

El presente paper se basa en la tesina de seminario titulada “Diseño de una red SDH Guayaquil – Quito y una Red MetroEthernet para un E1 al NAP de las Américas con TDMoIP” cuyo objetivo principal es conocer los fundamentos básicos para el diseño e implementación de redes SDH y TDMoIP.

## **Diseño de una red SDH Guayaquil - Quito y una Red MetroEthernet para un E1 al NAP de las Américas con TDMoIP**

Johanna Fierro Fariño - Napoleón Vargas Aucancela- Héctor Fiallos López

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

[johuana@hotmail.com](mailto:johuana@hotmail.com)

[napescu@hotmail.com](mailto:napescu@hotmail.com)

[hfiallos@telconet.ec](mailto:hfiallos@telconet.ec)

### **Resumen**

*En este proyecto se analiza el diseño de una red SDH con interfaces agregadas STM-4 con protección tipo anillo teniendo como nodos principales Quito y Guayaquil, esta red proveerá de un STM-1 entre ambas ciudades para el tráfico de voz de una empresa de Telefonía Celular. Además se diseñará un circuito Clear Channel E1 usando una red MetroEthernet como transporte urbano con tecnología TDMoIP, hacia el MMR del NAP de las Américas para brindar servicio a un Call Center de la ciudad de Quito. También se encuentra detallado el análisis de las rutas y los cálculos realizados a fin de escoger el tipo de fibra óptica y equipamiento adecuado para maximizar el aprovechamiento de la red. Los costos presentados se obtuvieron de proveedores internacionales lo que disminuye el costo total de la red comparados con los que se manejan en los mercados locales. La simulación de ambas partes del proyecto fue realizada con los equipos del laboratorio de Telecomunicaciones de la ESPOL.*

**Palabras Claves:** Red SDH, STM-4, Clear Channel, Metro Ethernet, TDMoIP, MMR, NAP.

### **Abstract**

*This project analyzes the design of a network with SDH interfaces added STM-4 with protection type ring taking as principal nodes Quito and Guayaquil, this network will provide an STM-1 between the two cities for voice traffic a cellular telephone company. In addition, it will design a circuit Clear Channel E1 using a network MetroEthernet as urban transport technology TDMoIP, toward the MMR of the NAP of the Americas for providing service to a Call Center in the city of Quito. It is also detailed analysis of the routes and calculations in order to choose the type of optical fiber and proper equipment to maximize the use of the network. The costs presented were obtained from international suppliers which lower the total cost of the network compared to those that are managed in local markets. The simulation of both parts of the project was conducted with laboratory equipment Telecommunications ESPOL*

**Keywords:** SDH Network, STM-4, Clear Channel, Metro Ethernet, TDMoIP, MMR, NAP

## **1. Introducción**

Durante los últimos años los sistemas de Telecomunicaciones han alcanzado grandes avances tecnológicos, además del crecimiento de la red de Internet y telefonía móvil personal que han ido reduciendo las barreras culturales. El incremento del acceso a Internet y los diversos usos que las personas hacen del medio, generan la necesidad de mayor ancho de banda y mejores servicios.

La tecnología SDH dota a la red de una mayor flexibilidad, un mejor aprovechamiento del ancho de banda potencial de la fibra óptica, y más capacidad de monitorización de la calidad y gestión centralizada.

En este proyecto se podrá observar la aplicación de la teoría aprendida en el desarrollo de la carrera, se muestran los cálculos para escoger el equipamiento teniendo en cuentas los elementos disponibles para el diseño de las redes.

## **2. Desarrollo del proyecto.**

El proyecto plantea el diseño de una red SDH para lo cual se analiza el posible camino de interconexión de las ciudades con la ayuda de las herramientas a mano como el Google Earth en el cual se puede hacer un dibujo sobre el mapa interactivo y luego ser medido para tener una idea de las distancias a las cuales se encuentran las ciudades y de esta forma poder realizar los cálculos para el tendido de la fibra y equipos necesarios.

En nuestra red SDH entre Guayaquil y Quito con protección tipo anillo la distancia total obtenida es de aproximadamente 400Km por lo cual, es necesario colocar ADM intermedios como Regeneradores.

