y considerando que, para realizar una fusión de fibra se utilizará una manga en donde se hacen 2 puntos de fusión o empalmes, en unión con el cálculo de un Regenerador por cada 115.25 Km, estimando las variables de vida útil y factores medioambientales, se sugiere trabajar con una distancia igual o menor a 110 Km entre cada nodo y que con la ayuda del Google Maps se podrá distribuir los diferentes regeneradores como se muestra en la figura 3.

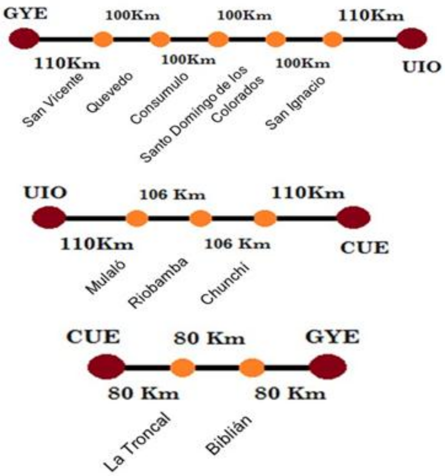


Figura 3. Distribución de Regeneradores

Para cubrir la distancia completa del BACKBONE es necesario un total de 738 empalmes es decir 369 mangas y 10 Regeneradores como se observa en la tabla 2, cuyos datos son referenciados de los cálculos anteriores para distancias máximas entre regeneradores y empalmes.

Tabla 2. Cálculo de distancia entre regeneradores

Ciudades	Distancia a cubrir (Km)	Regeneradores	Mangas	Empalmes
Gye - Cue	240	2	69	138
Cue - Uio	432	3	122	244
Gye - Uio	620	5	178	356
Total		***10***	***369***	***738***

Es válido mencionar que cada Regenerador o Nodo deberá contar con:

1 Sub Rack
1 Interfaz auxiliar de sistema
2 Tarjetas de poder
2 Interfaces ópticas a nivel de STM-16, con su respectiva protección

Otro cálculo relevante es el de las potencias que reciben los puertos ópticos, tomando en cuenta que según los estándares ITU, la potencia de recepción con una longitud de onda de 1550 nm debe fluctuar entre los -8 y -13 dB.

En las siguientes tablas se muestran los valores de potencia obtenidos experimentalmente, comparándolos con los valores que bota el T2000Server, cuyos valores no fluctúan más de ±2 dB, lo que significa que los valores que presenta el software de los equipos puede ser tomado como referencia segura para un futuro mantenimiento o troubleshooting que se le desee dar a la Red.

Tabla 3. Valores de potencia del NE-1/Cuenca

	Medición de Potencias Puertos Agregados NE-1 [dBm]					
	Experimental		*Software T2000*		*Porcentaje de Error*	
Medición	*Port 1*	*Port2*	*Port 1*	*Port 2*	*Port 1*	*Port 2*
sin atenuador	*-10,11*	*-11,3*	*-10,5*	*-10,9*	*3,71%*	*3,67%*

Tabla 4. Valores de potencia del NE-2/Quito

	Medición de Potencias Puertos Agregados NE-2 [dBm]					
	Experimental		Software T2000		Porcentaje de Error	
Medición	Port 1	Port2	Port 1	Port 2	Port 1	Port 2
sin atenuador	-10,38	-10,1	-10,5	-10,3	2,77%	1,94%

Tabla 5. Valores de potencia del NE-1/Guayaquil

	Medición de Potencias Puertos Agregados NE-3 [dBm]					
	Experimental		Software T2000		Porcentaje de Error	
Medición	Port 1	Port2	Port 1	Port 2	Port 1	Port 2
sin atenuador	-10,81	-10,71	-10,9	-11	0,83%	2,63%

4. Conclusiones

Existen varios parámetros a analizar en el proceso de implementación de una red SDH. Intervienen factores de diseño, troubleshooting, performance, SLA y costos, de aquí parte el hecho de que, a nivel Empresarial, la Gerencia toma decisiones analizando lo presentado por el área Técnica, para así poder dar un buen servicio y cumplir con lo ofertado al cliente, aumentando de ésta manera la posibilidad de generar ganancias y el futuro crecimiento de la infraestructura tecnológica.

En cada equipo SDH existe una tarjeta de monitoreo, esto representa una herramienta a la hora del troubleshooting. Dicha tarjeta se comunica con las demás del mismo equipo para verificar su estado, esta información a su vez, es almacenada en la base de datos del servidor con la finalidad de revisar el estado de las alarmas. Esto es conocido como el Sistema de Manejo de la RED (NMS por sus siglas en inglés) y provee la capacidad de configurar nuevos servicios, visualizar y monitorear el estado de los NE's, al igual que medir el Performance de los mismos.

