



Revista Tecnológica ESPOL, Vol. xx, N. xx, pp-pp, (Mes, 200x)

## “Análisis del diseño de una red para dar servicios de tráfico de telecomunicaciones”

Peter Hidalgo<sup>1</sup>, Roberto Guzmán<sup>2</sup>, Ing. Héctor Fiallos<sup>3</sup>

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Campus Prosperina, Vía Perimetral Km 30 ½

Apartado 09-01-5863 Guayaquil, Ecuador

[prhidalg@fiec.espol.edu.ec](mailto:prhidalg@fiec.espol.edu.ec), [rguzman@espol.edu.ec](mailto:rguzman@espol.edu.ec), [hfiallos@telconet.net](mailto:hfiallos@telconet.net)

### Resumen

*Actualmente estamos en un mundo en donde las Telecomunicaciones han obtenido un gran despliegue, ofreciendo servicios ya sea a personas, pymes y a grandes corporaciones. Servicios que son brindados por un sinnúmero de empresas proveedoras de servicios y productos tecnológicos, cada una manteniendo sus clientes y otras rompiendo barreras para conseguir más clientes, entrando en una batalla de costos en el medio tecnológico, donde cada día incrementa la demanda de éstas empresas. Es por ello que el presente artículo realiza un análisis Técnico-Económico de 2 posibilidades en el medio ya sea alquilando un servicio ó montar una infraestructura para dicho servicio y que con el tiempo se pueda crear un Nuevo abanico de oportunidades y productos para la rentabilidad de la empresa. Ésta infraestructura viene ligada con un gran crecimiento en Ancho de Banda y velocidad en el medio, por lo cuál nos hemos enfocado en una RED SDH, la que permite tener enormes caudales de información, que sólo podrían ser soportadas por conexiones físicas que manejen un gran ancho de banda. Es por ello que el análisis de Fibra Óptica en éste artículo es muy importante. Una Red SDH es sinónimo de escalabilidad, estabilidad, seguridad y flexibilidad, la cuál nos permite brindar una serie de servicios que con el tiempo hace a una empresa muy rentable. Finalmente detallamos las conclusiones y recomendaciones en base al estudio realizado.*

**Palabras Claves:** SDH, Fibra óptica, Ancho de Banda, STM, Metro Ethernet TDM, TDMoIP

### Abstract

*At the moment we are in a world where the Telecommunications have obtained a great unfolding, offering services or to people, Pymes and to great corporations. Services that are offered by an endless number of companies technological suppliers of services and products, each maintaining its clients and others breaking barriers to obtain more clients, entering a battle of costs in technological means, where every day increases the demand of these companies. It is for that reason that the present article realises a Technico-economic analysis of 2 possibilities in means either renting a service or to mount an infrastructure for this service and that with time it is possible to be created a New portfolio of opportunities and products for the profitability of the company. This one infrastructure comes ligature with a great growth in Bandwidth and speed in means, thus we have focused in a SDH NETWORK, the one that allows to have enormous volumes of information, that they could only be supported by physical connections that handle a great bandwidth. It is for that reason that the Optical fiber analysis in this one article is very important. A SDH Network is synonymous of scalability, stability, security and flexibility, which allows to offer a series us of services that with time does to a very profitable company. Finally we detailed to the conclusions and recommendations on the basis of the realised study.*

## 1. Introducción

A lo largo del desarrollo de este artículo trataremos de abordar todo el proceso de análisis técnico y diseño de una red como backbone para una empresa proveedora de servicios de comunicaciones utilizando la fibra óptica como medio físico de transmisión y la RED Metro Ethernet. Para esto nos hemos enfocado en brindar dos proyectos. El proyecto número uno, tiene como objetivo dar herramientas para que una empresa de telefonía celular pueda aumentar la transmisión de sus canales voz entre las ciudades de Guayaquil y Quito, a través de un sistema de transmisión SDH, para así aumentar sus ganancias y el proyecto número dos da argumentos a un CALL CENTER que está ubicado en la ciudad de Cuenca, para que pueda brindar servicios integrados de comunicaciones a través de una conexión TDM pura/TDMoIP (Redes Metro Ethernet) por el NAP de las Américas. El objetivo es mostrar en ambos como cubrir necesidades similares en una empresa a través de la implementación de estos proyectos y compararlos, con el alquiler a un tercero de un servicio idéntico a lo que se busca con la implementación. Para tal efecto hemos dividido en 3 fases nuestro análisis: Fase 1. Información Teórica Fase 2. Diseño Físico de la red. Esta fase contiene todo el estudio de ruta, instalación de la fibra, equipos a utilizar y el tipo de Fibra a emplear. Fase 3. Análisis Económico. En esta parte nos enfocamos a analizar los costos tanto para implementar como para alquilar los 2 proyectos a terceros.