La ruta principal es Guayaquil – Milagro – Babahoyo – Ventanas - Quevedo Patricia Pilar – Santo Domingo – Tandapi – Quito y para cerrar el anillo la ruta sería Quito – Latacunga – Ambato – Riobamba – Pallatanga – El Triunfo – Guayaquil. Este anillo es mostrado en la Fig. 1.

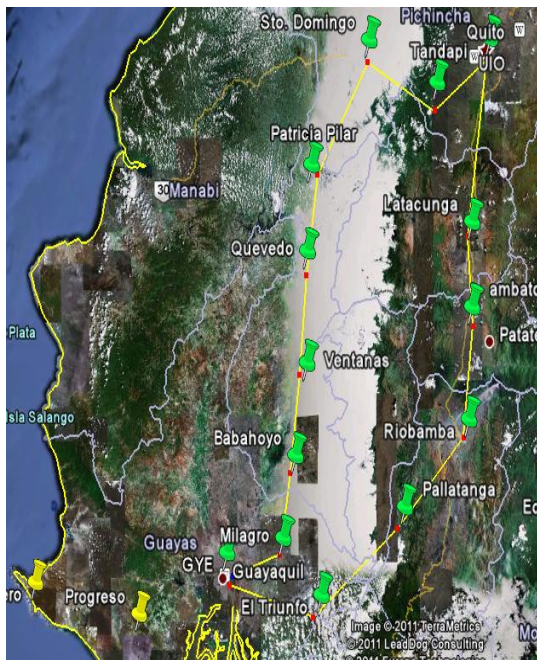


Figura 1. Red SDH Guayaquil - Quito

La fibra óptica que se utilizará es de 12 hilos monomodo que debe cumplir con la recomendación de la UIT- T G652, de los cuales 2 hilos se usarán en el backbone SDH y el resto de hilos quedará como respaldo o para futura expansión; la fibra será tendida de forma aérea porque los costos de hacer una canalización a nivel de carreteras dependen del Ministerio de Obras Públicas y los concesionarios de cada tramo de la carretera; por lo cual, en el tendido se utilizará mayormente los postes de la Empresa

Eléctrica ya que solo se necesitan permisos con costos mínimos, la colocación de postes de ser necesario se la realizaría al pie de la carretera.

Para proveer la salida al NAP de las Américas del E1 para un Call Center de la ciudad de Quito, es necesario la implementación de una red TDMoIP puesto que resulta más económico el transporte IP sobre la red de Fibra ya establecida que si instaláramos una red de Cobre exclusiva para este servicio, que además es más propensa a robos debido a que el material puede ser reutilizado.

En esta parte solo se necesita implementar el tramo Guayaquil – Punta Carnero que debido a la distancia solo necesita un nodo adicional en Progreso. Para mantener el SLA de la red se lo implementaría siguiendo los mismos parámetros de fibra de la red SDH.

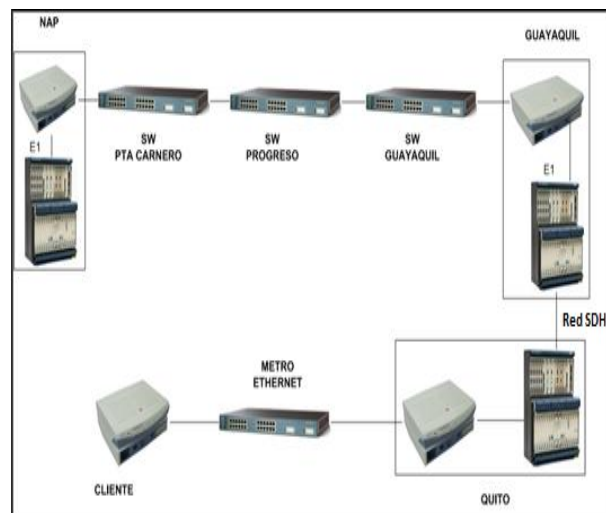


Figura 2. Red TDMoIP NAP - Quito

En la Figura 2 se muestra el esquema de la red TDMoIP donde se recibe un E1 en el NAP que luego es convertido por el IPMUX para ser transportado por los switches y entregado a la red SDH hasta llegar a Quito donde se realiza el proceso inverso para finalmente entregar un E1 al Call Center.

