

Diseño de una Red SDH para Dar Servicio de 3 STM-1 y Dotar a un Call Center de 2E1 por medio de una Red MetroEthernet con Tecnología TDMoIP

Miguel García Villa – Benjamin Romero Holguín – 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
magarciav@hotmail.com
benjaminrh@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 – 64 con dos hilos de fibra óptica, Transmisión – Recepción, con protección tipo anillo, teniendo como nodos principales las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca, donde se proveerá 3 STM – 1 como servicio o puerto tributario entre las ciudades de Quito y Guayaquil, con la finalidad de proveer a una compañía de telefonía fija del país. Además de diseñar un circuito Clear Channel de 2 E1 con tecnología TDM pura o TDMoIP desde la ciudad de Guayaquil 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 Telecomunicaciones 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 – 64 as backbone with two optical fiber threads, Transmission - Reception, with protection type ring, having like main nodes the cities of Quito, Guayaquil and Cuenca, where 3 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 2 E1 with TDM pure or TDMoIP from the city of Guayaquil 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 ESPOL's Telecommunications Laboratory.

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

1. Introducción

La necesidad de la comunicación se ha hecho presente desde siempre como parte de una sociedad y debido a los avances tecnológicos presentados al mundo, llegando hasta el día de hoy a los métodos más modernos para lograr este objetivo.

Es así como la demanda por servicios de telecomunicaciones en el tráfico de datos se incrementan. El mercado exige la extensión de las Redes de Área Local, sin embargo, hay que potenciar las estructuras de redes de fibra óptica y equipos de transporte, es así que se debe preparar las redes para la integración de las tecnologías y esto se debe realizar

con miras a reutilizar las estructuras de redes ya existentes.

Debido a que las redes SDH actualmente soportan la mayor cantidad de tráfico telefónico y de datos en el Ecuador (urbano, de larga distancia e internacional), cuentan con un alto grado de estandarización y garantizan calidad de servicio entre otras cualidades, con el fin de evolucionar para permitir una demanda creciente de integración de servicios, operación y gestión.

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 con TDM o Gigabit Ethernet con TDMoIP a nivel MAN como tecnologías de acceso.

2. Tecnología utilizada

2.1. Jerarquía Digital Sincrónica SDH

SDH (Synchronous Digital Hierachy) es un estándar internacional para sistemas ópticos de telecomunicaciones de altas prestaciones. Esta red, por su característica sincrónica, está optimizada para manejo de anchos de banda fijos, lo que la ha convertido en el medio natural para la transmisión de telefonía tradicional, voz dato y video. Este estándar culminó en 1989 en las recomendaciones de la ITU-T G.707, G.708, y G.709 que definen la Jerarquía Digital Síncrona. Las recomendaciones de la UIT-T definen un número de tasas básicas de transmisión que se pueden emplear en SDH. La primera de estas tasas es 155.52 Mbps, normalmente referidas como un STM-1 ("Synchronous Transport Module – Level 1"). Mayores tasas de transmisión como el STM-4, el STM-16, STM-64 y STM-256 (622.08 Mbps, 2488.32 Mbps, 9953.28 Mbps y 39813.12 Mbps respectivamente) están también definidas. El protocolo además permite manejar señales de más baja jerarquía como las provenientes del estándar PDH ("Plesiochronous Digital Hierachy") por medio de puertos tributarios adecuados.

2.2. Redes Metro Ethernet

Es una arquitectura tecnológica destinada a suministrar servicios de conectividad MAN/WAN de nivel 2, a través de UNIs Ethernet. Estas redes denominadas "multiservicio", soportan una amplia gama de servicios, aplicaciones, contando con mecanismos donde se incluye soporte a tráfico "RTP" (tiempo real), como puede ser Telefonía IP y Video IP, este tipo de tráfico resulta especialmente sensible a retardo, al jitter y al grudge. La utilización de las líneas de cobre (MAN BUCLE), garantiza el despliegue de un punto de red Ethernet, en cualquier punto del casco

urbano. La tecnología de agregación de múltiples pares de cobre, (MAN BUCLE), permite la entrega de entre 10 Mbps, 20 Mbps, 34Mbps y 100Mbps, mediante la transmisión simultanea de múltiples líneas de cobre, además esta técnica cuenta con muy alta disponibilidad ya que imposible la rotura de todas las líneas de cobre y en caso de rotura parcial el enlace sigue transmitiendo y reduce el ancho de banda de forma proporcional.