## 2. RED SDH – METROETHERNET Y TDMoIP.

Las principales características que encontramos en cualquier sistema de Red de Transporte SDH implementado hasta ahora son las siguientes:

- Simplificación de Red, es uno de los beneficios de SDH frente a redes basadas exclusivamente en PDH.
- Fiabilidad, En una red SDH los elementos se monitorean extremo a extremo y se gestiona el mantenimiento y la integridad de la misma.
- Software de Control, La inclusión de canales de control dentro de una trama SDH posibilita la implementación de un software de control total de la red.
- Estandarización, Los estándares SDH permiten la interconexión de equipos de distintos fabricantes en el mismo enlace.
- Fibra Óptica, Es el medio Físico desplegado en la redes actuales por su gran capacidad que posee para

portar tráfico en comparación a los coaxiales o los pares de cobre.

- Topologías en Anillo, Actualmente se están desplegando en mayor número. Si un enlace se pierde, hay un camino de tráfico alternativo por el otro lado del anillo.

- Sincronización, Los operadores de red deben proporcionar temporización sincronizada a todos los elementos de la red para asegurarse que la información que pasa de un nodo a otro no se pierda. La sincronización se está convirtiendo en un punto crítico entre los operadores, con avances tecnológicos cada vez más sensibles al tiempo.

## RED METROETHERNET

La red Metro Ethernet consta de las siguientes características:

- Posee un bajo coste de implementación.
- La implementación consta de una conexión de Switches, configurados con Spanning Tree Protocol y Vlans.
- Fácil de interconectar con otras redes, el 98% de redes implementadas con Ethernet.
- Ya no hay limitantes en cuanto a distancia, debido a que las tecnologías ópticas nos permiten transportar Ethernet a miles de Km.
- Por la Fiabilidad y Redundancia, los fabricantes de equipos Ethernet aportan soluciones tan fiables como las de Telefonía tradicional TDM.

La Red MetroEthernet es el transporte de la tecnología TDMoIP.

## TDMoIP

La cual tiene las siguientes características:

- Posee un bajo costo de implementación.
- Facilidad de interconectar con otras redes Ethernet.
- Facilidad al implementar.
- No existe limitantes ópticas debido a que la fibra óptica nos permite transportar a miles de km.
- Posee seguridad de datos en la red.
- Soporta Calidad de servicio (QoS), resiliencia y escalable.
- TDMoIP es la solución para la introducción de voz sobre Redes IP sin modificar la planta instalada de centralitas, debido a una conversión simple, transparente y económica.

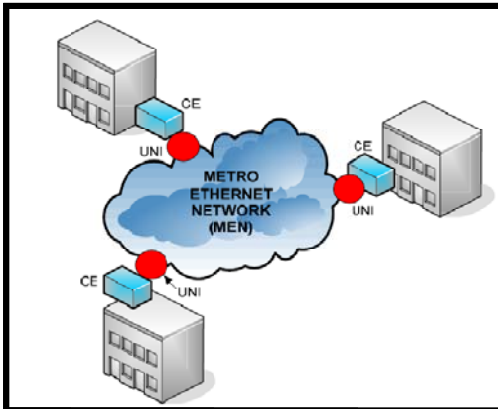


Figura 1. Red MetroEthernet

### 3. Proyecto

En este artículo nos basamos en 2 fases los cuales mencionamos a continuación:

- La primera fase, Interurbana, evalúa un servicio que permita transmitir los canales de voz de una empresa de Telefonía Celular con mayor rapidez aumentando así sus ganancias. Para lograrlo, nuestra evaluación se basa en analizar la mejor alternativa técnico-económica para implementar una infraestructura para proveer 3 STM-1 entre las ciudades de Guayaquil y Quito, los cuales van ser transmitidos sobre un BACKBONE SDH STM-64.

