

DISEÑO DE UNA RED SDH PARA DAR SERVICIO DE 2STM-1 Y DOTAR A UN CALL CENTER DE 4E1 A TRAVÉS DE UNA RED METRO ETHERNET CON TECNOLOGÍA TDMoIP

Isabel Mora Carriel-Camila Cirne Azevedo-Ing. 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
imora@telconet.ec
milacr@gmail.com
hfiallos@telconet.ec

Resumen

El presente trabajo consiste en el diseño, análisis técnico y de factibilidad económica de una red anillo SDH con capacidad 1STM-16 entre Guayaquil y Cuenca, que transportará 2STM-1 para proveer a una empresa de Telefonía fija, así como 4E1 clear channel con tecnología TDM pura o TDMoIP para un Call Center entre Cuenca hacia el NAP de las Américas en Miami cuya conexión internacional será a través del cable panamericano si la salida es por Punta Carnero o Arcos si es por Túlcan. Se desglosan tres escenarios para implementar la red SDH; alquilar capacidad a una de las empresas consultadas del país que por asuntos de confidencialidad la llamaremos A, B o implementar la red de fibra óptica a nivel aérea. El objetivo de este estudio es presentar un informe al CEO de la empresa de Telecomunicaciones quien elegirá una de estas opciones en función técnica o económica. Se realizó la simulación con los puertos tributarios 2STM-1 entregadas en formato Gigabit Ethernet y los 4E1, como de la interfaz agregada STM-4 (por no contar con la STM-16 que requería el proyecto), usando los equipos MSTP Optix OSN 1500B del Laboratorio de Telecomunicaciones de la ESPOL

Palabras Claves:SDH, STM-16, 4E1, Clear Channel, CEO, TDM, TDMoIP, NAP, puerto tributario, interfaz agregada, MSTP

Abstract

The present work is about the design, technical analysis and economic feasibility of a SDH ring network with STM-16 capacity between Guayaquil and Cuenca, that will transport 2STM-1 to provide telephony services to a communications company, as well as of 4E1 clear channel with technology TDM pure or TDMoIP for a Call Center from Cuenca towards the NAP of the Americas in Miami, whose international connection will be through Pan-American cable if Punta Carnero is its exit or Arcos if is from Túlcan. There are three scenarios to implement the SDH network: rent capacity to one of the country companies that issues of confidentiality will call A, B or implement the fiber optic network at air level. The objective of this study is present a report to the CEO of the company of Telecommunications who will take the decision of which option will be chosen in technical or economic function. The simulation was done with tributary ports 2STM – 1 given in format GB Ethernet and the 4E1, as well as of STM -4 like backbone (because didn't have STM-16 that requires this project), using the Optix OSN 1500B MSTP equipment from the Laboratory of Telecommunications of ESPOL.

Keywords: SDH, STM-16, 4E1, Clear Channel, CEO, TDM, TDMoIP, NAP, tributary port, backbone, MSTP

1. Introducción

Nuestra necesidad por la comunicación efectiva, ha empujado al hombre a la búsqueda de mejoras significativas en los medios de intercambio comunicativo. Una de las tecnologías que sin duda ha

permitido estas mejoras es *la fibra óptica*, su desarrollo ha revolucionado a las telecomunicaciones, permitiendo transportar cualquier tipo de datos a velocidades que hace 20 años resultaban inimaginables, reduciendo ruidos e interferencias que afectaban el envío y recepción de la información a través de las redes;

comparada con otros medios de transmisión como el inalámbrico.

Con la aparición de la fibra diversas tecnologías de transporte de redes de banda ancha tales como SDH, DWDM y OTN, han sido diseñadas para proveer mecanismos integrados que aseguren seguridad, robustez, resiliencia, eficiencia operacional y escalabilidad para el transporte de datos e inclusive voz sobre una red única óptica.

Se estudiará la tecnología SDH, red que proporciona una plataforma veloz, estable y segura para transportar diversos flujos de datos a nivel de backbone mientras que, la tecnología TDMoIP permite entregar El clear channel necesario para los Call Center y la red Metropolitana usadas como red de acceso urbano y de transporte a la vez, capaz de portar voz, datos e inclusive televisión.

El proyecto se justifica, ante imperante necesidad de una conexión de alta velocidad que requiere un Call Center y las empresas de Telefonía Fija o Móvil.