2.3. Red TDMoIP

La multiplexación por División del Tiempo sobre Protocolo Internet (TDMoIP) es una tecnología de transporte que amplía las aplicaciones tradicionales de voz, datos y video de forma transparente sobre infraestructuras de red IP o Ethernet.

Para aplicaciones de voz, TDMoIP soporta PBX tradicionales (incluyendo sus funciones propietarias), además soporta cualquier señalización (incluyendo RDSI, Q.SIG y SS7) además de todas las velocidades de modem y fax. TDMoIP también soporta muchos protocolos de comunicación - ATM, Frame Relay, HDLC, RDSI, SNA, SS7, Sinc/Asinc y X.25. Para transmisión de video, TDMoIP soporta los servicios H.320 (PRI) y H.324 (BRI). Además de su versatilidad, TDMoIP es más sencillo y menos costoso que la Voz sobre IP (VoIP). En breve, TDMoIP será ideal para aplicaciones empresariales y de proveedores de servicios en telecomunicaciones.

3. Implementación del proyecto

Para el proyecto se analizan dos posibles soluciones: El alquiler de redes ya existentes que consiste en contratar los servicios de una portadora ya establecida en el mercado o la implementación de la red en su totalidad, ésta ultima opción a nuestro análisis es una de las mejores soluciones ya que brinda a la empresa implementadora la opción de crecimiento.

4. Método a implementarse y diseño físico de la red

El tendido de la fibra Óptica ha sido diseñado mediante la técnica de micro zanjas, basados en la normativa UIT-T L.49, ranuras que se realizan a los costados de las carreteras principales a lo largo de la ruta que une Quito - Guayaquil – Cuenca.

La microzanja permite instalar cables subterráneos en pequeñas ranuras de ancho de 10 y 15 mm de ancho y profundidad entre 10 y 25 cm. Las ventajas de esta técnica en relación a las convencionales estriban esencialmente en su mayor velocidad de ejecución, bajo costo, repercusión ambiental significativamente baja y una interrupción limitada del tráfico en los caminos, y como consecuencia, se expedita la obtención de los permisos para trabajar en zonas

públicas o carreteras concesionadas que encontraremos en nuestro recorrido.

Como se observa en la Figura 1 el coste de la microzanja es hasta 1/3 del coste de una canalización óptica normal, no requiere la instalación de arquetas/registros intermedios para apoyo del tendido del cable

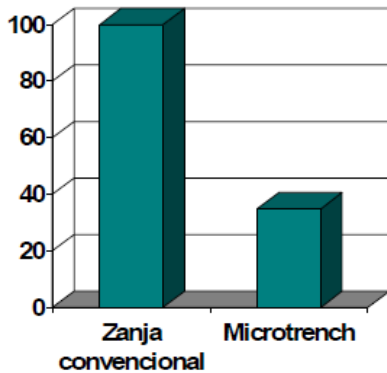


Figura 1. Diferencia de costos

Con respecto al método aéreo, al hacer nuestra instalación por medio de microzanjas, nos evitaremos el costo de alquiler de postes a la empresa eléctrica y de la colocación de nuevos postes en las áreas donde se requiera, motivo por el cual hemos elegido este método para nuestro proyecto

4.1. Tendido por microzanjas

El microducto es un nuevo concepto de diseño de instalación subterránea que ha sido introducida en Europa y Norte América durante los últimos años. Ha sido desarrollado para los anillos internos urbanos por su versatilidad de despliegue. Debido a su menor costo de despliegue, el concepto ahora es utilizado para redes de larga distancia también.