La siguiente respuesta al problema planteado sería alquilar el servicio a otra empresa y en base a sus precios realizar una oferta a nuestros clientes, lo cual reduciría nuestros gastos pero a su vez no nos permitiría crecer en cartera ni en ingresos, por esto nuestra elección es la implementación.

### 3. Cálculos y Resultados

Las distancias de la ruta de la Red SDH se midieron siguiendo las carreteras que interconectan las ciudades escogidas como nodos, las mismas que

atravesan cerros y ríos por lo cual se considera que es una aproximación de la realidad.

Estas estimaciones de las distancias entre los nodos de nuestro anillo son indispensables para definir el tipo de equipos a usar en la implementación de la red SDH, en la Tabla 1 se resumen las distancias de la ruta completa que formará el anillo SDH de nuestra red a implementar.

**Tabla 1.** Resumen de Distancias

Tramos	Distancias(Km)
Ruta 1	
Guayaquil - Milagro	71
Milagro - Babahoyo	55
Babahoyo - Ventanas	51
Ventanas - Quevedo	60
Quevedo - Patricia Pilar	40
Patricia Pilar - Santo Domingo	70
Santo Domingo - Tandapi	50
Tandapi - Quito	60
Ruta 2	
Guayaquil - El Triunfo	70
El Triunfo - Pallatanga	70
Pallatanga - Riobamba	60
Riobamba - Ambato	60
Ambato - Latacunga	45
Latacunga - Quito	80

### 3.1 Cálculos de Atenuación

Para el diseño de la red SDH debemos tomar en consideración la atenuación de la red de fibra óptica, por lo cual debemos tomar los siguientes parámetros:

$$At = LaL + ne ae + nc ac + ar L$$

At= Atenuación Total

L = longitud del cable en Km.

aL = coeficiente de atenuación en dB/Km

ne = número de empalmes

ae = atenuación por empalme

nc = número de conectores

ac = atenuación por conector

ar = reserva de atenuación en dB/Km

La reserva de atenuación es un valor que nos permite incrementar la atenuación en la red sin que exista una degradación de la señal, en otras palabras nos permite realizar futuras reparaciones por posibles daños en la fibra óptica.

A continuación mostramos el cálculo del primer tramo

#### Guayaquil-Milagro

Numero de empalmes

$$n_e = \frac{71 \text{ Km}}{4 \text{ Km}} + 1$$

$$n_e = 19$$

Para la atenuación por fusión se considerara un valor de 0.1 dB, el número de conectores en cada tramo será de 2 con una atenuación de 0.75 dB por conector; a la reserva de atenuación le daremos un valor de 8 dB para cada tramo ya que así dejamos un margen para futuras reparaciones sin tener que realizar algún tipo de cambio del hardware en la red.

Teniendo como resultado:

$$A_t = 71 * 0.2 + 19 * 0.1 + 2 * 0.75 = 17.6 \text{ dBm}$$

El margen de potencia está dado por:

$$P_M = P_T - P_U$$

Las tarjetas a utilizarse manejan una potencia de transmisión de 4 dB, y una potencia de umbral de 24dB por lo que el margen de potencia será:

$$P_M = 4 - (-24) = 28 \text{ dBm}$$

El margen de enlace será:

$$M_e = P_M - A_t = 28 - 17.6 = 10.4 \text{ dBm}$$

En base a los resultados obtenidos de los cálculos anteriores resumidos en la Tabla 2 para nuestros ADMs se elige la tarjeta L-4.2 de la Tabla 3, para la transmisión en STM-4 que transmite a distancias de hasta 80 Km, que además nos proporciona un margen de reserva de hasta 10 dBm.