Dentro de los objetivos se tiene el aprendizaje de aplicar técnicas para el diseño de una red, así también el análisis económico necesarios que requiere una empresa cuando considera la implementación de un nuevo proyecto con nueva tecnología.

2. Tecnologías aplicadas

En el desarrollo del proyecto se utilizó las siguientes tecnologías: SDH, MSTP, MAN y TDMoIP.

2.1 Jerarquía Digital Sincrónica SDH

SDH es un estándar para redes de telecomunicaciones creada en Europa por ETSI y CEPT. Es un protocolo de capa 1 del modelo OSI de "alta velocidad, y alta capacidad", Este sistema de transporte digital brinda una infraestructura de redes de telecomunicaciones más simple, económica y flexible.

Está regulado por la ITU, en Noviembre de 1988 se aprobaron las tres primeras normas, Estando actualmente vigente solo la recomendación G.707 la cual es un compendio de la G.708 y G709.

La unidad básica de la jerarquía SDH es la trama STM-1(155Mbps), comprende 2430 bytes de información, distribuido en 270 columnas por 9 filas. La tasa de repetición de la trama es de 8000 tramas por segundo, con una duración de 125 microsegundos.

Al concatenarla en múltiplos de 4 se obtienen estructuras con mayor tasas de transmisión, STM-4 (622,08 Mbps), STM-16 (2,49 Gbps), STM-64 (9,95 Gbps) y aún en pruebas STM-256 (40Gbps).

Las redes SDH son sincrónicas parámetro único y fundamental que ayuda a gestionar la transmisión de señales de forma eficiente, gracias a éste los punteros conocen a todo momento la ubicación exacta de los contenedores dentro de la trama STM-1, existen tres clases de reloj en una red SDH: el PRC (Primaryreferenceclock), el SEC (Synchronousequipmentclock) y el SSU (Synchronousupplyunit)

El PRC es el reloj maestro, todos los elementos de red están sincronizados con esta señal (ITU –T G.811). SSU se encarga de distribuir la señal del reloj primario a los relojes esclavos subordinados y de regenerar la señal en caso de falla (ITU-T G.812). El SEC es el reloj propio cada equipos SDH (ITU-T G.813).

2.2 Plataforma de Multiservicios MSTP

MSTP es la segunda generación en la evolución de SDH, además de voz, permite procesar y transportar datos ATM, TDM, ETHERNET, ESCON, RPR etc., sobre una red SDH. Su funcionamiento se sustenta gracias a los protocolos GFP, LCAS y la técnica de concatenación virtual.

GFP acondiciona el tráfico asincrónico y las tramas de distintos tamaños a un flujo de datos sincrónicos para que puedan transportarse por una red SDH.

La concatenación virtual agrupa de manera lógica no contigua los contenedores permitiendo que los VC4 viajen individualmente por diferentes trayectos a través de la red, solo el equipo de inicio de trayectoria y el del fin de trayecto necesitan reconocer y procesar la estructura de la señal virtual concatenada[1], aumentando así la granularidad en el ancho de banda.

LCAS trabaja solo cuando se use concatenación virtual, su función es de incrementar o decrementar dinámicamente en tiempo real el ancho de banda cuando uno o varios contenedores virtuales fallan, evitando que el VCG (grupo de contenedores virtuales) fallen y dejen a la capacidad del ancho de banda fuera de servicio y el enlace caído. Dándole un mecanismo de recuperación ante fallas por daños lógicos en los contenedores virtuales.

2.3 Red Metro Ethernet MAN

Red de acceso urbano capaz de transmitir datos, voz e incluso podría estar relacionada con una red de televisión por cable local [2], se enfrenta a cuatro desafíos: seguridad de datos en la red, calidad de servicio, resiliencia y escalabilidad.

En la Seguridad de datos en la Red se tiene como objetivo separar el tráfico de cada usuario para que

trabaje como si estuviese en su propia y aislada red metropolitana. Para ello se usa el estándar 802.1q. Mediante este protocolo se puede crear redes virtuales LAN o también llamadas VLANs.

En la calidad de servicio se analiza cómo garantizar cierto ancho de banda por cliente, la solución es usar TokenBucket “algoritmo de control de congestión que brinda un pase otoken a cada paquete que sale o entra de la red del usuario [3].