El microducto es un ducto muy pequeño generalmente en el rango de 4mm - 12.7mm (diámetro externo) que puede ser soplado dentro de un ducto vacío de 3/4" - 2" o instalado como una subdivisión en un ducto existente ocupado de 1" a 2".

4.2. Ventajas del microducto

Eficiencia: al reducir el espacio desperdiciado del ducto, la microtecnología nos permite la máxima utilización de las actuales y futuras infraestructuras en comunicación.

Mejora de la rentabilidad: permite la máxima rentabilidad y mayor retorno de la inversión por todos los clientes actuales o futuros gastos de derecho de vía.

Versatilidad: la tecnología está cambiando constantemente; por lo que, sólo instalando las fibras que se necesitan hoy en día se tiene la oportunidad de utilizar lo último en fibra ya que la tecnología está disponible.

Expansión de la Red: al colocar varios microductos en los ductos más grandes vacíos (o algunos microductos dentro de ductos ocupados), las preocupaciones de futuras expansiones se resuelven. Futuras expansiones no interrumpirán los servicios existentes.

Rapidez en la instalación: la microtecnología permite instalaciones más rápidas, reduciendo nuevamente los costos de instalación global al cliente.

Mejora la utilización de capital: los costos concernientes a los cables de fibra óptica son generalmente bajos; el microcable viene en presentaciones de 2 a 72 fibras. Utilizando bajas cantidades de cable el costo es dramáticamente menor. Se puede únicamente instalar los microcables para satisfacer los requerimientos de capacidad de los clientes. De esta forma se pueden mantener las inversiones realmente ajustadas a los flujos de efectivo.

3. Visión general de la ruta del anillo

Básicamente este proyecto tienen como objetivo intercomunicar mediante una red óptica a tres de las ciudades más importantes de nuestro país como son: Guayaquil – Quito – Cuenca. Por las grandes distancias que tendremos que recorrer es recomendable dividir la ruta en tramos y cada tramo tendrá una estación que albergará un cuarto de equipos.

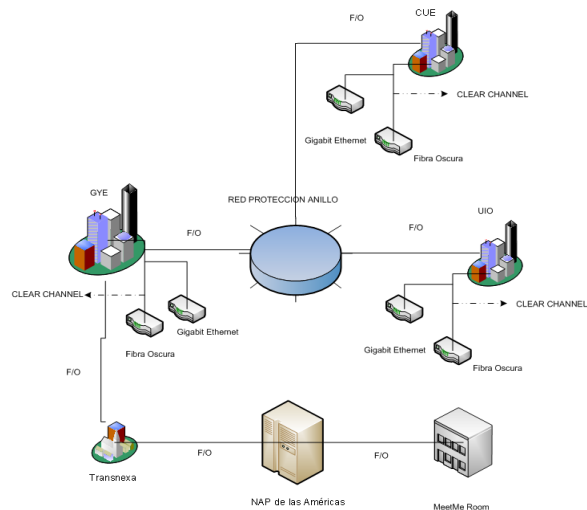


Figura 2. Esquema de implementación del proyecto

Hemos considerado que nuestra red óptica será desplegada mediante una técnica de tendido con microzanjas que pase por todas las ciudades importantes que están en la ruta entre Guayaquil – Quito - Cuenca, ya que en estas ciudades se encontraran futuros clientes para la red.