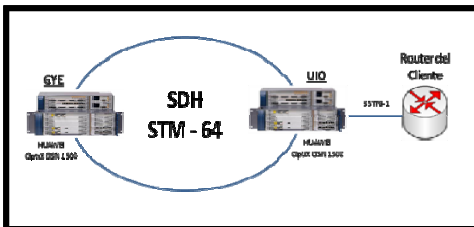


Figura 2 Diseño de la primera fase del proyecto

- La segunda fase, Urbana, evalúa la mejor opción para que un CALL CENTER ubicado en la ciudad de Cuenca, tome la mejor decisión para brindar servicios integrados de comunicaciones a través de una conexión CLEAR CHANNEL de 10 E1 con tecnología TDM pura/TDMoIP por el NAP de las Américas. Para este proyecto hemos considerado que el NAP está situado en la ciudad de Quito, ya que la salida sería por TRANSNEXA que está ubicado en esa ciudad.

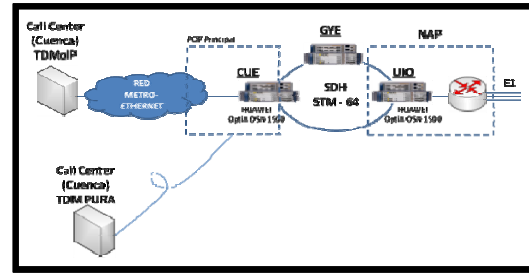


Figura 3 Diseño de la segunda fase del proyecto

### 4. Diseño Físico de la Red

Debido a que las 2 fases del proyecto tienen ciudades comunes, realizaremos el diseño de un anillo entre las ciudades de GYE-UIO-CU. El tendido de la Fibra Óptica por protección será subterránea y nos basaremos en la técnica de zanjas, que son ranuras a lo largo de las carreteras principales que unen a mencionadas ciudades. Esta técnica que permite instalar cables subterráneos en mencionadas zanjas de 1.10 mts de profundidad y 40 cm de ancho. Las ventajas de esta técnica con relación al tendido aéreo son fundamentalmente su velocidad de ejecución, y seguridad de la Fibra en lo que se refiere a interrupciones de servicios.

#### Tendido Subterráneo

Por medio de zanjas en las cuales primeramente se rellena con piedra grava o ripio unos 30cms, luego insertamos el biducto que es donde se colocará la fibra y finalmente se vuelve a rellenar con piedra ripio o piedra bola para su protección. La fibra óptica a utilizar debe estar basada en la normativa UIT-T G.655, la cual maneja una atenuación de 0.2 db/km en Monomodo. A medida que se va avanzando en la instalación del ducto doble en las zanjas a lo largo del camino, con el uso de una sufladora comenzamos a introducir la fibra por todo el camino. La sufladora es una herramienta que permite la succión violenta de la fibra pasando por todo el camino. Finalmente realizando los debidos empalmes cada 4km(fibra por carrete) realizamos el tendido subterráneo de toda la ruta GYE-UIO-CUE.



de baterías , El Optix OSN Huawei 1500 (utilizado en el laboratorio) pero para la implementación formal se usaría el Optix OSN 3500 de Huawei.

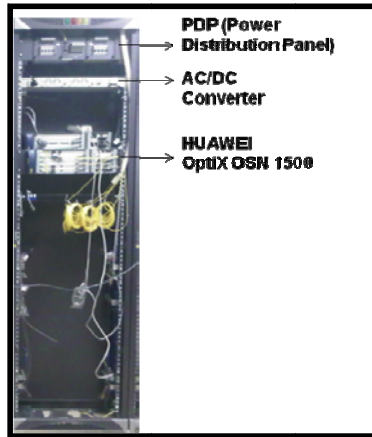


Figura 5. Rack con equipos Huawei

Ahora mostraremos la distribución de tarjetas que se tendrían en los nodos Principales, ya que en los Nodos secundarios se tendrían solo las tarjetas de regeneración aparte de las mínimas requeridas como son: PIU, FAN, Cross Conectoras (CXL1), AUX, EOW.