El tercer desafío (Resiliencia) tiene como objetivo armar una red tan confiable como otras redes tradicionales resistente a fallas tales como SDH. La respuesta es crear redundancia (malla completa o malla parcial), aplicando el protocolo IEEE 802.1d (Spanning Tree) que ayuda a evitar bucles de capa 2 sin fin, que consumen altas cargas del CPU bloqueando de forma intencional aquellas rutas redundantes que puedan ocasionar estos tipos de problemas.

Finalmente en la Escalabilidad, se analiza como armar una red metropolitana que soporte el crecimiento sostenido del número de usuarios y que no tenga problemas al hacerlo.

2.4 Tecnología TDMoIP

Permite segmentar, adaptar y encapsular el tráfico TDM entrante para que pueda ser transportado a través de una red PSN hacia su destino, como si se tratase de cualquier tipo de dato, realizando el proceso inverso a la salida de la red, de tal forma que el flujo TDM sea reconstruido y entregado.

El paquete TDM se lo segmenta entra 48 a 384 bytes, si es de 48 el overhead posee un porcentaje del 49% pasando de un ancho de banda de 2MB (usado en la red TDM pura) a 4MB al pasar por la red Metroethernet, mientras que con 384 se tiene un overhead del 11% con un ancho de banda de 2.4MB en la MAN.

La trama TDM al pasar sobre la red PSN por ser esta asincrónica no transmite el reloj, un mecanismo para sincronizar el origen con el destino es utilizando el método de recuperación de reloj adaptivo, el cual lo regenera usando la frecuencia de paquetización de la red PSN.

3. Implementación de redes para el proyecto

3.1 SDH

La red de transporte a nivel de Backbone tendrá topología Anillo usando tecnología SDH con una capacidad de STM-16. Los escenarios presentes son; la implementación o el alquilar de la capacidad a las

empresas A o B llamadas así por asuntos de confidencialidad.

Si se alquila la capacidad a compañías que cuentan con la infraestructura el único parámetro analizado son los costos por el ancho de banda requerida, los cuales se muestran en las tablas 1, 2 y 3, 4 correspondientes a las empresas A (salida al Nap en Miami por Punta Carnero) y B (salida al Nap en Miami por Tulcán) respectivamente.

Tabla 1.Costos de E1 y STM-1 a nivel nacional empresa A

SERVICIO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO(\$)	COSTO MENSUAL (\$)
STM-1	2	7300	14600
E1	4	360	1440
TOTAL			16040

Tabla 2.Costos de E1 y STM-1 a nivel internacional empresa A

SERVICIO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO(\$)	COSTO MENSUAL (\$)
STM-1	2	31500	63000
E1	4	600	2400
TOTAL			65400

Tabla 3.Costos de E1 y STM-1 a nivel nacional empresa B

SERVICIO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO(\$)	COSTO MENSUAL (\$)
STM-1	2	8050	16100
E1	4	390	1560
TOTAL			17660

Tabla 2.Costos de E1 y STM-1 a nivel internacional empresa B

SERVICIO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO(\$)	COSTO MENSUAL (\$)
STM-1	2	31269	62539
E1	4	598	2392
TOTAL			64931

Si se opta por el diseño e implementación de la red se debe considerar algunos parámetros entre ellos: tipo de red a usar (aérea, subterránea o canalizada), equipos/elementos, cálculos de atenuación entre otros.

Se prefiere la red área debido a los bajos costos de implementación comparada con la red subterránea o canalizada (ocho o diez veces más cara) [4], facilidad de implementación y el fácil acceso para mantenimiento y reparaciones futuras. La principal desventaja de este tipo de instalación son los daños frecuentes que se producen en la fibra debido a que el cable está expuesto a condiciones climáticas.

.La fibra óptica se instalará sobre los postes de la empresa eléctrica pública distribuidos a lo largo de las rutas viales, en los trayectos Guayaquil- Machala-Cuenca y Guayaquil-Guaranda-Cuenca, con distancias

aproximadas de 336km y 608Km respectivamente. La salida internacional será por punta carnero o Tulcán.

Un parámetro importante para determinar la distancia entre los regeneradores es la atenuación del trayecto, este permite calcular la distancia máxima que se puede extender una fibra óptica sin que la señal se distorsione, para determinarla es necesario consultar con las tablas de especificaciones técnicas de las tarjetas, en las cuales se describen las distancia máximas dependiendo de la longitud de onda y la potencia con la que se transmiten los datos.