MSTP, evolución de SDH + data (equipos de telecomunicaciones + datos), al ser utilizado en escenarios con bajas de voltaje, las tarjetas de la Red de datos, son las primeras en verse afectadas, puesto que son más sensibles a variaciones del voltaje DC, siendo las primeras que deberían ser verificadas.

El tipo de fibra óptica a utilizarse, ya sea monomodo o multimodo, dependerá básicamente del tipo de red a implementarse, el medio en el que vaya a estar ubicada la Red y principalmente de la disponibilidad económica de cada empresa (recordando que el análisis técnico se complementa con las dediciones que tome la Gerencia en base a los costos de implementación) y lograr así proveer servicios de calidad a un costo prudente. A su vez hay que tomar en cuenta las especificaciones técnicas del proveedor de las tarjetas ópticas a utilizar, debido a que ciertas tarjetas vienen fabricadas de tal manera que se empleen particularmente fibras ópticas que cumplan ciertas características. Si llegara el caso de conectar una fibra óptica de tipo multimodo con una monomodo el sistema en sí funcionará, pero al hacerlo se le agregará una cierta atenuación ya que se presentarán problemas de reflexión o refracción dependiendo de la manera en que fue realizada la fusión.

La entrada de una compañía de telecomunicaciones nueva, a invertir en crear su propia infraestructura de red al mercado reducido, segmentado y parcializado del Ecuador, reduciría la carta de clientes potenciales. El empleo de nuevas tecnologías basadas en SDH, DWDM y OTN brindaría valor agregado al servicio prestado y podría ser carta de presentación para ofertar nuevos y mejores servicios.

Las pérdidas que puede sufrir la tecnología de acceso TDMoIP, se deben al encolamiento producido en el buffer del switch, provocado principalmente por la relación de ancho de banda del sistema con la capacidad de procesar los paquetes que le llegan al equipo, debido a que el ancho de banda es directamente proporcional al número de particiones que sufre el paquete TDMoIP.

Utilizando TDMoIP, la latencia de fibra óptica dependerá principalmente de los equipos activos en la red, si bien la longitud de la fibra influye en la latencia, este valor negativo es ínfimo en comparación a los valores negativos que brindan los equipos activos de la RED.

Debido a que el Jitter Buffer en Redes Wireless se vuelve inestable, las últimas millas se hacen a través de Fibra Óptica, teniendo así un motivo más para optar por TDMoIP, ya que éstas se montan únicamente en Redes Ópticas y de ésta forma hereda la baja latencia de Optical Ethernet y la convergencia entre sincrónico y asincrónico.

Los cálculos de potencia se basaron en la necesidad de optimizar el uso de los equipos, distanciando la ubicación de cada regenerador de manera que la información no pierda calidad en su transporte, de esta forma se asegura a la empresa implementadora que no hay problema técnico de diseño.

Para efectos teóricos, en el tendido de fibra óptica aéreo, en un principio se pensó en utilizar las torres de líneas de alta tensión propiedad de la empresa Transelectric S.A. para el paso de la Fibra Óptica del proyecto, esto permitiría ahorrar grandes cantidades de fibra entre ciudades, pero en el mundo real esto es prácticamente imposible, puesto que la empresa en mención utiliza dichas torres para el paso de su propia fibra, ya que Transelectric S.A. es uno de los grandes proveedores de transporte a través de su Red, y es obviamente no permitido el paso de alguna otra para otros proveedores. Es por esto que se decidió en la propuesta de implementación de la propia Red SDH, pasar la Fibra Óptica del proyecto a través de los postes de alumbrado eléctrico de las empresas que brindan servicios de electricidad a usuarios residenciales.

El factor económico juega un papel importante ya que la relación de pasar Fibra Óptica subterránea versus tendido aéreo tiene un aproximado de 3:1, según las referencias ofertadas verbalmente por profesionales de la Corporación Nacional de Electricidad Regional Guayas Los Ríos.

Amplia gama de anchos de banda de transmisión y la posibilidad de acceder directamente a las señales de cualquier nivel sin necesidad de demultiplexar en todos los niveles inferiores, es decir, que el proceso de multiplexación es mucho más directo. La utilización de punteros permite una localización sencilla y rápida de las señales tributarias de la información, sin la necesidad de desmontar y volver a construir la estructura de la carga, permitiendo la creación de una infraestructura de red muy flexible y uniforme.