Tabla 1. Distancia entre nodos dentro de la ruta Quito – Guayaquil

SEGMENTO	LONGITUD DE LA FIBRA OPTICA (Km)
Quito - Tandapi	49
Tandapi - Santo Domingo	63
Santo Domingo – Quevedo	100
Quevedo - Babahoyo	103
Babahoyo - Milagro	40
Milagro - Guayaquil	33
TOTAL	388

Tabla 2. Distancia entre nodos dentro de la ruta Guayaquil - Cuenca

SEGMENTO	LONGITUD DE LA FIBRA OPTICA (Km)
Guayaquil - Naranjal	112
Naranjal - Machala	79
Machala - Santa Isabel	99
Santa Isabel - Cuenca	82
TOTAL	372

Tabla 3. Distancia entre nodos dentro de la ruta Cuenca – Quito

SEGMENTO	LONGITUD DE LA FIBRA OPTICA (Km)
Cuenca – Zhud	93
Zhud – Alausí	58
Alausí – Riobamba	81
Riobamba – Ambato	63
Ambato – Latacunga	95
Latacunga – Quito	90
TOTAL	480

Tabla 4. Características de los Cuartos de Equipos

Descripción	Características
Dimensiones recomendadas	4,5 x 4 mt área 3 mt. Altura
Alineamiento de energía	220 v - 110 v
Sistema de Tierra	0 - 4 ohm
Rectificador DC - 48 V	60 Amp
Cajas de Breaker	2
Breaker	2 x 50 Amp - 4 x 25 Amp
Generador	12 KVA
Aire Acondicionado	18000 BTU
Baterías	2 x 100 Amp/hora
Rack	2,2 mts Pintura Electroestática
Gabinete para ADM	2,2 mts Pintura Electroestática
Bandejas Metálicas canalizado	4 mts x 0,5 mt

Con respecto a la configuración de los equipos esta se realiza siguiendo los pasos descritos en el siguiente diagrama de bloques.

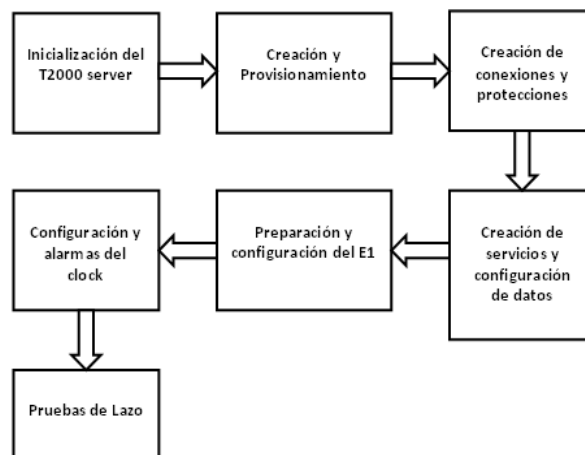


Figura 3. Esquema de configuración de equipos

4. Factores a considerar en el diseño

Los factores más importantes a considerarse en el diseño de un enlace de fibra óptica son: la atenuación y la dispersión. Por lo que a continuación se realizará el cálculo de cada uno de estos factores.

La atenuación es el desgaste que sufre la señal en el trayecto de un enlace, éste es un parámetro clave a la hora de implementar un enlace óptico, de la atenuación depende que tan lejos podemos llegar con la fibra óptica. Para su cálculo usaremos la siguiente ecuación:

$$A_{enlace}(dB) = L*a + N*ae + Nc*ac \quad (ec.1)$$

Donde:

Aenlace	Atenuación del enlace en dB
L	Longitud del enlace en Km
a	Atenuación de la fibra en dB/Km
ae	Atenuación por empalme
N	Número de empalmes
ac	Atenuación por conector
Nc	Número de conectores

El número de empalmes se calcula dividiendo la longitud del enlace para la longitud de cada bobina, a empalmes que se hacen en éste resultado se suma 1, porque se debe considerar los cada extremo del enlace (ecuación 1). El número total de empalmes es un número entero, de no serlo se aproxima el número al inmediato superior.

$$N = \frac{\text{longitud del enlace}(Km)}{\text{Longitud de la bobina}(Km)} + 1$$

La dispersión se refiere a la máxima dispersión que se puede tolerar en una distancia límite.