La tabla 5 muestra las especificaciones técnicas de las tarjetas compatibles con el equipos Optix OSN 1500B de Huawei, para el diseño de la red se prefiere la longitud de onda de 1550nm sobre la de 1310nm por tener mayor alcance, en la tabla se observa que para una tarjeta SLD16 (STM-16) se tiene una potencia dentro del rango de -2 a 3 correspondiente a la longitud de onda 1550nm, con una distancia sin regeneradores de 40 a 80km y una potencia de sensibilidad de -30dbm.

Tabla 5. Especificaciones técnicas de las tarjetas

Velocidad de transmisión	Nivel Correspondiente	Longitud de Onda (nm)	Distancia de Transmisión (Km)	Potencia Óptica (dBm)	Sensibilidad de Recepción (dBm)
STM-1	I-1	1310	0-2	-15 a -8	-31
	S-1.1	1310	2-15	-15 a -8	-31
	L-1.1	1310	15-40	-5 a 0	-34
	L-1.2	1550	40-80	-5 a 0	-34
	Ve-1.2	1550	80-100	-3 a 2	-34
STM-4	I-4	1310	0-2	-15 a -8	-31
	S-4.1	1310	2-15	-15 a -8	-31
	L-4.1	1310	15-40	-3 a 2	-30
	L-4.2	1550	40-80	-3 a 3	-30
	Ve-4.2	1550	80-100	-3 a 4	-33
STM-16	I-16	1310	0-2	-10 a -3	-21
	S-16.1	1310	2-15	-5 a 0	-21
	L-16.1	1310	15-40	-2 a 3	-30
	L-16.2	1550	40-80	-2 a 3	-30
STM-16	L-16-2Je	1550	80-100	.5 a 7	-31.5
	V-16.2Je	1550	100-140	.5 a 7	-31.5
	U-16.2Je	1550.12	140-170	.5 a 7	-38

Calculando la atenuación total a 80 km se tiene:

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

$$a_t = (0.2 \text{ dB/km}) (80 \text{ km}) + (0.05 \text{ dB}) 20 + (0.5) (2)$$

$$a_t = 18 \text{ dB}$$

Calculando la distancia máxima y referencial que puede tolerar la fibra sin que su señal de atenúe:

Si la potencia de sensibilidad $P_s = -30\text{dBm}$, la distancia máxima es

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

$$P_M = (-2 - 18) - (-30)$$

$$P_M = 10 \text{ dBm}$$

$$d_{máx} = 80 \text{ km} + \frac{P_M}{a_{coef}}$$

$$d_{máx} = 80 \text{ km} + \frac{10 \text{ dB}}{0.2 \text{ dB/km}}$$

$$d_{máx} \approx 130 \text{ km}$$

Si la potencia de sensibilidad es $P_s = -22\text{dBm}$, la distancia referencial es:

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

$$P_M = (-2 - 18) - (-22)$$

$$P_M = 2 \text{ dBm}$$

$$d_{máx} = 80 \text{ km} + \frac{P_M}{a_{coef}}$$

$$d_{máx} = 80 \text{ km} + \frac{2 \text{ dB}}{0.2 \text{ dB/km}}$$

$$d_{máx} \approx 90 \text{ km}$$

De los cálculos obtenidos observamos que la máxima distancia sin regenerador es de 130km y la mínima usando un colchón de -8dbm para protección frente a daños futuros es de 90km, por tanto cada 90km se pondrá un amplificador más no un regenerador porque la distancia a considerar es menor a 100km.



Figura 1. Recorrido de la fibra óptica

La figura 1 muestra el recorrido que se tomará en cuenta para instalar la red de fibra óptica, en la ruta Guayaquil-Cuenca.

Las ciudades involucradas en el trayecto fueron elegidas de acuerdo a la población y a su ubicación vial, dando preferencia aquellas con la mayor cantidad de habitantes posible dentro de la zona, porque representan mayor cantidad de clientes potenciales a largo plazo. La tabla 7 muestra la distancia de los tramos descritos en la figura 1.