**Tabla 2.** Resumen de Cálculos de Atenuación

Tramos	Distancias (Km)	Att. x Km (dB) Técnico	Aten. x Fusión (dBm)	# de Fusiones	Aten. x Fusión (dBm)	Aten. x módulos (dBm)	Aten. de la Fibra (dBm)	Aten. Total (dB)
Ruta 1								
Guayaquil - Milagro	71	0,2	0,1	19	1,9	1,5	14,2	17,6
Milagro - Babahoyo	55	0,2	0,1	15	1,5	1,5	11	14
Babahoyo - Ventanas	51	0,2	0,1	14	1,4	1,5	10,2	13,1
Ventanas - Quevedo	60	0,2	0,1	16	1,6	1,5	12	15,1
Quevedo - Patricia Pilar	40	0,2	0,1	11	1,1	1,5	8	10,6
Pat Pilar - Sto Domingo	70	0,2	0,1	19	1,9	1,5	14	17,4
Sto Domingo - Tandapi	50	0,2	0,1	14	1,4	1,5	10	12,9
Tandapi - Quito	60	0,2	0,1	16	1,6	1,5	12	15,1
Ruta 2								
Guayaquil - El Triunfo	70	0,2	0,1	19	1,9	1,5	14	17,4
El Triunfo - Pallatanga	70	0,2	0,1	19	1,9	1,5	14	17,4
Pallatanga - Riobamba	60	0,2	0,1	16	1,6	1,5	12	15,1
Riobamba - Ambato	60	0,2	0,1	16	1,6	1,5	12	15,1
Ambato - Latacunga	45	0,2	0,1	13	1,3	1,5	9	11,8
Latacunga - Quito	80	0,2	0,1	21	2,1	1,5	16	19,6

**Tabla 3.** Información Técnica de Tarjetas Huawei

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 Tabla 3 resume los modelos de tarjetas que pueden ser usadas en los ADMs de acuerdo a los parámetros específicos.

Como nuestro objetivo es dar servicio de STM-1 entre Guayaquil y Quito para una empresa de Telefonía celular, los ADM de estas dos ciudades constaran además de las tarjetas de transporte STM-4 con tarjetas STM-1, Giga Ethernet y E1. No así en los nodos intermedios que solo constaran con las tarjetas agregadas y cross connection. Si nuestra red se expandiera solo se agregarían tarjetas para distribuir el servicio en el nodo que fuere necesario.

#### 4. Conclusiones

Las decisiones Gerenciales no pueden ser tomadas sin un análisis previo de todos los pros y contras que puede tener un proyecto, más aún cuando la inversión monetaria está presente. Por esta razón lo expuesto por el área Técnica tiene una alta relevancia y el informe debe hacerse con cálculos y estimaciones lo más cercanas a la realidad.

La ubicación de los nodos fue escogida teniendo en cuenta que los lugares son de fácil acceso por carretera, que cuentan con suministro de energía eléctrica y es posible el alquiler de cuartos o locales.

El escoger una topología anillo para los nodos es debido a que se obtendría una redundancia efectiva al momento de un fallo de equipos o corte de fibra, además de proporcionar un alto nivel de disponibilidad puesto que el tráfico tendría una ruta para llegar a su objetivo, lo que respaldaría nuestro compromiso de poder ofrecer un SLA del 99.95% a nuestros futuros usuarios.

En el diseño de la red a nivel físico se eligió la fibra G652 debido a su costo que es mucho menor a la G655, esta fibra (G652) es la ideal para backbone y DWDM pero para nuestro caso solo utilizaremos 2 hilos de fibra y una lambda, por lo que se va a utilizar en un porcentaje mínimo la capacidad de la fibra ya que para DWDM puede soportar hasta 160 lambdas, por lo que en nuestra red actual su eficiencia no será

afectada ni en un futuro crecimiento por que se cuenta con unos hilos de reserva.

Se considera necesario realizar importaciones directas de Fibra y equipos SDH para conseguir precios más económicos que los ofertados en el mercado local.

El costo de la canalización para la fibra en carretera es una variable que no se puede medir, ya que depende de instituciones gubernamentales y no tiene un precio fijo establecido

Se eligió tendido aéreo por su costo muy inferior y sencillez en comparación con la canalización que es aproximadamente 5 veces más costosa, además del tiempo que tomaría implementarlo debido a su complejidad, facilita la revisión y corrección de errores ocasionados por roturas en la fibra. No obstante se pueden presentar percances como robos, vandalismo y sabotajes lo que puede ocasionar interrupciones en el servicio, debido a que tanto la fibra como las cajas de empalmes permanecerán a la intemperie.

Para llegar de Guayaquil a Punta Carnero decidimos diseñar una red Ethernet con protección en anillo por los costos, ya que implementar esta red es mucho más económico que una red SDH y solo necesitamos pasar un E1 a través de esta, por lo que no amerita realizar una inversión tan grande.

En la configuración de los switches para la red Metro Ethernet es necesario aplicar configuraciones de seguridad como acceso restringido, por ips o mac address, además activar el spanning tree para que la conmutación en caso de problemas sea automática.