$$L_{\text{límite de dispersión}}(\text{Km}) = \frac{\text{Tolerancia de dispersión}(\text{ps/nm})}{\text{coeficiente de dispersión}(\text{ps/nm.Km})}$$

La mayoría de equipos tolera un máximo de 12800 (ps/nm). De la recomendación de la UIT-T G 655, tenemos que por lo general el coeficiente de dispersión es de 6 ps/nm.Km. Por lo que: El resultado nos dice que para distancias superiores a 2133.33 Km, necesitaremos un módulo compensador de dispersión (DCM). En nuestro caso la mayor distancia que se obtiene es de 112 Km, por lo que no se necesitaría en forma obligada un DCM

5. Cálculos para la elección de los módulos ópticos de las tarjetas

Para la elección de las tarjetas a usarse se tomo un promedio de las distancias entre las ciudades.

De la siguiente tabla 5 se eligió la L-4.2 para la transmisión de un STM-4 cuya distancia de transmisión es entre 40 y 80 Km

Tabla 5. Tipos y parámetros de las 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

Se tomo el valor máximo de la distancia para esta tarjeta la cual es 80 Km, como valor de Potencia Tx se selecciono el valor de -1 dBm (de un rango de -3 a 2 dBm) y el valor de Potencia Rx de -30 dBm.

En la siguiente tabla 6 se muestra los cálculos realizados para determinar la distancia máxima que soporta la tarjeta L-4.2, como se puede observar el valor obtenido es de 104.09 Km

Tabla 6. Cálculo para elección de la L-4.2

Distancia	80Km
Atenuación por cable	0,22dB/Km
Atenuación por empalme	0,1dB
No de empalmes	21
No de conectores	2
Atenuación por conectores	0,5dB
Potencia Tx (-3 a 2 dBm)	-1dBm
Receiver Sensitivity (Potencia Rx)	-30dBm
Margen de seguridad	-3dBm
Atenuación Total	20,7dBm
Potencia Rx	-21,7dBm
Diferencia de Potencia	-8,3dBm
Diferencia con margen de seguridad	-5,3dBm
Distancia adicional que se puede alcanzar	24,09Km
Distancia máxima total	104,09Km

En la siguiente tabla 7 se realizaron los cálculos para la tarjeta Ve-4.2, se tomo como valor de distancia el valor máximo para esta tarjeta que es 100 Km, como valor de Potencia Tx se selecciono el valor de -1 dBm (de un rango de -3 a 2 dBm) y el valor de Potencia Rx de -33 dBm. De estos cálculos se puede observar que la distancia máxima que soporta esta tarjeta es de 115.45 KM.

Tabla 7. Cálculo para la elección de la Ve-4.2

Distancia	100Km
Atenuación por cable	0,22dB/Km
Atenuación por empalme	0,1dB
No de empalmes	26
No de conectores	2
Atenuación por conectores	0,5dB
Potencia Tx (-3 a 2 dBm)	-1dBm
Receiver Sensitivity (Potencia Rx)	-33dBm
Margen de seguridad	-3dBm
Atenuación Total	25,6dBm
Potencia Rx	-26,6dBm
Diferencia de Potencia	-6,4dBm
Diferencia con margen de seguridad	-3,4dBm
Distancia adicional que se puede alcanzar	15,45Km
Distancia máxima total	115,45Km

De esta manera seleccionamos la tarjeta Ve-4.2 para el segmento Guayaquil – Naranjal que tiene 112 Km y la L-4.2 para el resto de segmentos.

6. Conclusiones

La ruta seleccionada para el tendido de la fibra tiene como puntos o nodos principales las ciudades de Quito – Guayaquil – Cuenca y la trayectoria que une estos nodos cruzan por las ciudades mas importantes a lo largo de la ruta donde se instalarán equipos ADM para regeneración de señal e incursión de futuros clientes a la red. El total del recorrido del anillo de fibra es de 1240 Km e involucra el levantamiento de 16 estaciones de regeneración.