Tabla 7.Distancia entre los tramo del trayecto

TRAMOS	DISTANCIAS(km)
Guayaquil-Naranjal	91
Naranjal-Machala	85
Machala-Santa Isabel	86
Santa Isabel-Cuenca	74
Cuenca-Chunchi	118
Chunchi-Alausí	60
Alausí-Riobamba	90
Riobamba-Ambato	54
Ambato-Guaranda	92
Guaranda-Ventanas	78
Ventanas-Babahoyo	53
Babahoyo-Guayaquil	63
TOTAL	944

3.2 MAN

La red metro Ethernet de la figura 2 a usar posee tres capas la de acceso, distribución y núcleo.

La capa de distribución y núcleo manejan grandes cantidad de tráfico por tanto es susceptible a cuellos de botella, por esta razón los switches de estas capas deben tener altas tasas de reenvío.

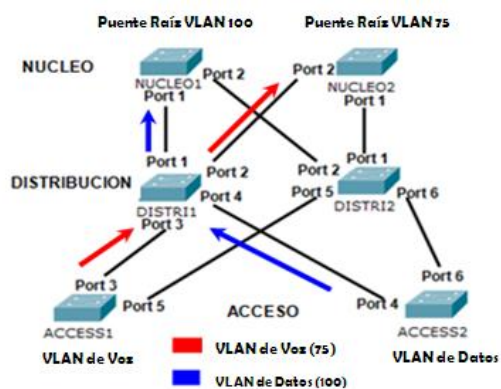


Figura 2. Recorrido de la fibra óptica

Los tres se caracterizan por soportar IPv6, poseer QoS que permite dar prioridad a la voz sobre los datos, alta seguridad de puertos, escalabilidad, conector RJ-45 de categoría 5 adecuados para Interfaces 100BASE-TX y 1000BASE-T con atenuación de 67db a una tasa de

transmisión de 100Mbps considerando una distancia de 100 metros.

Se utiliza Vlan para separar el tráfico de datos y voz, se crea redundancia para asegurar la supervivencia frente a fallas, aplicando el protocolo STP o Spanning Tree para bloquear de manera lógica enlaces que puedan ocasionar duplicados de tramas o bucles sin fin.

4. Método de análisis de factibilidad económica para la red SDH .

Usando el método del valor presente neto y considerando la tasa de inflación que proporciona el Banco Central del Ecuador para el mes de Junio del presente año (4.28%) se determinó la alternativa que cumple el objetivo financiero “Maximizar la inversión”, con una proyección de 4 años.

Se utiliza la siguiente fórmula para el cálculo del valor presente neto:

$$VPN = -V_o + I \left(\frac{P}{A}, i\%, N \right)$$

Donde:

VPN= valor presente neto

V_o= Inversión inicial

I= ingresos anuales netos.

Para 4.28% se tiene el factor de valor presente dado la anualidad (P/A de 3.6064).

4.1 Alquilar capacidad Nacional e Internacional

Escenario en el cual se alquilará toda la capacidad tanto nacional como Internacional, la inversión inicial se limita al valor correspondiente a un mes de alquiler, proyectando ganancias del 25% sobre el egreso anual.

4.1.1 Empresa A

Tabla 8.Egresos e Ingresos empresa A

DESCRIPCIÓN	VALOR ANUAL (\$)
EGRESOS	
Capacidad(2STM-1 y 4E1)	977280,00
TOTAL	977280,00
INGRESOS	
Capacidad(2STM-1 y 4E1)	1221600,00
TOTAL	1221600,00
INGRESOS NETOS	
Capacidad(2STM-1 y 4E1)	244320,00
TOTAL	244320,00

La tabla 8 muestra los egresos, ingresos e ingresos netos correspondientes a la empresa A.

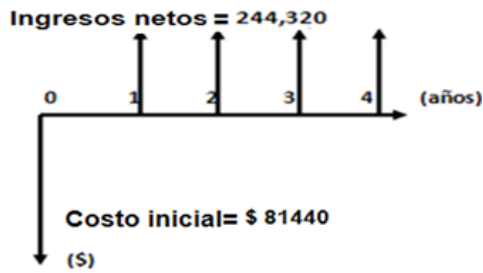


Figura 3. Flujo de cajas

La figura 3 muestra el flujo de cajas representando los ingresos netos anuales y el valor inicial, datos necesarios para calcular el valor presente neto

Aplicando la fórmula descrita se tiene:

$$VPN = \$ 799,675.64$$

4.1.2 Empresa B

Tabla 9. Egresos e Ingresos empresa A

DESCRIPCIÓN	VALOR ANUAL (\$)
EGRESOS	
Capacidad(2STM-1 y 4E1)	991080,00
TOTAL	991080,00
INGRESOS	
Capacidad(2STM-1 y 4E1)	1238850,00
TOTAL	1238850,00
INGRESOS NETOS	
Capacidad(2STM-1 y 4E1)	247770,00
TOTAL	247770,00

La tabla 9 muestra los egresos, ingresos e ingresos netos correspondientes a la empresa B.