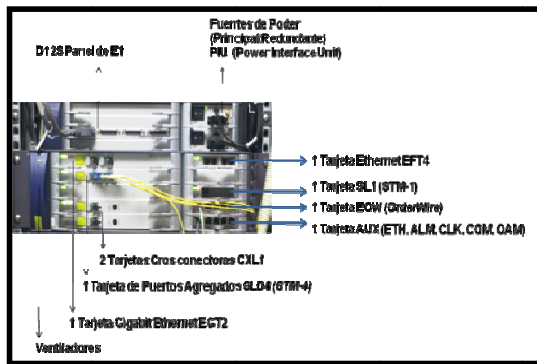


Figura 6. Distribución de tarjetas en el OSN 1500

Finalmente para administración se necesitaría de un Servidor cuyas características mínimas tendría Sistema Operativo Windows 2000 Server, 1 Procesador Intel Xeon Dual Core de 2.5 Ghz, 4 GB en Memoria RAM, 2 Discos de 146GB/10KRPM en RAID1, 2 Tarjetas de RED LAN Gigabit Ethernet y Fuentes de Poder Redundantes. Este servidor tendría embebido los software de administración y monitoreo de los Equipos antes mencionados como son el T2000 Sever y el T2000 Client. Es muy recomendable tener 2 equipos Servidores por redundancia, que con ayuda de una herramienta se pueda tener conexión entre las

dos haciéndose réplicas de la información. Para nuestra elección fue el Servidor Dell Optiplex 745.



Figura 7. Servidor de Administración

Para la implementación del Proyecto 2 , sólo se debe agregar la Red Metro Ethernet (Switches) y los IPMUX. Los IPMUX elegidos serían el IPMUX1, IPMUX 8 e IPMUX 11.

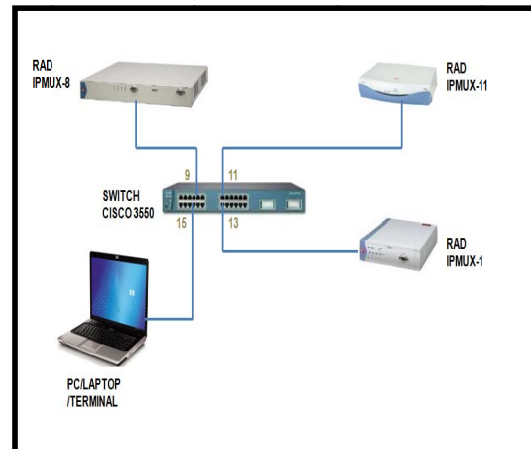


Figura 8. Equipos para Proyecto 2

### Características de Equipos

- OPTIX OSN HUAWEI 1500: Es el equipo Core de cada estación , el cual regenera la señal, posee puertos agregados como STM-4 y puertos tributarios como STM-1, además de la tarjeta Cross-Conectora que es fundamental al momento de hacer el switcheo eléctrico a óptico, es un equipo Carrier Class (Redundancia de sus elementos).

- Quidway AR-2830: Utilizado en cada nodo principal para realizar pruebas de conectividad a nivel de Gigabit Ethernet.
- IPMUX-1 : Soporta 1 sola interfaz E1/T1 y 1 Fast Ethernet, envía los paquetes de un mundo sincrónico a un mundo Asincrónico.
- IPMUX-8: Soporta hasta 8 E1's y 2 interfaces Ethernet.
- IPMUX-11: Soporta 1 interfaz E1 y 3 Fast Ethernet.
- Atenuador de Fibra Óptica: Es utilizado para reducir la potencia de la luz en una red de Fibra Óptica.
- Power Meter Jointwit JW3206: Equipo utilizado para realizar mediciones de potencia.