El procesamiento de la señal se lleva a cabo a nivel de STM-1. Las señales de velocidades superiores son síncronas entre sí y están en fase por ser generadas localmente por cada nodo de la red.

Las tramas tributarias de las señales de línea, pueden ser subdivididas para acomodar cargas plesiócronas, tráfico ATM o unidades de menor orden. Esto supone mezclar tráfico de distinto tipo, dando lugar a redes flexibles.

Compatibilidad eléctrica y óptica entre los equipos de los distintos proveedores gracias a los estándares internacionales sobre interfaces eléctricos y ópticos. Un STM-1 tiene la capacidad de agrupar E1's y T1's de forma multiplexada variada, es decir se universaliza las velocidades, ocupando los VC's correspondientes.

Necesidad de sincronismo entre los nodos de la red SDH, se requiere que todos los servicios trabajen bajo una misma referencia de temporización.

El principio de compatibilidad ha estado por encima de la optimización de ancho de banda. El número de Bytes destinados a la cabecera de sección es grande, lo que lleva a perder eficiencia.

El principal problema de SDH actualmente es el cuello de botella alcanzado los 40 Gbps, las limitaciones tecnológicas imposibilitarán, al menos durante varios años, alcanzar velocidades superiores. Esto es debido a que por debajo de los 40 Gbps las características de la fibra óptica monomodo convencional (o G.652) tienen un impacto relativamente bajo sobre la calidad de la transmisión; pero por encima de los 40 Gbps, sus efectos deben ser tomados muy en cuenta. Por otro lado, SDH mayoritariamente utiliza la fibra óptica como medio de transmisión y toda su funcionalidad (amplificación, re-encaminamiento, etc.) la implementa en el dominio eléctrico; es decir, mediante SDH no será posible conseguir redes totalmente ópticas.

5. Referencias

[1] CZERNICH NINA – FALCK OLIVER – KRETSCHMER TOBIAS – WOESSMANN LUDGER, Broadband Infrastructure and Economic Growth, CESifo Working Paper, http://www.cesifo.de/pls/guestci/download/CESifo%20Working%20Papers%202009/CESifo%20Working%20Papers%20December%202009/cesifo1_wp2861.pdf
Diciembre, 2009.

[2] BARROS ALEJANDRO, La Banda Ancha afecta directamente el PIB per cápita, http://www.alejandrobarros.com/content/view/683241/La-Banda-Ancha-Afecta-directamente-el-PIB-per-capita.html,
Diciembre 2009

[3] WIKIPEDIA, Synchronous Digital Hierarchy, Wikipedia The Free Encyclopedia
http://en.wikipedia.org/wiki/sdh/intro.
Junio 2010.

[4] Fibras Ópticas
http://www.yio.com.ar/fibras-opticas/splitters-fibras-opticas.php
Enero 2010

[5] FIALLOS HÉCTOR, Nuevas Redes de Telecomunicaciones
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Octubre 2010.

[6] AREA DE INGENIERIA EN TELEMATICA, Topologías en Redes SDH.
https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/rba/rba06_07/slides/16-TopologiasSDH.pdf
Enero 2010.

[7] UTE, Manual de descripción de Fibra Óptica,
http://www.ute.com.uy/Empresa/lineas/distribucion/normalizacion/docs/GRUPO%2033%20V03.pdf
Julio 2010.

[8] Mapas del Ecuador, Google Maps, http://www.palomatica.info/juckar/googlemap
Enero 2011.

[9] Tutorial de comunicaciones ópticas.
http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema1/tema1_3_1.htm
Marzo 2010.

[10] CHARLES KAO, La atenuación de las fibras ópticas.
http://orbita.starmedia.com/fortiz/ConceptoBasico00.htm
Marzo 2010.

[11] WIKIPEDIA, TDMoIP, Wikipedia The Free Encyclopedia.
http://en.wikipedia.org/wiki/TDMoIP
Noviembre 2009

[12] Juniper Networks
http://www.juniper.net/us/en/local/pdf/datasheets/1000307-en.pdf
Noviembre 2010.

[13] Juniper Networks, Metro Ethernet y MPLS
http://dspace.epn.edu.ec/bitstream/123456789/535/5/capitulo_2.pdf
Diciembre 2009.

[14] CISCO NETWORKING ACADEMY, Conmutación y conexión inalámbrica de LAN
http://www.ie.itcr.ac.cr/einteriano/cisco/ccna3/Exploration/es_ESwitching_IPTM_v40.pdf
Diciembre 2007.