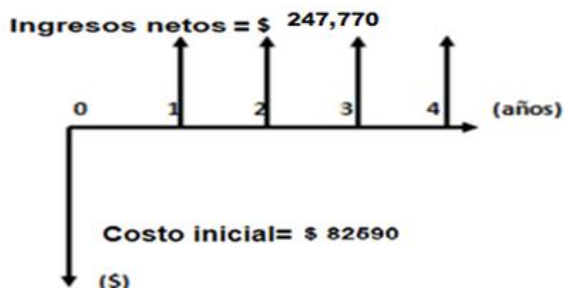


Figura 4. Flujo de cajas

La figura 4 muestra el flujo de cajas representando los ingresos netos anuales y el valor inicial, que servirán para calcular el valor presente neto

Aplicando la fórmula descrita se tiene:

$$VPN = \$ 810,967.72$$

4.2 Diseño de la red Alquilando capacidad Internacional.

Escenario en el cual se diseña la red SDH a nivel nacional y se alquila la capacidad Internacional, la inversión inicial engloba los costos de implementación más el pago del primer mes por la capacidad internacional, proyectando ganancias del 15% sobre el egreso anual.

4.2.1 Empresa A

La tabla 10 muestra los costos iniciales, egresos e ingresos netos correspondientes a la empresa A.

Tabla 10. Costos iniciales, egresos e Ingresos netos

DESCRIPCIÓN	VALOR ANUAL (\$)
VALOR INICIAL	
Implementación	4349913,44
Capacidad(2STM-1 y 4E1)	65400
TOTAL	4415313,44
EGRESOS	
Capacidad(2STM-1 y 4E1)	784800,00
Postes	535857,00
Mantenimiento de la Red	521989,61
Energía eléctrica	8000
TOTAL	1850646,61
INGRESOS NETOS	
15 % de los Egresos	277596,99
Inversión inicial	1103828,36
TOTAL	1381425,35

La figura 5 representa el flujo de caja de valor inicial e ingresos netos anuales de \$1'381,425.35 durante los primeros 4 años, asumiendo que el dinero de inversión inicial no fue adquirido por préstamos bancarios.

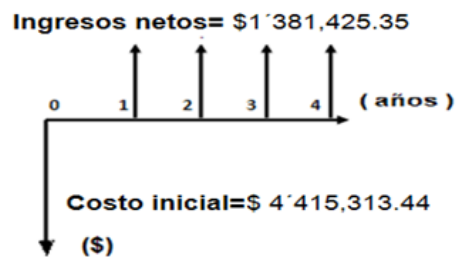


Figura 5. Flujo de cajas

Aplicando la fórmula descrita se tiene

$$VPN = \$ 566,658.94$$

4.2.2 Empresa B

La tabla 11 muestra los costos iniciales, egresos e ingresos netos correspondientes a la empresa B

Tabla 11. Costos iniciales, egresos e Ingresos netos

DESCRIPCIÓN	VALOR ANUAL (\$)
VALOR INICIAL	
Implementación	4349913,44
Capacidad(2STM-1 y 4E1)	64930
TOTAL	4414843,44
EGRESOS	
Capacidad(2STM-1 y 4E1)	779160,00
Postes	535857,00
Mantenimiento de la Red	521989,61
Energía eléctrica	8000
TOTAL	1845006,61
INGRESOS NETOS	
15 % de los Egresos	276750,99
Inversión inicial	1103710,86
TOTAL	1380461,85

La figura 6 representa el flujo de caja de valor inicial e ingresos netos anuales de \$1'380,461.85 durante los primeros 4 años, asumiendo que el dinero de inversión inicial no fue adquirido por préstamos bancarios.