#### 5. Referencias

- [1] Carvajal Dávila Elba Cristina. Elaboración de una guía de procedimientos de medición y monitoreo en sistemas de comunicación SDH para que tengan la característica de tolerancia a fallas. Tesis de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones. Quito. Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (ECUADOR). 2008.287 p.
- [2] Moliner Carmen. Redes de Transporte SDH. Habana, Cuba. Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría. Conferencia de Curso de Redes II. <http://teleportal.cujae.edu.cu/mtelematica/cursos/res-des-de-telecomunicaciones2/actividades/conferencia-2/Redes%20de%20Transporte.SDH.V5%20R2.ppt/view>. (1999). Fecha de consulta: 22:00, febrero 12, 2011.
- [3] Gerszberg Jonathan, Pineda Gabriel. SDH: Jerarquía Digital Sincrónica. 2001. Buenos Aires, Argentina. Universidad Tecnológica Nacional. <http://www.monografias.com/trabajos908/sdh->

- digital/sdh-digital2.shtml. Fecha de consulta: 21:00, enero 26, 2011.
- [4] San Juan Ceja Joaquín Ing., Rosas Fernández José Bernardo Ing. Sistemas de Transmisión SDH. México. Subdirección de Multiplexores y Sistemas de Fibra Óptica. NEC. [http://www.eng.cam.ac.uk/~jbr28/files/SDH\\_Spanish\\_Rosas.pdf](http://www.eng.cam.ac.uk/~jbr28/files/SDH_Spanish_Rosas.pdf). Fecha de consulta: 19:00, enero 8, 2011.
- [7] (2010, 18 de diciembre). Fecha de consulta: 05:59, enero 30, 2011.
- [8] Wikipedia, La enciclopedia libre. Metro Ethernet. [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Metro\\_Ethernet&oldid=40724468](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Metro_Ethernet&oldid=40724468). (2010, 3 de octubre). Fecha de consulta: 06:35, febrero 17, 2011.
- [9] Calero Rodrigo. Redes Metro Ethernet. Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. [http://materias.fi.uba.ar/6679/apuntes/Metro\\_Ethernet\\_2007.pdf](http://materias.fi.uba.ar/6679/apuntes/Metro_Ethernet_2007.pdf). 2007. Fecha de consulta: 23:00, enero 27, 2011.
- [10] Domínguez Limaico Hernán Mauricio, Gordillo Pasquel Marco Patricio. Estudio, Diseño y Simulación de una Red de Backbone sobre Anillos de Fibra Óptica en la ciudad de Quito para unir las redes de acceso de la empresa Integral Data que soporte sistemas de Compresión de Voz en TDMoIP. Quito. Escuela Politécnica Nacional. -.
- [5] Luque Adrián. SDH (Jerarquía digital sincrónica).Argentina, Universidad Nacional de Rosario. <http://www.monografias.com/trabajos15/jerarquia-digital/jerarquia-digital.shtml>. Fecha de consulta: 20:00, febrero 5, 2011.
- [6] Wikipedia. La enciclopedia libre. Jerarquía digital síncrona. [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Jerarqu%C3%ADa\\_digital\\_s%C3%ADncrona&oldid=42600795](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Jerarqu%C3%ADa_digital_s%C3%ADncrona&oldid=42600795). Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (ECUADOR). Marzo del 2006.
- [11] Huawei Technologies. OptiX OSN 1500 Intelligent Optical Transmission System V100R008. 2009
- [12] Ortega Tamarit Beatriz, Capmany Francoy Jose. Redes Ópticas. Editorial Universidad Politecnica de Valencia. 2006
- [13] Wikipedia, La enciclopedia libre. Ethernet. <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Ethernet&oldid=43953846>. Fecha de consulta: 07:06, febrero 17, 2011
- [14] National Instruments. Tutorial: Beneficios de Ethernet para Sistemas de Medición y Control Distribuidos. <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/5999> Fecha de Publicación: 07-feb-2008
- [15] Aller Tomillo Conchi, Rabadán Jorge y Pastor Javier. Qué es... Redes Metro Ethernet. BIT. <http://www.coit.es/publicaciones/bit/bit149/64-66.pdf>. feb-mar 2006.