## 6. Análisis Económico

Luego de haber analizado los diferentes factores que debemos considerar para la implementación de los dos proyectos antes mencionados, detallamos a continuación los costos incluidos en el desarrollo de cada uno. Los valores mostrados en el análisis económico corresponden al valor de inversión inicial que se debería considerar para poder implementar una infraestructura propia para una empresa y comparar esto con una opción de arrendamiento por un servicio similar. Como parte de este análisis no se incluyen los valores correspondientes a la operación anual de cada uno de los proyectos, si no, solamente los valores de inversión inicial. En las siguientes tablas se pueden observar los valores de forma general

### Costos de la primera fase del Proyecto:

Para la implementación de este proyecto obtuvimos los siguientes resultados:

- Implementación de la Fibra Óptica GYE-UIO: \$11.018.748,00.
- Costo Total de los 2 Nodos Primarios: \$350.690,00
- Costo Total de los 4 Nodos Secundarios: \$261.136,00

Por lo que el costo Total del Proyecto 1 es de aproximadamente: \$ 11.630.574,00

Por el alquiler de 3 STM-1 entre GYE-UIO tiene un costo mensual de:

- Proveedor A: \$53.975,00
- Proveedor B: \$47.000,00
- Proveedor C: \$ 35.735,00

Por confidencialidad de las empresas hemos identificado solo como A, B y C.

### Costos de la segunda fase del Proyecto:

Para la implementación de este proyecto obtuvimos los siguientes resultados:

- Implementación de la Fibra Óptica GYE-CUE: \$6.633.107,85.
- Implementación de la Fibra Óptica CUE-UIO: \$10.473.328,00.
- Costo Total de los 3 Nodos Primarios: \$526.035,00
- Costo Total de los 11 Nodos Secundarios(completando el anillo): \$718.124,00
- Equipos para TDMoIP: \$ 5.000,00

Por lo que el costo Total del Proyecto 2 teniendo presente que se formaría un anillo completo entre estas 3 ciudades GYE-CUE-UIO es de aproximadamente: \$ 22.736.235,00

Por el alquiler de 10 E1's entre Gye-Cue tiene un costo mensual de:

- Proveedor A: \$ 4.000,00
- Proveedor B: \$ 3.600,00
- Proveedor C: \$ 3.100,00

Por confidencialidad de las empresas hemos identificado solo como A, B y C.

Los precios detallados anteriormente incluyen todo lo que es equipamiento ya sea por nodo primario o secundario, estaciones en cada ciudad, despliegue de la fibra de todo el recorrido, es decir todo para tener en operación tal RED SDH.

Es importante mencionar, que a pesar de que el servicio de alquiler de este servicio, es más económico que realizar una implementación completa del mismo, la implementación nos permitirá abrir la puerta a un nuevo portafolio de productos, creando un área que administre este nuevo negocio, que en la actualidad es uno de los más rentables a nivel mundial.

## 7. Conclusiones y Recomendaciones

### Conclusiones:

- En caso de obtener o contar con recursos económicos/medios de financiación, nuestra decisión sería realizar la implementación de los mismos basados en la alta rentabilidad que se puede obtener a través de un portafolio de productos y servicios para clientes internos y externos que se puede ofrecer con este tipo de arquitectura, teniendo una recuperación de la inversión en un mediano plazo (aproximadamente 3 años).
- La capacidad de transmisión depende de los equipos de tecnología de punta instalados, y de un cable físico que soporte dicha capacidad.
- Los equipos Carrier Class utilizados trabajan en DC, ya que en AC las armónicas que forman quemaría al equipo.
- En las investigaciones realizadas vemos que existen 5 empresas que tienen conexión directa al NAP de las Américas actualmente que son Telefónica, Transneta, Telconet, CNT y Conecel.
- Para la parte de implementación de la fibra, en caso de querer optimizar el tiempo de implementación, debe considerarse el alquiler de mayor cantidad de retroexcavadoras, ya que una sola de ellas puede hacer un hueco de 120 metros cada 8 horas y el costo de alquiler es por hora.
- El sistema de Sincronismo es muy importante en una Red SDH.
- Estos equipos OSN 1500 vienen de fábrica configurados con unos ID's, por lo cual siempre debe pedirse al proveedor.
- Hemos concluido también que el proyecto simulado en el laboratorio fue exitoso pero con equipos que tienen otras características como por ejemplo los Optix OSN 1500 no soportan STM-64, utilizando como puertos agregados los STM-4 que haciendo una similitud solo varía la capacidad pero el bosquejo se lo realiza de la misma manera.
- El TDMoIP se convierte en un "PSEUDOWIRE" debido a que el IPMUX solo reconoce la MAC ADDRESS del siguiente equipo, sin importar el direccionamiento IP de la RED METRO