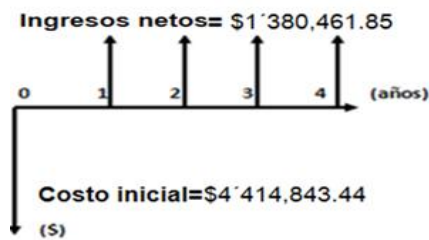


Figura 6. Flujo de cajas

Aplicando la fórmula descrita se tiene

$$VPN = \$ 563,654.17$$

5 Resultados

5.1 Integración de la red Anillo SDH con la red Metropolitana e IPMUX

La figura 3 muestra como quedaría la red para transmitir 4E1 para voz y 4STM-1 para datos entre Cuenca y Guayaquil llegando al NAP de las Américas.

Un switch está dedicado exclusivamente para la voz y otro para los datos en la capa de acceso, los enlaces troncales son interfaces Gigabit Ethernet porque a través de ellos además de los 4E1 se debe transmitir los 2STM-1. El switch para los datos en la capa núcleo debe funcionar en capa 3 porque se necesita aplicar enrutamiento, el switch en esta misma capa para la voz trabaja en L2.

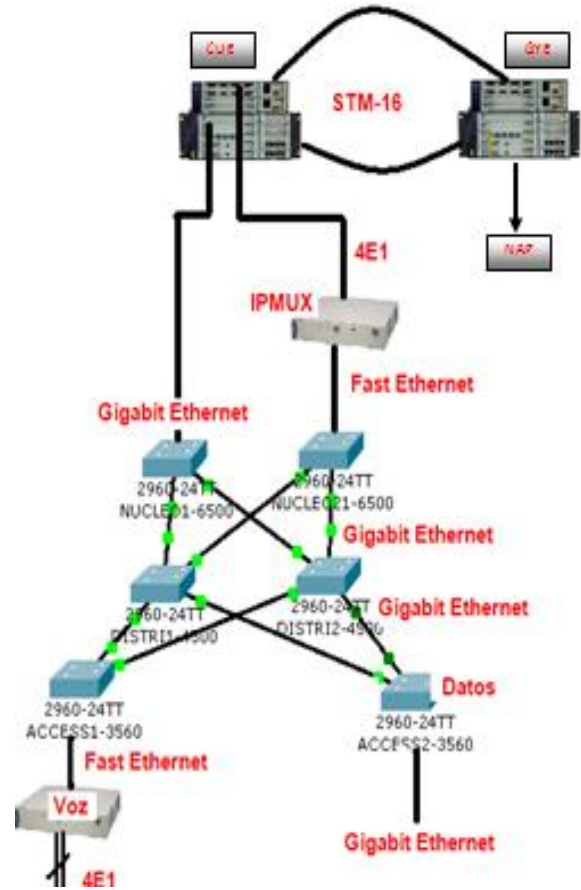


Figura 3. Integración de la red SDH con la Metro

Se utiliza dos multiplexores TDM en la red MAN llamados IPMUX, uno del lado del centro de llamadas que mapea los 4E1 hacia la interfaz Fast Ethernet y otro antes de llegar al ADM de Cuenca porque realiza el proceso inverso.

El proyecto pide 2STM-1 como puerto tributario para los datos, que se entregarán en formato Gigabit Ethernet y se mapearan lógicamente hacia los 2STM-1 especificados, los cuales junto con los 4E1 serán transportados por la red anillo SDH con capacidad de 1STM-16 entre Cuenca-Guayaquil hacia el NAP de las Américas.

5.2 Análisis de factibilidad económica

En la tabla 12 se resume los resultados obtenidos, los mismos que permiten tomar una decisión económicamente acertada, después de los análisis descritos, se obtiene como ganadora la opción; alquilar capacidad a nivel nacional e internacional a la empresa B.

Tabla 12. Resumen VPN

DESCRIPCIÓN	EMPRESA A	EMPRESA B
Implementar la red alquilando capacidad internacional (\$)	566,658,94	563,654,17
Alquilar a nivel nacional e internacional (\$)	799,675,64	810,967,72

Aunque los análisis económicos demuestran la factibilidad de la opción ganadora, presenta desventajas:

- ✓ No hay capacidad de gestionar la red.
- ✓ Dificultad en expandir el negocio.
- ✓ Los precios incrementan al alquilar mayor capacidad.