Para este proyecto se ha escogido un cable de fibra denominado Headrow, este es un producto diseñado para soportar las condiciones más severas reduciendo notablemente los costes de los tendidos de fibra óptica, esta fibra es del tipo monomodo especial para este tipo de tendido y es un diseño que involucra algunas capas protectoras contra vibraciones, protecciones antiroedores, doble protección contra humedad ya que no esta protegida por ningún tipo de tubería de pvc o metal.

Cada uno de los cuartos de equipos están diseñados y acondicionados de acuerdo a la norma ANSI/TIA/EIA-569-A que especifica rutas y espacios de telecomunicaciones en edificios comerciales. Cada cuarto de equipos tiene una dimensión de 18 m2 y contarán con sus respectivos acondicionamientos de aire, sistema para tierra, sistemas de protecciones, UPS y generadores de energía en caso de falla de la empresa eléctrica.

El equipo que se escogió para regeneración de señal fue el Optix OSN 3500. Este equipo proviene de la serie Optix proporcionados por el fabricante HUAWEI y funciona como multiplexores, sistemas Add Drop y como Cross Connect. Posee una plataforma de transmisión de multiservicios, compatible con las tradicionales redes SDH e integran además, muchas y variadas tecnologías, tales como PDH, Ethernet, DWDM, ATM y MPLS, entre otras tecnologías.

Para el estudio de los cálculos del diseño se consideraron 1240 Km de fibra Óptica Headrow, 32 patch cord de fibra monomodo, 318 empalmes que se alojaron en sus respectivas cajas protectoras y cada una

de esta se localizará en arquetas o cajas para revisión y protección. Estos cálculos mostraron valores de potencias recibida dentro del rango del fabricante por los equipos ADM por lo que se concluye que la localización de los cuartos de equipos es aceptada.

La utilización de los equipos Huawei Optix 3500 en cada uno de los nodos, permitirá en un futuro, hacer un add/drop al anillo de fibra óptica y poder habilitar desde un PE a un P o simplemente un Switch de acceso para suplir la necesidad de comunicación en la ciudad donde esté ubicado el nodo. Por esa razón fue escogida la tecnología TDMoIP.

7. Referencias

- [1] Domínguez Picazo José María, Jerarquía Digital Síncrona (SDH), <http://www.mailxmail.com/curso-jerarquia-digital-sincrona-sdh/origen-sdh>, 7 mayo 2004
- [2] Colaboradores de Wikipedia, Jerarquía digital síncrona, http://es.wikipedia.org/wiki/Jerarqu%C3%ADa_digital_s%C3%ADncrona, 13 julio 2011
- [3] HUAWEI, Intelligent Optical Transmission System, OptiX OSN 1500 V100R008, 2007
- [4] Fabila, Fibra Óptica, <http://www.fabila.com/noticia.asp?id=667>, 2009
- [5] Colaboradores de Wikipedia, Metro Ethernet, http://es.wikipedia.org/wiki/Metro_Ethernet, mayo 2011
- [6] Vilco On-Line, Multiplexación por división del tiempo sobre Protocolo Internet, http://www.vilco.cl/index.php?option=com_content&task=view&id=30&Itemid=0, julio 2011
- [7] El dB – Yio, El dB (decibel), <http://www.yio.com.ar/fo/db.html>, julio 2011
- [8] colaboradores de Wikipedia, el dBm, <http://es.wikipedia.org/wiki/DBm>, julio 2011
- [9] Telnet Redes inteligentes, Tipos de instalación, <http://www.telnet-ri.es/soluciones/cable-fibra-optica-y-componentes-pasivos/microzanjas-para-la-instalacion-de-fibra-optica/>, agosto 2011
- [10] M. García – B. Romero, Tesina de grado: Diseño de una Red SDH para Dar Servicio de 3 STM-1 y Dotar a un Call Center de 2E1 por medio de una Red MetroEthernet con Tecnología TDMoIP, noviembre 2011