ETHERNET, es decir, para el IPMUX la red METRO ETHERNET es de capa 1.

- La Tecnología TDMoIP es superior TDM por motivos de costos y facilidad de implementación.
- En este proyecto uniendo las 2 fases, tanto la parte Interurbana y Urbana.
- En la segunda fase con la tecnología TDMoIP unimos dos grandes mundos como son el asincrónico y sincrónico gracias al IPMUX patentado por RAD.

### Recomendaciones:

- Es importante tener en cuenta que en los equipos ADM (OSN 1500), exista 1 puerto agregado por tarjeta, ya que de lo contrario si se daña la tarjeta se perdería el enlace por completo.
- Siempre es aconsejable obtener los valores de Potencia de los equipos y/o tarjetas con un medidor de potencia óptico para no quemar o saturar los equipos en la recepción. Para esto se utilizan los atenuadores que hay de 5dB, 10 dB y 20dB.
- Siempre debe existir en los concentradores (Cuarto de equipos) conexiones eléctricas aterrizadas a tierra, ya que de lo contrario se queman las tarjetas.
- Para sincronizar la red SDH, lo más recomendable es tener un reloj de fuente externa (reloj que se sincronice con satélites) como prioridad principal.
- Por seguridad de la red es recomendable tener holgura, en nuestro caso hemos asumido dejar 5% de longitud en cada carrete y además 3db con respecto a la atenuación de la señal para aprovisionamiento.
- Se debe realizar un diseño de una Red METRO ETHERNET con los SWITCHES necesarios ubicándolos en sitios estratégicos para tener una mayor cobertura en un territorio determinado y así poder brindar el servicio TDMoIP a un menor costo en la última milla.

Muy importante realizar las mediciones de potencias y de distancias que soportan las tarjetas antes de implementar para poder realizar el bosquejo de los nodos y así obtener una excelente implementación.

## 8. Agradecimientos

Agradecimientos especiales a la ESPOL, Al Ing. Hector Fiallos por sus conocimientos impartidos y los compañeros de aula por el apoyo brindado y, a nuestras familias por el constante apoyo para su culminación.

## 9. Referencias

- [1] [2] [3] P Hidalgo – R Guzmán, Tesina de Grado: Análisis del diseño de una red para dar servicios de tráfico de telecomunicaciones, 2011.
- [4] ITU-T, Recomendación ITU-T G655 “Características de la Fibra Óptica Monomodo de dispersión desplazada distinta de Cero”, <http://202.114.9.3/xueke/wldz/bz/g/6.pdf>, 1996.
- [4] C. Alberto, Lucas Chiesa, M. Manterola, Fibra óptica: Tendido y verificación de redes de fibra óptica, <http://www.marga.com.ar/~marga/6677/tp2/tp2-redes-fibra.pdf>, 2007.
- [5] D. Campozano, L. Franco, Tesis: “Diseño de una red troncal en anillo de Fibra Óptica para el Transporte de Tráfico IP sobre MPLS entre las ciudades de Guayaquil, Quito y Cuenca.” ESPOL. <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2547/1/5023.pdf>, 2010
- [6] Huawei, Acuerdo ESPOL-HUAWEI, Adquisición de Equipos para Laboratorio de Redes Ópticas, 2008.

---

**Ing. Hector Fiallos**  
**Director de Tesina de Seminario**  
Marzo 10 del 2011