5.3 Diagrama de bloques configuración del Optix OSN 1500B usado en la red SDH

El diagrama de bloques de la figura 4.28 muestra resumen de la configuración del Optix OSN 1500B.

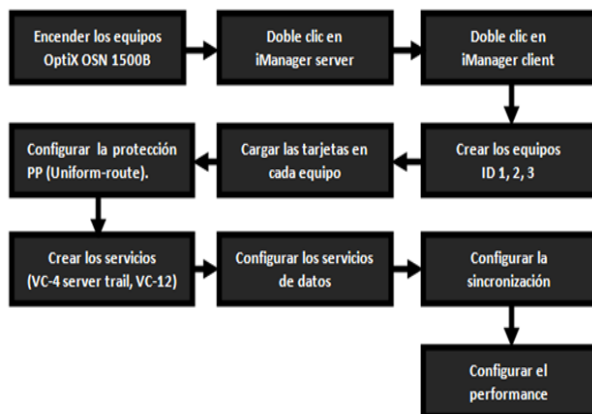


Figura 4. Diagrama de bloques de la configuración del iManager

6. Conclusiones

- 1 A pesar que la tecnología SDH proporciona grandes tasas de transmisión, no satisface los requerimientos de ancho de banda de los nuevos servicios multimedia, razón por la cual es mejor hacer correr SDH sobre DWDM porque explota toda la capacidad de la fibra óptica.
- 2 Entre un amplificador y un regenerador es preferible usar un amplificador si las distancias entre ciudades es menor a 100Km porque si en un futuro se desea brindar servicio en cualquier localidad por donde se pasó la fibra, solo se tendría que invertir en tarjetas que acondicionen el ADM para que deje de trabajar como amplificador. A diferencia de un regenerador que es un equipo como tal, no permite agregar tarjetas por tanto se necesitaría comprar todo el equipamiento reflejándose negativamente en los costos para la compañía.
- 3 Para los cálculos de atenuación se debe considerar el peor caso posible para proveer de una mayor y mejor respuesta frente a daños

que la ruta de fibra pueda sufrir en un futuro, para esto en las tablas técnicas de las tarjetas se debe escoger la mayor potencia posible de sensibilidad, la menor potencia de transmisión y la mayor distancia sin amplificador o regenerador.

- 4 Es preferible implementar una red SDH que alquilar capacidad a cualquier empresa, porque a pesar de tener mayores gastos iniciales y necesitar más tiempo para recuperar el capital invertido, se tiene el poder de gestionarla y administrarla, la cual facilita expansiones futuras tanto en capacidad como geográficas, ahorrando dinero a largo plazo.
- 5 Entre una red de fibra oscura y una Metro Ethernet, es más conveniente pasar el tráfico TDM sobre esta última porque es más flexible y ofrece alta escalabilidad, ya que si se requiere dar servicios a N usuarios solo se tiene que conectar en la capa de acceso a un puerto disponible. Reduciendo los costos de despliegue de red, situación que no sucede con la fibra oscura por ser punto a punto.
- 6 Mientras más pequeños son los paquetes TDM más rápido se analizan los encabezados, por tanto menor latencia y mayor convergencia en la red, por esto se prefiere configurar los IPMUX con segmentación de 48bytes.
- 7 El Jitter buffer en TDMoIP debe estar siempre lleno, para evitar que la red pierda sincronismo y por ende la red metropolitana caiga en estado desconectado.

7. Referencias

- [1]Werner Habisreitinger, Nueva Generación SONET/SDH – Tecnologías y Aplicaciones, http://sup.xenya.si/sup/info/jdsu/white_papers/nextgen_wp_sp.pdf, Julio 21 de 2004.
- [2] Peraza Abel, LAN, MAN Y WAN, <http://abelperaza.tripod.com>, Octubre 16 de 2007.
- [3]Wikipedia, Conformado de Tráfico, http://es.wikipedia.org/wiki/Conformado_de_tr%C3%A1fico, Enero 13 de 2011
- [4]Telesemana(Entrevista) <http://www.telesemana.com/blog/2010/11/30/%E2%80%99Cen-la-primera-mitad-de-2011-tendremos-fibra-optica-en-las-principales-ciudades-de-la-costa-y-la-sierra%E2%80%99D/>. 30 Noviembre del 2010